

1. Jahrestagung der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte in Aachen 2013

# Bestandsaufnahme

## Herausgeber

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



## Inhalt

- 3 Vorwort des Veranstalters  
Prof. Dr.-Ing. Martin Trautz
- 4 Vorwort der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte  
Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz
- 5 Die Ursprünge einiger »idealer« struktureller Formen  
Dr. Bill Addis
- 14 Aus den Anfängen des Luftverkehrs  
Dipl.-Ing. Ulrich Boeying | Dr. Antje Gillich
- 18 Ein Beitrag zur frühgeschichtlichen Zentralheizung  
Dipl.-Ing. Anke Fritzsch
- 23 www.great-engineers.de – Ein Internetlexikon zum Mitmachen  
Dipl.-Ing. Stefan Giese
- 27 Zur Geschichte der Bau-Arbeitsgerüste  
Prof. Dr.-Ing. Stefan M. Holzer
- 33 Die Entwicklung des sogenannten Möllerträgers in Braunschweig  
Dr.-Ing. Christina Krafczyk
- 39 Hohe Brücke St. Georgenberg  
dott.arch. DI Mag. Phil. Barbara Lanz | dott.arch. DI Sonja Mitterer
- 44 Das Brandenburger Tor in Berlin –  
Zur Geschichte und Konstruktion eines Ingenieurbauwerks  
Prof. Dipl.-Ing. Frank Prietz
- 48 Die Einstieghalle in Hof – frühes Zeugnis des Ingenieurholzbau  
Dipl.-Ing. (FH) Anja Säbel | Prof. Dr.-Ing. Stefan M. Holzer
- 53 Geschichte der Bautechnik: Anmerkungen eines Beratenden Ingenieurs  
Dr.-Ing. Klaus Stiglat
- 57 Muss altes Eisen immer nur Schrottwert haben?  
Prof. Dr.-Ing. Martin Trautz
- 63 Frühe Bogenbrücken aus Beton  
Dipl.-Ing. Karen Veihelmann | Prof. Dr.-Ing. Stefan M. Holzer
- 69 Brücken für den Sultan – Eine Projektskizze  
Dr.-Ing. Friedmar Voormann | Dr.-Ing. Dorothea Roos
- 71 www.hivobau.de – Ein online-Archiv für historische Vorschriften im Bauwesen  
Dr.-Ing. Volker Wetzk

## Vorwort des Veranstalters

Im Juni 2013 wurde in Berlin die »Gesellschaft für Bautechnikgeschichte« gegründet, eine Vereinigung von Wissenschaftlern und Amateuren, welche sich gezielt der Bautechnik und Baukonstruktion und ihrer historischen Erforschung und Pflege widmen. Sie bildet das deutschsprachige Pendant der viele Jahre früher entstandenen italienischen, britischen, spanischen und französischen Vereinigungen mit derselben Zielsetzung. Schon im Zuge der ersten Gründungsvorbereitungen im Kontext der internationalen Tagung, dem 4<sup>th</sup> International Congress on Construction History in Paris 2012, wurde die erste nationale Tagung der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte zwischen dem 7. und 9. November an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule in Aachen anberaumt. Entsprechend ihrem initialen Charakter und unter dem Motto »Bestandsaufnahme« waren die Bei- und Vorträge dazu bestimmt, eine Übersicht der derzeitigen wissen-

schaftlichen und forschерischen Arbeiten an Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen im deutschsprachigen Raum zu liefern. So waren dezidiert junge Forscherinnen und Forscher, Doktorandinnen und Doktoranden aufgefordert, aus ihren laufenden Arbeiten zu berichten. Hieraus entstand ein vielschichtiges Bild von Beiträgen zur historischen Aufarbeitung herausragender Ingenieurbauten und -projekte, von Analysen zu historischen Baukonstruktionen und Bautechniken oder Porträts von Ingenieuren, Architekten oder Ingenieurunternehmern bis hin zu denkmalpflegerischen Projekten, basierend auf der direkten Umsetzung bautechnikhistorischer Forschungsergebnisse. Schon die Themenvielfalt unterstreicht die Sinnhaftigkeit der Einrichtung der deutschsprachigen Gesellschaft, die in dieser Weise die internationale Bautechnikforschung ergänzen und nachhaltig unterstützen wird.

Martin Trautz

## Vorwort der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte

Schauplatz war eine Pariser Brasserie nahe der Gare du Nord im Juli 2012. Am Rande des 4<sup>th</sup> International Congress on Construction History war eine größere Gruppe deutschsprachiger Teilnehmer zusammengekommen. Zum Unwillen der Ober dachten diese etwas merkwürdigen Allemandes weniger an Essen und Trinken, sondern redeten sich die Köpfe heiß darüber, wie sich nun endlich das in die Tat umsetzen ließe, was doch schon lange in der Luft lag: Die Gründung einer eigenen bautechnikgeschichtlichen Gesellschaft für Deutschland, Österreich und die Schweiz. Bald schon war die ursprüngliche Intention der Berliner Initiatoren, diese schlicht als deutschsprachigen Zweig unter dem Dach der britischen Construction History Society zu begründen, verworfen: Die Sache war komplizierter als gedacht. Ohne fassbares Ergebnis ging man auseinander. Es sollte noch eines weiteren Jahres, mehrerer Vorbereitungstreffen, intensiver Diskussionen, engagierter Plädoyers und erbitterter Auseinandersetzungen nicht zuletzt um den Namen bedürfen, ehe schließlich am 28. Juni 2013 in den historischen Fabrikbauten der AEG im Berliner Wedding die Gesellschaft für Bautechnikgeschichte aus der Taufe gehoben werden konnte – dann war es vollbracht!

Schon im Zuge der vorbereitenden Gespräche aber hatten Martin Trautz und Rolf Gerhardt die Idee einer ersten Tagung der neuen Gesellschaft ins Spiel gebracht und dies gleich mit dem Angebot verbunden, sie im Herbst 2013 an der RWTH Aachen auszurichten. Der Vorschlag fand sofort große Zustimmung. Rasch war man sich auch einig, dass die Tagung im Sinne einer »Bestandsaufnahme« vornehmlich jüngeren Bautechnikgeschichtlern ein Forum bieten sollte, in dem sie ihre aktuellen Ansätze und Forschungen zur Diskussion stellen konnten, und ebenso rasch wurde das Treffen dann auch auf Anfang November 2013 terminiert – ohne dass es die Gesellschaft für Bautechnikgeschichte überhaupt schon gab.

Im Ergebnis lagen die Vorbereitung und Durchführung der Tagung vornehmlich in den Händen der beiden Kolle-

gen; die erst entstehende Gesellschaft konnte noch keine Unterstützung geben. Mit großem Engagement konzipierten sie eine kleine, aber feine Konferenz. Sie war gekennzeichnet durch eine ausgewogene Mischung aus Vorträgen und Diskussion, informellem Meinungsaustausch bei Buffet und Abendessen sowie einer beeindruckenden Busreise zum Müngstener Viadukt als Abschluss. Die ursprünglich intendierte Konzentration der Vorträge auf den wissenschaftlichen Nachwuchs konnte zwar nicht ganz durchgehalten werden, doch führte gerade dies dann zu höchst anregenden Diskussionen zwischen jungen Forschern und »alten Hasen«.

Etwas schwieriger als erwartet erwies sich die Publikation eines Tagungsbandes. Ursprünglich für diese erste Zusammenkunft noch gar nicht vorgesehen, von vielen Teilnehmern dann jedoch nachdrücklich erbettet, sagten ihn unsere Aachener Kollegen schließlich in einer »Light-Version« zu; über Struktur und Gestaltung der künftigen Tagungsbände der Gesellschaft war ja noch gar nicht nachgedacht oder gar befunden worden. Es sollten dann freilich noch mehr als zwei Jahre vergehen, bis nun ein schließlich gemeinsam erarbeitetes Ergebnis vorliegt – eine Online-Publikation, zusammengestellt und konzipiert an der RWTH Aachen, redigiert und abschließend umgesetzt mit Mitteln der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte. Was lange währt, wird endlich gut: Möge sie die Aachener Vorträge auf diesem Wege einem breiteren Kreis von Interessierten zugänglich machen!

Im Namen der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte danke ich allen Referenten, die mit der Verschriftlichung ihrer Beiträge diesen vielfältigen Überblick möglich gemacht haben. Vor allem aber danke ich Martin Trautz, Rolf Gerhardt und ihrem Team herzlich dafür, mit diesem »Prototypen« erfolgreich den Auftakt für die künftigen Jahrestagungen der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte gewagt zu haben.

Werner Lorenz  
1. Vorsitzender

## Die Ursprünge einiger »idealer« struktureller Formen

### Einführung

Üblicherweise wird elementare Statik bemüht, um die strukturelle Effizienz und Ressourceneffizienz bestimmter gebräuchlicher Formen von Balken und Säulen (oder Streben) zu demonstrieren: ein Fischbauchbalken (oder -träger) spiegelt den Biegemomentverlauf einer gleichmäßig verteilten Last wider; ein zu seiner Mitte hin dicker werdender Stab spiegelt die Euler'sche Knickformel wider; die I-Form gilt als der effizienteste Querschnitt eines Balkens. Es überrascht daher nicht, wenn oft impliziert wird, dass diese strukturellen Formen tatsächlich aus der Anwendung dieser einfachen Statik entstanden; in anderen Worten: Sie gelten als gute Beispiele der Anwendung der »Theorie« in der »Praxis«. In der Tat ergaben sich die Ursprünge dieser Formen vor allem aus praktischen Anliegen, insbesondere aus der Einführung von Gusseisen im Hoch- und Brückenbau, die in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts erfolgte. Erst später, im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts, wurden die Formen durch die Anwendung der Statik und Festigkeitslehre verfeinert.

### Das Gusseisen

Im Jahre 1790 war Gusseisen im Vergleich zu Holz und Stein sehr teuer. Es wurde lediglich dann verwendet, wenn es signifikante Vorteile im Vergleich zu den traditionellen Materialien aufwies. Die Hauptvorteile des Gusseisens sind seine größere Festigkeit bei Zug und Druck sowie eine größere Steifigkeit gegenüber Stein und Holz (siehe Taf. 1).

	Druckfestigkeit	Zugfestigkeit	Steifigkeit	Bruch
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kN/mm <sup>2</sup>	
Stein	50–250	5–25	10–50	spröde
Holz (mit Maserung)	8–10	10–15	8–15	halbdukttil
Gusseisen**	500–600	70–120	100	spröde

Tafel 1 Materialeigenschaften von Stein, Holz und Gusseisen\*

\* Diese Zahlen können je nach Materialart stark variieren.

\*\* Daten für zwischen 1770 und 1840 hergestelltes Gusseisen

Abgesehen von seiner Festigkeit wurde Eisen aus noch zwei weiteren Gründen in Gebäuden eingeführt. Der erste war, das optische Gewicht einer Säule zu verringern, da Eisensäulen viel schlanker waren als diejenigen aus Stein oder Holz. Schon im Jahre 1693 hatte Christopher Wren schmiedeeiserne Säulen verwendet, um einen innenliegenden Balkon zu stützen; um 1790 verwendeten bereits mehrere Ingenieure und Architekten gusseiserne Säulen [Addis 2007]. Der zweite Grund, der wichtige Konsequenzen für die Gebäudekonstruktion hatte, war der Feuerwiderstand von Eisen. Für feuerfeste Deckenbalken und Dachkonstruktionen wurde Schmiedeeisen zum ersten Mal um 1780 in Frankreich angewendet. Im Jahre 1793 wurden gusseiserne Säulen in mehrgeschossigen »feuerfesten« Industriebauten in England eingesetzt; gusseiserne Balken in »feuerfesten« Deckenkonstruktionen folgten zwei oder drei Jahre später [Addis 2010].

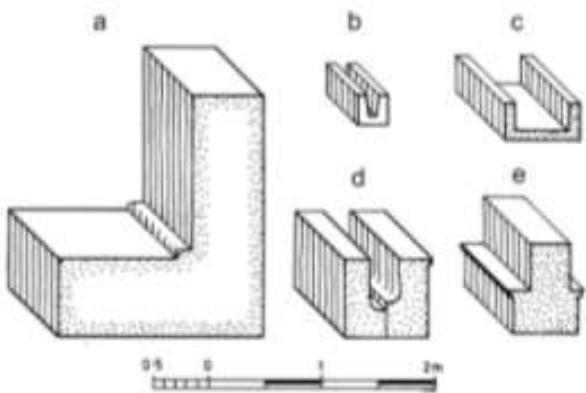
### Die Herstellung von Tragwerken aus Stein und Holz

Aufgrund seiner hohen Massendichte, Sprödigkeit und geringen Biegefesteitgkeit wurde Stein nie in großen Stücken verwendet, in Tür- oder Fensterstürzen maximal in der Länge von etwa einem Meter. Größere Spannweiten wurden mit Bögen und Gewölben erreicht, dafür mussten jedoch viele kleinere Formate aus Stein geschnitten werden.

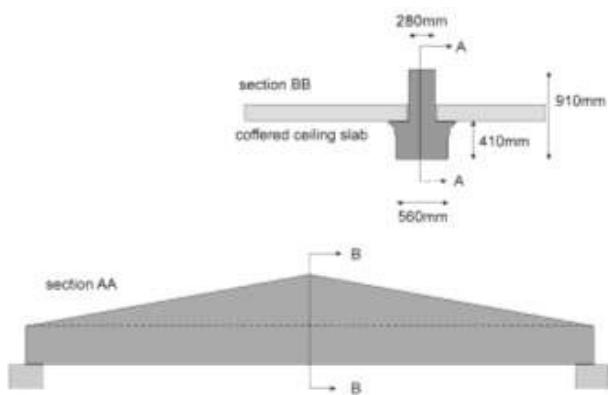
Da die Stärke und Stabilität einer Säule oder eines Bogens nicht von der Zug- und Druckfestigkeit des Materials abhängen, sondern vom Vermeiden der Scharnierwirkung zwischen aneinanderstoßenden Bogensteinen, gibt es keinen Grund, den Querschnitt eines Bogens zu verringern, um Gewicht und Material zu sparen – im Gegenteil, ein größerer Querschnitt gibt mehr Stabilität.

Ähnliches gilt für Holzbalken: Es lohnte sich in der Regel nicht, von einem aus einem Baumstamm gefertigten Balken mit rechteckigem Querschnitt mehr Holz als nötig wegzuschneiden, um Gewicht und Material zu sparen und die optimale Dimension zu erreichen – für normale Spannweiten würde dies lediglich einen Verlust an Sicherheit bedeuten.

Als interessanter Exkurs lohnt sich ein Blick zurück in die Zeit vor der Erfindung des Mauerwerksbogens, in der Stein oft zur Herstellung bisweilen sehr großer Balken verwendet wurde. In der Säulen-und-Balken-Architektur des antiken Griechenland gab es für große Spannweiten keine konstruktiven Alternativen zum Steinbalken. Hier



1 Querschnitte von steinernen Stürzen (Balken), Griechenland, 6.–4. Jh. v. Chr.



2 Steinbalken von der Insel Samothrake, Griechenland, 4. Jh. v. Chr.

spielte natürlich das Eigengewicht der Balken eine große Rolle: Man reduzierte das Material, um die größte Spannweite zu ermöglichen. Es sind mehrere große Steinstürze aus dem antiken Griechenland erhalten, die zeigen, wie das Eigengewicht soweit reduziert worden war, bis ein wirksamer Querschnitt blieb. Dabei wurde mehr Material in der unteren Hälfte des Balkens (in der Zugzone) belasen, wo es am notwendigsten war (Abb. 1). Bei einem aus dem 4. Jahrhundert v. Chr. erhaltenen Balken, der über 6 m lang ist und dessen Längsschnitt sich dem Biegemomentenverlauf annähert, wurde der Querschnitt im oberen Teil, in der Druckzone des Balkens, reduziert und unten vergrößert, wo der Stein unter Zugspannung steht (Abb. 2). Es ist zu bedenken, dass es keine Beweise dafür gibt, dass diese Balken ihre Form den Berechnungen von Biegemomenten verdanken oder dass sie Einfluss auf die spätere Entwicklung des Bauverständnisses hatten.

#### Die Herstellung von Tragwerken aus Gusseisen

Während Balken und Säulen aus Stein oder Holz hergestellt werden, indem Steinblöcke oder Baumstämme auf

die erforderliche Größe abgearbeitet werden, geschieht beim Gusseisen das Gegenteil – hier wird das Material bis zu der gewünschten Größe aufgebaut.

Dem Material Gusseisen sowie dem dazugehörigen Gießprozess ist es immanent, so wenig Material wie möglich einzusetzen und eine optimale Konstruktionsform zu suchen. Die enorme Bedeutung dieser grundsätzlich anderen Vorgehens- und Denkweise ist nicht zu unterschätzen, ebenso wie die Auswirkung, die sie auf die Entwicklung der bautechnischen Wissenschaft hatte.

Um beispielsweise eine Säule aus Gusseisen herzustellen, fertigt man zuerst Holzmodelle der zwei Hälften der Säule (vertikal geschnitten). Diese werden in zwei Sandformen eingebettet. Die Holzmodelle werden entfernt und die beiden Sandformen zusammengesetzt, sodass die Hohlform der Säule entsteht. Die Hohlform wird mit geschmolzenem Eisen (durch ein Loch an einem Ende) gefüllt. Nach dem Aushärten des Eisens wird die Sandform entfernt.

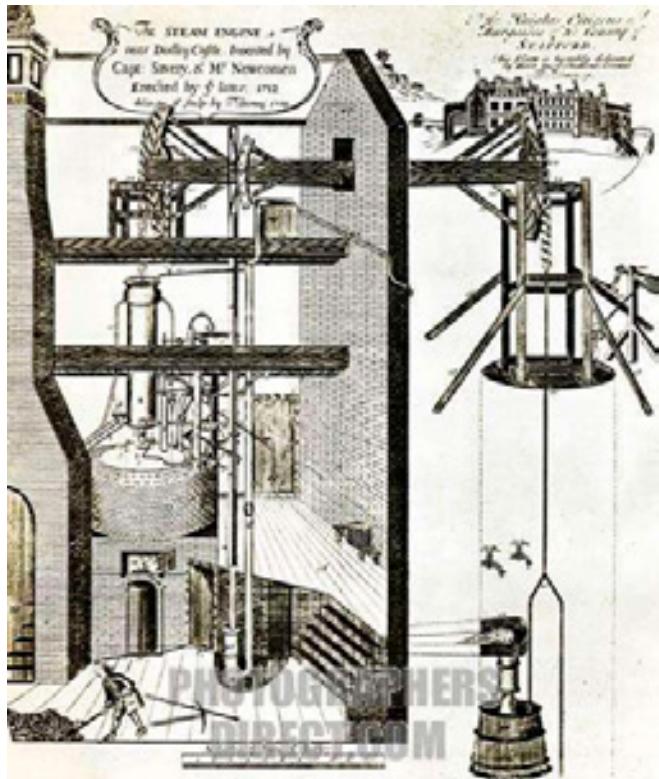
Die frühesten Säulen, die als architektonische Elemente eingesetzt wurden, waren massiv und hatten entweder einen konstanten runden Querschnitt oder einen Querschnitt mit einer leichten Verjüngung nach oben. Die ersten Säulen in den mehrstöckigen Industriegebäuden waren ebenfalls massiv, wiesen aber einen kreuzförmigen Querschnitt auf, andere verjüngten sich leicht nach oben und nach unten – vergleichbar mit der Entasis griechischer Säulen.

In den späten 1790er-Jahren wurde ein neues Gießverfahren erfunden, mit dem hohle runde Säulen hergestellt werden konnten. Bei diesem Herstellungsprozess befand sich innerhalb der hohlen Sandform ein zylindrischer »Kern« von starrem, verdichtetem Sand, der beim Gießen im Inneren des Gusseisenelements eingeschlossen wurde. Nach dem Auskühlen der Säule wurde diese aufgebrochen und der Kern entfernt. Mit einem rohrförmigen Querschnitt konnte das gleiche Trägheitsmoment ( $I$ ) und auch die gleiche Druck- und Knickfestigkeit erreicht werden wie bei massiven Säulen, jedoch unter Verwendung von deutlich weniger Gusseisen.

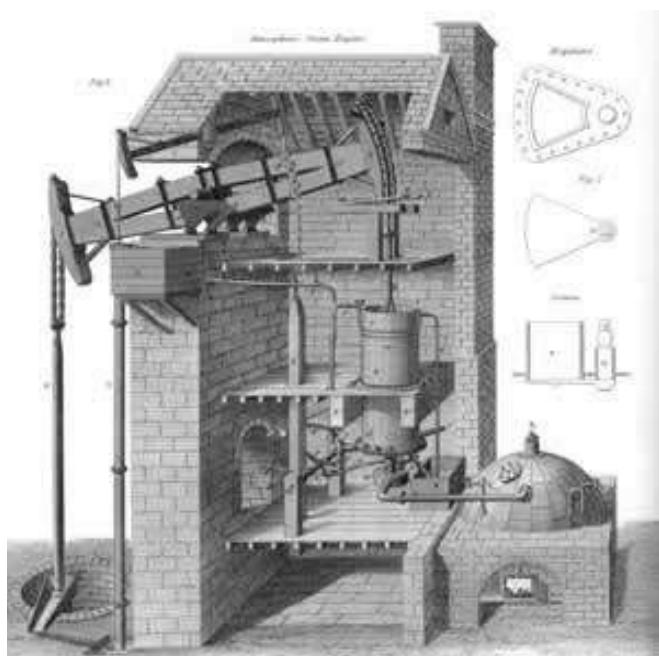
#### Die Ursprünge der strukturell effizienten Balken und Stützen

Der Bedarf an effizienten Konstruktionen bei der Verwendung von Eisen entstand zuerst im Zusammenhang mit dem Bau einer neuen Art von Maschine in der Mitte des 18. Jahrhunderts, der Dampfmaschine. Diese musste weit größeren Kräften standhalten als ältere Maschinen, die von Hand, Wind oder Wasser angetrieben wurden.

Die erste funktionierende Dampfmaschine wurde von Thomas Newcomen im Jahre 1712 gebaut, um Wasser aus Minen abzupumpen (Abb. 3). Sie bestand aus einem Dampfzylinder, der an einem Ende eines Holzbalkens zog,



3 Newcomens erster mit Dampf betriebener Pumpen-Motor mit einem geraden Holzbalken, 1712



4 Eine Newcomen-Maschine aus den frühen 1730er-Jahren mit einem verstärkten Holzbalken

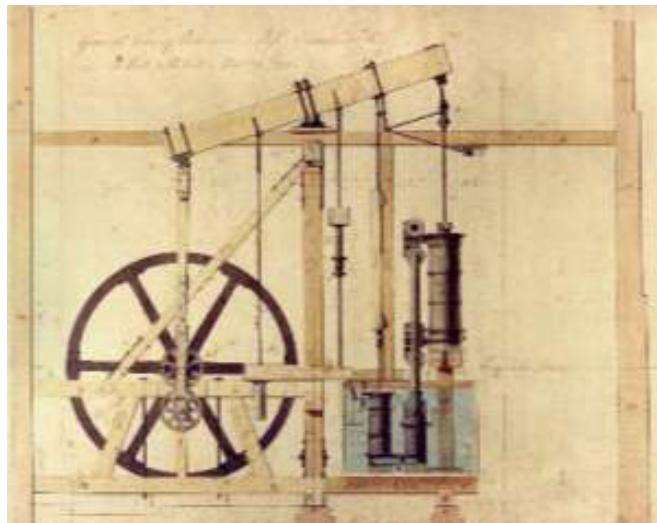
der über 6 m lang war und wie eine Wippe mittig aufgelaert war. Am anderen Ende des Balkens war eine Holz- oder Eisenstange befestigt, die den Kolben der Pumpe, die tief unten in den Schacht reichte, hochzog. Der Balken wurde daher beim Pumpen aufgrund der Kräfte an beiden Enden auf Biegung beansprucht.



5 Boulton und Watts Dampfmaschine mit einem mit Eisenstangen verstärkten Holzbalken, 1777



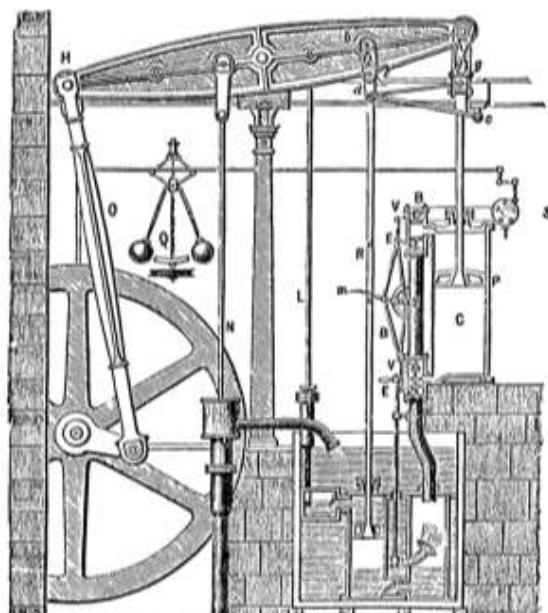
6 Boulton und Watts Dampfmaschine für Pumpen mit gusseisernem Balken, 1812



7 Watt nutzte seine Sonnen- und Planetengetriebe, um eine Drehbewegung zu erreichen; die vertikale Pleuelstange musste Spannungen und kleine Druckkräfte aushalten, 1781



9 Runde Säulen in St. Chad, Shrewsbury, 1791–92



8 Watts »Double action«-Dampfmaschine, 1784, mit Balken und Pleuelstange aus Gusseisen, die Pleuelstange mit kreuzförmigem und in der Mitte verstärktem Querschnitt



10 Pont y Cefnau, Südwales, 1793, »Die älteste erhaltene Eisenbahnbrücke der Welt«

Als die Leistung der Motoren gesteigert wurde, wurde der Balken das schwache Glied in der Kette. Seit den 1730er-Jahren wurden einige Balken durch die Vergrößerung des Querschnittes in der Feldmitte verstärkt (Abb. 4).

Als sich die Leistung der Dampfmaschinen noch weiter erhöhte, musste der Balken weiter verstärkt werden. Im Jahre 1777 verwendeten die Ingenieure Boulton und Watt Eisenstangen, um den Holzbalken zu verstärken (Abb. 5). Ab 1800 wurden üblicherweise gusseiserne Balken verwendet (Abb. 6, 8).

Um 1780/81 hatten Boulton und Watt die Idee, die Hin-und-her-Bewegung des Kolbens in eine Drehbewegung umzuwandeln, die die Maschinen in einer Fabrik über Riemscheiben und Riemen antreiben könnte. Das erste Modell verwendete eine starre, hölzerne Pleuelstange, die den Balken der Dampfmaschine mit dem Schwungrad, das die Energie speicherte und die Bewegung zwischen den Hüben des Kolbens glättete, verband (Abb. 7). Zwei Jahre später entwickelte Watt die »Double action«-Dampfmaschine, in der der kondensierende Dampf



11 North Mill, Belper, von W. Strutt, 1804, uniforme, kreuzförmige Säulen, identisch mit Säulen in Strutts Fabriken in Derby und Milford (1793)



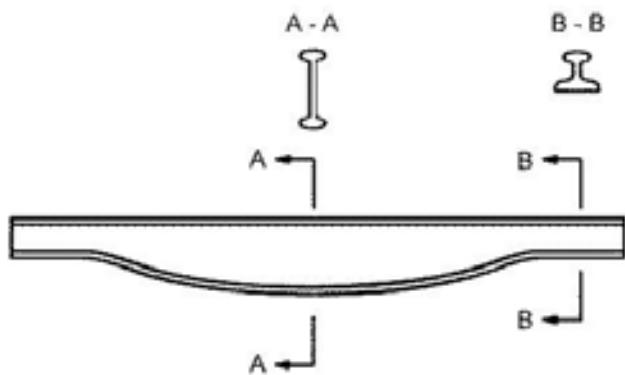
12 Castle Foregate Mill, Shrewsbury, von Charles Bage, 1796, kreuzförmige Säulen mit doppelter Verjüngung

den Kolben alternativ nach oben und unten zog. Als Folge der erhöhten Leistung und der wechselnden Kräfte war Holz nicht mehr für die Pleuelstange geeignet. Der Balken und die Pleuelstange wurden linsenförmig (sich verjüngend) ausgebildet und aus Eisen gefertigt; zudem hatte die Pleuelstange einen kreuzförmigen Querschnitt (Abb. 8).

**Die Verwendung gusseiserner Säulen in Gebäuden**  
Die früheste Anwendung gusseiserner Säulen in der Architektur erfolgte mit dem Ziel, schlankere Bauelemente zu schaffen (Abb. 9). Am Pont y Cafnau (1793) wurde das Gusseisen als Ersatz für Holz eingesetzt. Der Hohlquerschnitt der auf Druck belasteten Bauelemente hatte ein gutes Trägheitsmoment und war einfach zu gießen (Abb. 10).

Gusseiserne Säulen in mehrgeschossigen Fabriken wurden zuerst von William Strutt in Derby und Milford in den Englischen Midlands eingesetzt (1792–93), und erneut 1803 in der North Mill in Belper, etwa 10 km nördlich von Derby und Milford (Abb. 11). Die Säulen hatten kreuzförmige, über die gesamte Höhe gleichbleibende Querschnitte. Im Jahre 1796 verwendete William Bage gusseiserne Säulen in seiner Flachsspinnerei in Shrewsbury und bildete sie mit einer Verdickung auf halber Höhe aus (Abb. 12) – eine Lösung, die er zuvor bei den Pleuelstangen von Boultons und Watts Dampfmaschine gesehen hatte. Boulton und Watt und deren Maschinen waren Strutt und Bage bekannt.

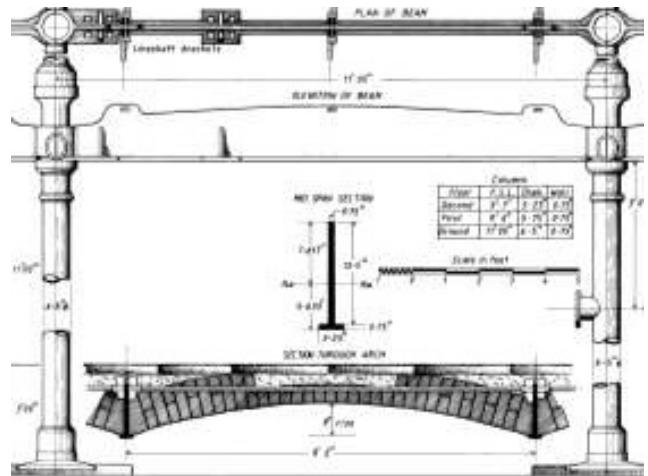
Bage konsultierte Strutt bei der Gestaltung seiner Fabrik, setzte Eulers Knickformel ein, um die Stärke der Säulen zu berechnen und nahm eine Last von 78 Tonnen an. Das entsprach etwa dem 2,5-fachen der Last, die die Säulen tatsächlich zu tragen hatten. Etwa so würde man noch heute die Last berechnen.



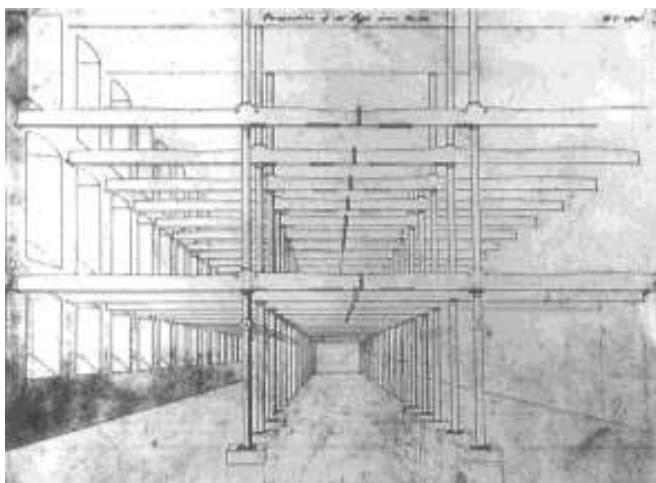
13 Gusseiserne Schiene von William Jessop, 91 cm lang, 1789



14 Castle Foregate Mill, Shrewsbury, von Charles Bage, 1796, die ersten gusseisernen Deckenbalken in Form eines »Hog-backs« mit invertiertem Y-Querschnitt



16 Armley Mills, Leeds, 1805, »Hog-back«-Balken und hohle Säulen



15 Fabrik in Salford, von Boulton und Watt, 1801

Hohle, röhrenförmige Säulen, die eine effizientere Verwendung des Eisens bedeuteten, wurden zum ersten Mal 1801 von Boulton und Watt in ihrer Spinnerei in Salford eingesetzt (Abb. 15); sie wurden schnell zur Norm und blieben für die nächsten siebzig Jahre Stand der Technik (vgl. z.B. Abb. 16), bis Gusseisen durch Walzstahl ersetzt wurde.

#### Die Verwendung gusseiserner Balken in Gebäuden

Die früheste Verwendung eines Fischbauchbalkens erfolgte im Zusammenhang mit dem Eisenbahnbau. William Jessop patentierte seine gusseiserne Fischbauchschiene im Jahre 1789. Sie fand weite Verbreitung (Abb. 13). Der Querschnitt dieser Schiene war symmetrisch – das heißt der untere Flansch und der obere Flansch des Balkens hatten die gleiche Form und Größe. Eigentlich war der Fischbauch keine ideale Form, da Gusseisen besser auf Druck als auf Zug belastbar ist. Der untere Flansch hätte

darum größer als der obere sein müssen. Jessop machte beide gleich groß, weil der obere Flansch auch dem Druck der eisernen Wagenräder widerstehen musste.

Im Jahr 1789 wurde Jessop zum Ingenieur des Cromford-Kanals ernannt und seine Fischbauchschiene wurden für die Bahn genutzt, die den Kanal mit den naheliegenden Minen verband. Diese waren nicht weit von Belper und Milford entfernt, wo William Strutt einige Fabriken gebaut hatte (mit Säulen und Balken aus Holz). Strutt und Charles Bage kannten daher sicher die Schienen von Jessop, als sie ein paar Jahre später ihre Version der eisernen Fischbauchschiene (umgekehrt ein »Hog-back«-Balken) einsetzen.

Die Castle-Foregate-Fabrik von Charles Bage in Shrewsbury im Westen von England, war die erste, die gusseiserne (feuerfeste) Deckenbalken aufwies. Diese haben einen Querschnitt in Form eines umgekehrten Y; im Längsschnitt weisen sie die Form eines »Hog-backs« (Halbparabel) auf (Abb. 12, 14). Die Balken überspannten drei Spannweiten, von den Wänden aus über jeweils zwei Zwischensäulen.

Bage führte mit Unterstützung von William Strutt einige statische Berechnungen auf der Grundlage der einfachen Biegetheorie durch. Dass er diese Theorie verwendete, um die Form des Balkens zu rechtfertigen, ist allerdings nicht belegt; er nutzte sie lediglich, um die Einzelspannweiten nachzuweisen [Skempton 1956].

Das zweite feuerfeste Gebäude mit eisernen Balken und Säulen war eine siebenstöckige Fabrik in Salford, die von Boulton und Watt zwischen 1799 und 1801 gebaut wurde (Abb. 15).

Boulton und Watt kannten Bage und seine Fabrik in Shrewsbury und übernahmen viele seiner Ideen. Sie machten jedoch einige wichtige Verbesserungen, zum Beispiel vergrößerten sie die Spannweiten und realisierten drei Spannweiten von 3,9 m statt vier Spannweiten von 2,9 m.



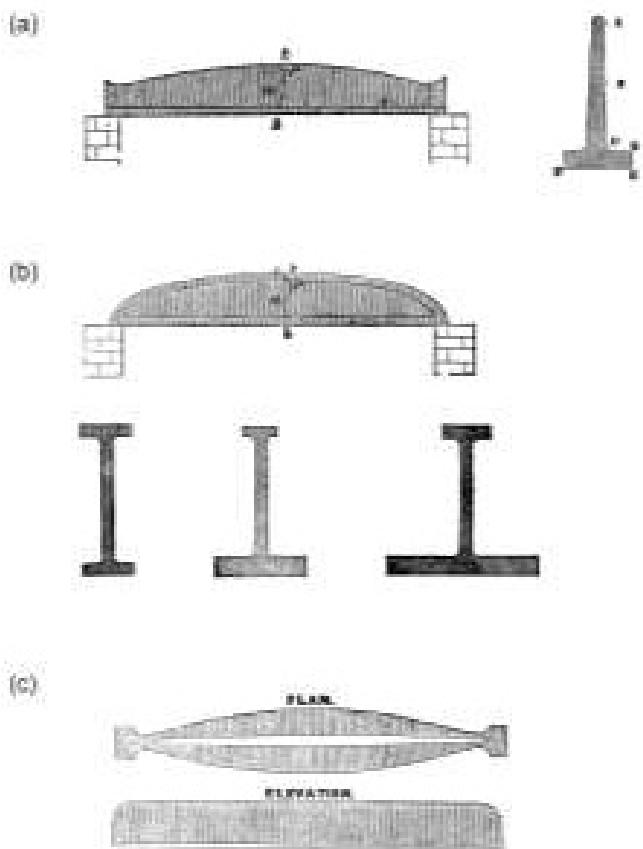
17 Beehive Mill, Manchester, 1824, typische gusseiserne primäre, sekundäre und tertiäre Fischbauchbalken mit T-Querschnitt

Wie in der Castle-Foregate-Spinnerei waren die Balken in Salford durchlaufend über die Säulen gelegt worden und ihre Tiefe spiegelte den Grad der Biegebelastung, der sie ausgesetzt waren. Wie in Shrewsbury gab es in Salford keine Rahmen-Tragwirkung von Etage zu Etage; die röhrenförmigen, hohen Säulen waren einfach aufeinandergestellt worden. Der Querschnitt der Balken war ein invertiertes T.

In den folgenden zwanzig Jahren wurden viele Hundert solcher Gebäude errichtet, wobei die grundlegenden Ideen vielfach variiert wurden. Noch bis Mitte der 1820er-Jahre wurden jedoch Balken ohne Flansche auf der unteren Seite ausgeführt. Viele dieser Bauten sind heute noch erhalten (Abb. 17).

Als sich die Zahl der neuen Fabrikbauten erhöhte, wurde dem Ingenieur William Fairbairn klar, dass sich erhebliche wirtschaftliche Vorteile ergeben könnten, wenn man Form und Abmessungen gusseiserner Balken sorgfältig studieren würde, um die optimale Nutzung des Gusseisens zu ermitteln. Fairbairn brachte nicht nur gute Voraussetzungen mit, um diese Studien zu betreiben, sondern auch, um davon zu profitieren, denn er besaß und leitete das damals wahrscheinlich größte Gusseisenwerk der Welt in Manchester. Er selbst war kein wissenschaftlich ausgebildeter Ingenieur und arbeitete mit Eaton Hodgkinson, Professor am Manchester Mechanics Institute, zusammen, um eine Reihe von Experimenten zu planen und auszuführen. Ziel war es, ein für allemal den optimalen Quer- und Längsschnitt für einen gusseisernen Balken zu ermitteln.

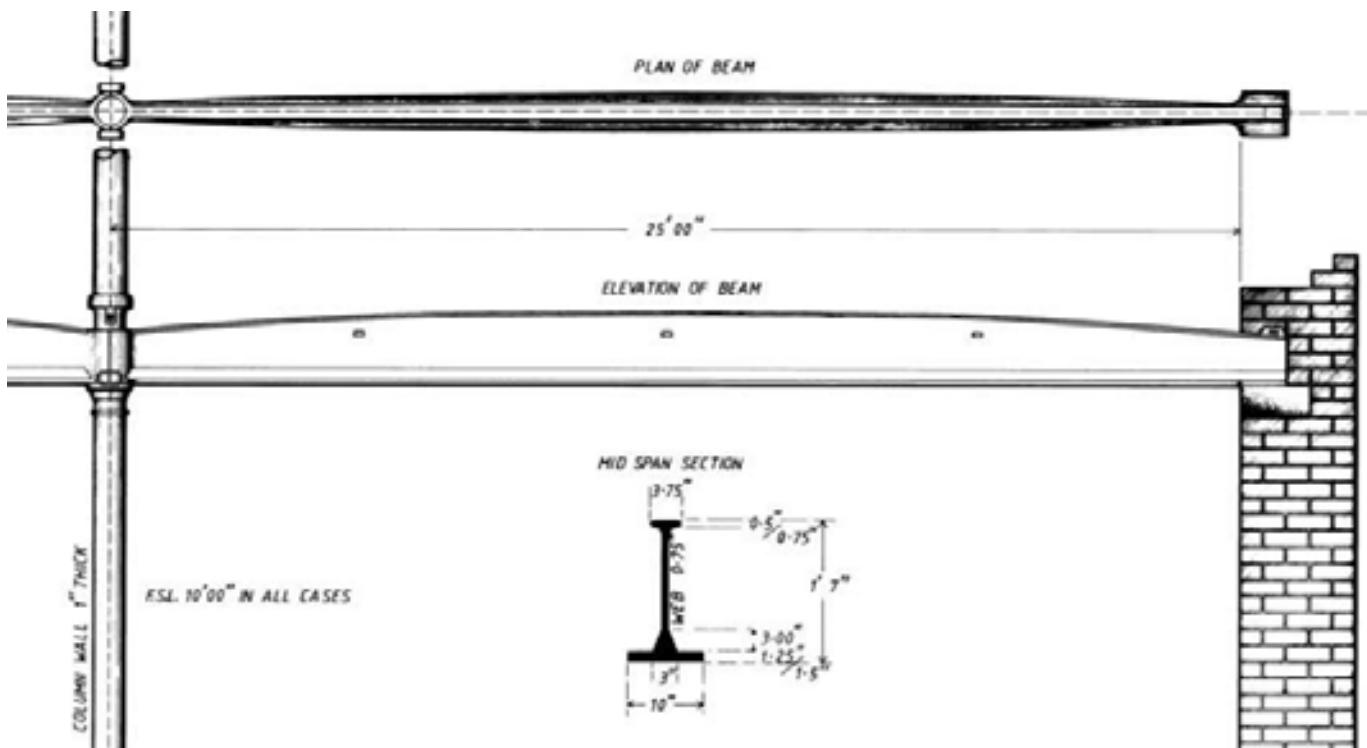
Seit einigen Jahren hatte Hodgkinson ein besseres, allgemeines mathematisches Modell für das Biegeverhalten eines Balkens mit einem bestimmten Querschnitt und bestimmten Abmessungen gesucht. Das Modell sollte das beobachtete Verhalten der Balken erklären und es somit ermöglichen, sowohl die Durchbiegung unter Last als auch die Bruchlast vorherzusagen. Hodgkinson und Fair-



18 Skizzen von gusseisernen Balken, Eaton Hodgkinson und William Fairbairn, 1826–30

bairn unternahmen in den 1820er-Jahren Versuche mit Dutzenden verschiedenen Balkenformen und -größen, sowohl im elastischen Bereich als auch bis zu Bruch (Abb. 18). Als Folge dieser Studien war Hodgkinson auch der erste, der schlüssig nachweisen konnte, dass die neutrale Achse im Schwerpunkt des Querschnitts liegt [Hodgkinson 1831]. So konnte Hodgkinson die wirtschaftlichste Anordnung von Gusseisen in einem Balken ermitteln. Der Querschnitt sollte ein umgekehrtes T sein, aber mit zwei Flanschen – der untere hatte den Zug unter normaler Belastung, der obere die Drucklast zu tragen und das Biegedrillknicken im oberen Teil des Querschnitts zu verhindern. Die zwei Flansche sollten ein Flächenverhältnis von etwa 1:6 haben – das umgekehrte Verhältnis der Festigkeiten von Gusseisen bei Druck und Zug. Im Längsschnitt sollte die Form den Biegemomentverlauf spiegeln und zu den Enden sollte die Höhe des Balkens wieder größer werden, um die größeren Scherkräfte zu tragen.

Fairbairn war bald in der Lage, Balken mit 20–30% weniger Eisen als zuvor herzustellen. Das Gebäude, in dem er den neuen rationalen Balken das erste Mal einsetzte, war die Orrell-Spinnerei in Stockport in England im Jahre 1834 (Abb. 19). So wie der asymmetrische I-Querschnitt folgt der



19 Orrells Mill, Manchester, von William Fairbairn, 1834, »Hog-back«-Balken mit 7,5 m Spannweite, I-förmiger Querschnitt mit Flanschverjüngung von der Mitte zu den Enden [Fitzgerald 1988]

Balken der Form eines »Hog-backs« (nach dem Biegemoment). Auch der Grundriss des Profils folgt dieser Form, um das Biegeknicken zu verhindern.

Ein letzter Schritt in der Geschichte des Gusseisens und seiner strukturellen Geometrie wurde in der Mitte der 1840er-Jahre vollzogen, als George Baker zum ersten Mal den H-Querschnitt für eine Säule nutzte. Diese verwendete er für eine Reihe von Schuppen, die er zur Überdachung von Trockendocks, in denen Schiffe gebaut oder repariert wurden, errichtete (Abb. 20) [Sutherland 1999].

#### Resümee

Obwohl in der Theorie ein ausreichendes Verständnis des strukturellen Verhaltens von Balken (vor 1700) und von Säulen (vor 1750) existierte, begann dieses erst dann einen Einfluss auf den Entwurf dieser Bauelemente zu haben, als Gusseisen ab den 1770er-Jahren zunächst in Dampfmaschinen und später in Gebäuden und Brücken die traditionellen Materialien ersetzte.

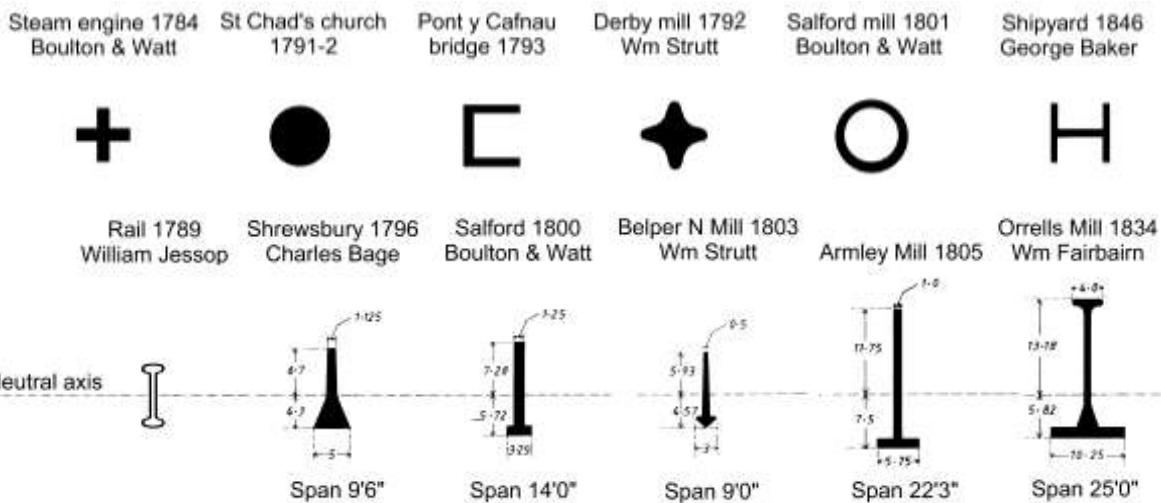
Die Formentwicklung, die in der Reihe von Querschnitten in Abb. 21 zusammengefasst ist, erzählt eine bemerkenswerte Geschichte. Sie markiert die Geburtsstunde der modernen Bautechnik.

Der Einsatz experimenteller Erprobung und aktueller wissenschaftlicher Kenntnisse zur Materialfestigkeit mündete in Kosteneinsparungen sowie in zusätzlicher Sicher-



20 Gusseiserne Säulen mit H-Querschnitt im Olympia Warehouse, London, von George Baker, 1846

heit, sodass Tragwerksentwerfer gewonnen werden konnten, die neue strukturelle Geometrien für den optimalen Einsatz des neuen Materials entwickelten. Dieser neue Ansatz zur Gestaltung der Tragwerke wurde schnell von Planern eiserner Dachstühle und ab Mitte der 1840er-Jahre von Planern von Eisenbahnbrücken aufgenommen.



21 Querschnitte von Balken, Säulen und Stützen aus Gusseisen, 1784–1846

## Literatur

- [Addis 1990]: Addis, W.: Structural Engineering – the Nature of Theory and Design. Chichester: Ellis Horwood 1990.
- [Addis 1999]: Addis, W. (Hg.): Structural and Civil Engineering Design. Vol. 12 of the series »Studies in the History of Civil Engineering«. Aldershot: Ashgate (Variorum) 1999.
- [Addis 2007]: Addis, Bill: Building: 3000 years of Design, Engineering and Construction. London und New York: Phaidon 2007.
- [Addis 2010]: Addis, Bill: »The Iron Revolution: How iron replaced traditional structural materials between 1770 and 1870«, in: Rinke, M.; Schwartz, J. (Hg.): Before Steel, Zürich: Niggli 2010, S. 3–48.
- [Fitzgerald 1988]: Fitzgerald, R.: »The Development of the Cast Iron Frame in Textile Mills to 1850«, in: Industrial Archaeology Review, 10, No. 2 (Spring), 1988, S. 127–145. Reprinted in: Sutherland 1997.
- [Hodgkinson 1831]: Hodgkinson, E.: »Theoretical and Experimental Researches to ascertain the Strength and Best Form of Iron Beams«, Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester, 2<sup>nd</sup> series, Vol. 5, 1831, S. 407–544.
- [Skempton/Johnson 1952]: Skempton, A.W.; Johnson, H.R.: »The first iron frames«, Architectural Review, Vol. 131, March 1952, S. 175–186. Reprinted in: Sutherland 1997.
- [Skempton 1956]: Skempton, A.W.: »The origin of iron beams«, Actes du VIII<sup>e</sup> Congrès International d'histoire des sciences, Florenz, 3–9 September, 1956, S. 1029–1039. Reprinted in: Addis 1999.
- [Sutherland 1997]: Sutherland, R. J. M. (Hg.): Structural Iron 1750–1850, Vol. 9 of series »Studies in the History of Civil Engineering«. Aldershot: Ashgate (Variorum) 1997.

Ulrich Boeyng  
Antje Gillich

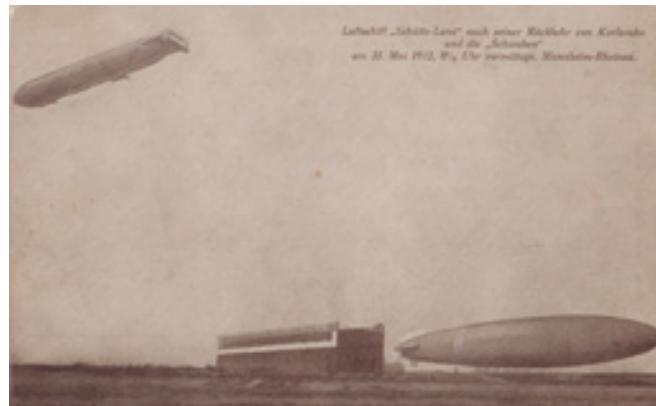
## Aus den Anfängen des Luftverkehrs

In einem gewaltigen Feuerball endete im Mai 1937 die kurze Ära der zivilen Passagier-Luftschifffahrt, als das Zeppelin-Luftschiff LZ 129 »Hindenburg« bei der Landung in Lakehurst in Flammen aufging. Kaum dreißig Jahre zuvor hatte diese Ära mit der Havarie des LZ 4 in Echterdingen einen ebenso dramatischen Anfang genommen. Damals, im August des Jahres 1908, war der vierte Zeppelin auf einer Deutschland-Rundfahrt in Echterdingen zwischengelandet und dort bei einem Gewittersturm am Boden zerstört worden.

Später, nach dem überwältigenden Ergebnis der »Zeppelin-Spende des Deutschen Volkes« nannte Graf Zeppelin diese Begebenheit »Das glücklichste aller Unglücke«, in deren Folge im September 1908 die Geldmittel für die Gründung der »Luftschiffbau Zeppelin GmbH« – kurz LZ-GmbH – im württembergischen Friedrichshafen am Bodensee zur Verfügung standen.

Im darauffolgenden Jahr 1909 fanden zwei weitere bedeutende Firmengründungen statt: Zum einen entstand im April 1909 im badischen Brühl mit der »Luftschiffbau Schütte-Lanz OHG« der erfolgreichste Zeppelin-Konkurrent, der mit seinen Luftschiffen aus Sperrholz den Zeppelinen mit ihren Alu-Gerippen auf allen technischen Gebieten Paroli bieten konnte. Zum anderen wurde im November 1909 unter maßgeblicher Beteiligung der Städte Frankfurt/Main und Düsseldorf sowie der LZ-GmbH die »Deutsche Luftschiffahrts-A.G.« – kurz DELAG – gegründet.

Diese weltweit erste Fluggesellschaft hatte das Ziel, den zivilen Passagier-Luftverkehr auf einer Route zunächst zwischen Baden-Oos, Frankfurt und Düsseldorf zu betreiben.



1 Luftschiff »Schütte-Lanz«, 1912

In dieser kurzen Vorrede wurden bereits die beiden Themen benannt, die Ihnen im Folgenden vorgestellt werden sollen. Zunächst berichtet Frau Gillich über eine der letzten bestehenden Zeppelin-Bergehallen der DELAG, anschließend werden die Werkstatthallen der Schütte-Lanz-Fabrik beschrieben.

### Die bewegte Geschichte der Zeppelinhalle von Baden-Oos

Als die Kollegen der Freiburger Denkmalpflege 1980 im Zusammenhang mit Sanierungsarbeiten eine imposante Werkshalle in Augen zu begutachten hatten, wurde schnell klar, dass es sich um Reste einer ehemaligen Luftschiffhalle handeln muss. Aufgrund der auf alten Fotos erkennbaren gleichen Konstruktion und der räumlichen Nähe stieß man bald auf die ehemalige Luftschiffhalle von Baden-Oos. Die geplante Stilllegung des Sägewerks gab Anlass, diesen Ausschnitt bedeutender deutscher Zeitgeschichte mithilfe neuer Archivrecherchen detailliert zu rekonstruieren.

Die um 1900 aufblühende Luftschifffahrt stellte für den Bau und die Bergung der Luftschiffe gegen Wind und Wetter auch besondere Anforderungen an den damit verbundenen Hallenbau. Der königliche Regierungsbaumeister a.D. Richard Sonntag schrieb 1912 in der *Zeitschrift für Bauwesen* zu den Anforderungen an die Luftschiffhallen, dass sie leicht und schnell aufgestellt und wieder abgebrochen werden sollen, um an beliebiger Stelle wieder eingesetzt zu werden. In der Folgezeit wurden innovative Ideen von versetzbaren Hallen sowohl in Holz als auch in Eisen realisiert. Die damals beschriebene Anforderung der leichten Aufstell- und Versetzbartigkeit sollte sich später als wesentlicher Grund für die heutige Erhaltung der Halle herausstellen.

### Das Zeppelinunglück und die Gründung der Deutschen Luftschiffahrtsaktiengesellschaft (DELAG)

Nach der ersten Fahrt eines Zeppelin-Luftschiffes im Juli 1900, das zunächst in einer schwimmenden Holzhalle am Bodenseeufer in Manzell bei Friedrichshafen geborgen wurde, folgte 1904 der Bau einer zweiten Halle auf festem Grund. Nach dem Zeppelinunglück von 1908 und der damit verbundenen Volksspende von sechs Millionen Reichsmark

sollte eine Werft und eine doppelschiffige Bauhalle für zwei Luftschiffe in Friedrichshafen errichtet werden, wobei aufgrund der Anforderungen an diese Bauaufgabe 1909 ein Wettbewerb ausgeschrieben wurde. Es beteiligten sich alle führenden Bauunternehmen in Deutschland. Eingereicht wurden 74 Entwürfe, darunter drei Holz- und 43 Eisenkonstruktionen sowie 28 Konstruktionen in Eisenbeton. Dritter Preisträger war die Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg AG (MAN) mit einer Eisenkonstruktion aus Viergelenkbögen, die den Vorteil der geringen Dimensionierung der Stäbe hatte und deren Träger je nach Belastung als Drei- oder Viergelenkbögen wirkten.

Ein regelrechter Bauboom für die Luftschiffhallen setzte ab 1909 ein, als die Luftschiffbau-Zeppelin GmbH für den Absatz ihrer Luftschiffe das erste Luftverkehrsunternehmen, die Deutsche Luftschifffahrtsaktiengesellschaft, gründete. Die Bürgermeister vieler Großstädte versuchten nun, als Mitglied im Aufsichtsrat einen Luftschifffahrtsstandort für sich zu gewinnen, um am geplanten regelmäßigen Zeppelinverkehr teilzunehmen. Den ersten Luftschifffahrtshafen baute man in Frankfurt, dort, wo auch die DELAG ihren Sitz hatte. Um den Anforderungen als Zeppelinbergehalle zu entsprechen, war es notwendig, in Abständen Aufhängemöglichkeiten für das Zeppelingerüst anzubringen, unter dem First einen Laufsteg und an den Seiten jeweils Arbeitsgalerien einzubauen, genügend Belichtung und gute Entlüftungsmöglichkeiten wegen der gefährlichen Gase herzustellen und die Tore leicht und schnell zu öffnen.

Bereits im Jahr 1913 hatte sich das Verkehrsnetz auf Hamburg, Berlin-Johannisthal, Leipzig, Dresden und Gotha ausgedehnt und wurde mit den Luftschiffen LZ 10 »Schwaben«, LZ 11 »Viktoria Luise«, LZ 13 »Hansa« sowie LZ 17 »Sachsen« erfolgreich befahren.

### Die Errichtung der Zeppelinhalle und der zivile Luftverkehr in Baden-Oos

Der Beginn der Luftschifffahrt auch in Baden-Oos lässt sich mittels des aktuell ausgewerteten Archivmaterials im Stadt-



2 Drehtor der Zeppelinhalle in Baden-Oos

archiv Baden-Baden gut nachvollziehen. Im April 1910 wurde in Baden-Oos nahe der Kurstadt Baden-Baden der Grundstein für den Bau einer Luftschiffhalle gelegt und mit den Fundamentierungsarbeiten begonnen, nachdem ein zweiwöchiges Enteignungs- und Entschädigungsverfahren der Grundstückseigentümer eingeleitet worden war. Am 17. Juni folgte im Auftrag der DELAG die Aufrichtung der Eisenkonstruktion durch die MAN Gustavsburg in nur elf Tagen. Mithilfe von zwei fahrbaren Montagekränen wurden zunächst die paarigen Säulenfüße mit dem dazugehörigen Binder verschraubt und so die Eisenkonstruktion Segment für Segment zusammengesetzt. Die Halle bestand ehemals aus einer weitmaschigen, mit Backstein ausgeriegelten Eisenfachwerkkonstruktion aus Bögen, die auf Stützen lagen. Diese Bögen wirkten äußerlich wie eingespannte Rahmen, waren aber als Viergelenkbögen konstruiert. Die Viergelenkbögen konnten je nach Belastungsfall, wie zum Beispiel Wind, mithilfe eines sperrenden Wechselgelenks Druck- und Zugkräfte ausgleichen. Durch zusätzliche Passstücke an den Gelenken wurden auch kleine Montageungenauigkeiten und Setzungen vermieden. Die Halle war insgesamt 157 m lang, 29,30 m breit und 28,10 m hoch (12,40 m Traufhöhe). Zur optimalen Ausleuchtung der Halle befanden sich an den Längs- und Giebelseiten hohe Fensterfelder, je 20 an den Längsseiten, und darüber hinaus unter dem Dachfirst ein spitzgiebeliges Oberlichtband. Der Hallenboden war mit Zementplatten ausgelegt und das Dach mit Asbestzementtafeln gedeckt. In der Halle waren an den Längsseiten sowie unter dem First Laufstege mit Geländern sowie eine in Längsrichtung verschiebbare Arbeitsbühne angebracht. Das zweiflügelige Drehtor an der östlichen Giebelseite konnte über einen Kurbelmechanismus komplett geöffnet werden. Neben der Bergefunktion des Luftschiffes verfügte die Halle noch über eine Wohnung und Büroräume an der Südwestseite sowie Arbeiterunterkünfte und ein Pförtnerhaus an der Südostseite. Außerdem befand sich an der Südseite noch eine 88 m lange Werkstatt mit verschiedenen Schuppen, an der Südwestseite zwei Gleisanschlüsse zur Luftschiffhalle und einer zur Werkstatt sowie eine Verladerampe nahe dem Anschluss zur Eisenbahn.

Im August 1910 sollte der tägliche Flugbetrieb aufgenommen werden, nachdem am 22. August 1910 gegen 10 Uhr der Jungfernflug des Luftschiffes LZ 6 aus Friedrichshafen in Baden-Oos glücklich endete. Danach fanden fast täglich etwa zweistündige Rundflüge über Mittelbaden mit dem LZ 6 statt, bis es am 14. September bei Wartungsarbeiten zu einer Explosion in der Halle kam, bei der das Luftschiff bis auf das Skelett verbrannte, die Luftschiffhalle aber unbeschädigt blieb. Trotz dieses Rückschlages konnte noch im gleichen Jahr mit dem LZ 7 der zivile Luftverkehr zwischen Frankfurt und Baden-Baden sowie Düsseldorf aufgenommen werden. Nach Ausbruch des Ersten Weltkrieges wurden die Passagierluftschiffe

vom Kriegsministerium eingezogen. Während des Krieges baute man in der Halle und seinen Nebengebäuden Zubehörteile für Kriegszeppeline. Nach Beendigung des Krieges wurden hier Kriegsflugzeuge zerlegt, um brauchbare Teile wiederzuverwenden.

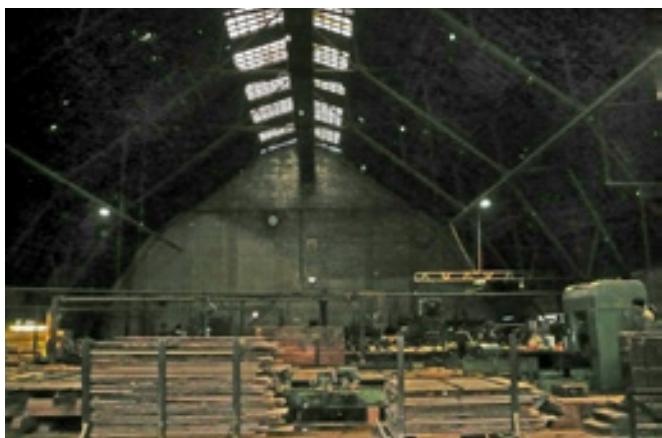
Die Ausführung der Bestimmungen des Versailler Friedensvertrages bedeuteten für Baden-Oos das Ende der Luftschiffahrt. Zu Beginn des Jahres 1921 erging ein Schreiben des Reichsschatzministeriums an die kommunalen und privaten Luftschiffhallenbesitzer, wonach die Hallen bis zum 31. Juli 1921 abgebrochen und die Fundamente zerstört werden mussten. Am 14. April 1921 wurden die Reste der Ooser Halle für 295 000 Mark an den Baden-Badener Bauunternehmer M. Wassermann versteigert. Danach verlor sich jede Spur.

### Die Wiedererrichtung der Luftschiffhalle als Sägehalle in Auggen

Erst 1923 tauchten Teile der Luftschiffhalle wieder auf, als die Gebrüder Himmelsbach eine Holzkonservierungsfirma mit Verwaltungsgebäude und Wohnsiedlung sowie einer riesigen alten Sägehalle durch den Karlsruher Architekten Karl Caesar in Auggen errichten ließen.

Beim Wiederaufbau der Halle musste auf den unteren Teil verzichtet werden, auf dem die Kämpfergelenke ruhten, und es wurde nur die Bogenkonstruktion wieder aufgebaut. Dabei ging die Gelenkfunktion verloren, während die Bögen leicht auseinandergezogen, das heißt etwas gespreizt wurden. Die vertikalen Stäbe neigten sich somit um etwa 10° nach innen. Aufgrund dieser etwas geneigten Konstruktion ließ sich eine ursprünglich andere Funktion der Halle schon vermuten. Die Maße der Halle reduzierten sich ungefähr auf ein Drittel, das heißt auf etwa 55 m Länge, 34 m Breite und 19 m Firsthöhe.

Es handelt sich bei der Auggener Sägehalle um die größte von drei noch in Teilen erhaltenen Berghallen in Deutschland und um die letzte, die von der MAN errichtet wurde.



3 Wiedererrichtung der Luftschiffhalle als Sägehalle

### »Stephansdach-Konstruktionen« der »Luftschiffbau Schütte-Lanz OHG«

In den weiten, stützenfreien Innenräumen der leerstehenden Werkstatthallen fallen zu allererst die hölzernen Bögen der Dachkonstruktion ins Auge.

Die Fachwerk-Brettnagelbinder stammen von der »Gesellschaft für Ausführung freitragender Dachkonstruktionen in Holz – System Stephan GmbH«, kurz »Stephansdach«, die in Düsseldorf seit 1905 als GmbH firmierte. Sie zählte zu den Pionieren des modernen Ingenieurholzbau und hatte – soweit wir bisher wissen – zwischen 1896 und Anfang der 1930er-Jahre in ganz Europa zahlreiche – bis zu 62 m weit gespannte – Hallenkonstruktionen errichtet.

Die »Stephansdach-GmbH« konkurrierte in der Zeit nach 1900 mit mehreren anderen Holzbaufirmen, die sich ebenfalls meist aus traditionellen Zimmereibetrieben entwickelt hatten und die ihre eigenen, oftmals patentierten Ingenieurholz-Konstruktionen anboten. Diese unterschieden sich in der Bearbeitung und Anordnung der Hölzer und vor allem im Einsatz der Verbindungsmitte und -techniken. Auf der Grundlage statischer Berechnungen und Materialprüfungen war allen gemeinsam das Streben nach Ausreitung bzw. Verbesserung der natürlichen Materialeigenschaften, nach Sparsamkeit im Materialverbrauch und – in gemeinsamer Konkurrenz gegen den Stahlbau – nach möglichst großen Stützweiten. Als Beispiele wären ab 1906 die Hetzer-Leimbinder und ab 1920 die Zollinger-Lamellen-Tragwerke zu nennen.

Kennzeichnend für die Stephan'schen Holzkonstruktionen sind die in der Regel gewölbten, fachwerkartig zusammengesetzten Brettnagelbinder mit Zugband. Jeder dieser Binder besteht aus einem Ober- und einem Untergurt, der aus mehreren, in Faserrichtung gebogenen und hochkant beieinanderliegenden Lattenhölzern zusammengesetzt ist. Zwischen den beiden Gurten sind rautenartig gekreuzte Streben eingefügt, die nahe den Gurten durch Flacheisendübel kraftschlüssig miteinander verbunden sind. An den Auflagern verdichten sich diese Strebenkreuze zu



4 »Stephansdach-Konstruktion« der »Luftschiffbau Schütte-Lanz OHG«



5 Luftbild des ehemaligen Werksgeländes der »Schütte-Lanz OHG« in Brühl

dicht beieinanderliegenden, gekreuzten Brettlagen. Ober- und Untergurte werden zusätzlich durch radiale Passhölzer gespreizt.

Die einzelnen Binderbögen ruhen in der Regel beidseits auf Konsolhölzern und je nach Lichtweite der Halle auf fachwerkartig aufgelösten Holzstützen, Balken oder massiven Pfeilern. Jeder Binder wird oberhalb der Konsole von einer eisernen Zangenkonstruktion umfasst, an der ein Zuggurt ansetzt, der den Bogenschub über ein starkes Drahtseil, eine eiserne Zugstange oder auch eine hölzerne Gurtung aufnimmt. In Längsrichtung sind die einzelnen, zumeist in ca. 5–7 m Abstand liegenden Binderebenen der Hallen durch Holzstreben zwischen den Dachpfetten und den Untergurten der Binder ausgesteift. Zusätzliche Steifigkeit wird durch die Ausmauerungen zwischen den Stützen erreicht. Bei tonnenförmigen Dächern besteht die Dachdeckung aus Teerpappe oder vergleichbaren Materialien auf einer Brettschalung.

Auf dem ehemaligen Werksgelände der »Schütte-Lanz OHG« in Brühl stehen derzeit nur noch vier nicht genutzte sowie zwei weitere, zu Ladengeschäften umgebaute Werkstatthallen, die alle zwischen 1914 und 1917 entstanden sind.

Die drei parallel nebeneinander stehenden Hallen im nordöstlichen Teil des Areals sind an den Längsseiten sowohl konstruktiv als auch durch Innentore miteinander verbunden. Die große mittlere Halle hat eine Lichtweite von ca. 27 m und 11 m Höhe bei 55 m Länge, die beidseits angebauten gleich langen Hallen sind mit jeweils ca. 15 × 7 m etwas schmäler und niedriger.

Südlich davon an der Mannheimer Straße stehen die beiden umgenutzten Hallen, die in ihren Breiten- und Höhenmaßen mit den nördlich stehenden Hallen vergleichbar, aber mit ca. 50 m Länge etwas kürzer sind. Das konstruktive Gerüst dieser Hallen ist im Innern unter den modernen Verkleidungen erhalten.

Im Nordwesten des Areals steht solitär eine Halle von ca. 50 m Länge, 27 m Breite und 7 m Höhe. Auffällig sind hier die Zuggurte aus Walzprofilen anstelle der Drahtseile sowie das originale, spitzgiebelige Oberlichtband.

Von den Konstruktionen der Stephansdach-GmbH, die bis 1910 ca. eine halbe Million und bis 1920 über 2 Millionen Quadratmeter Grundfläche überdeckt haben sollen, sind vermutlich nur noch wenige erhalten. Bekannt sind zum Beispiel die Ofenhalle der Glashütte Lamberts in Waldsassen (1896); die Neendorffsche Reithalle (1906/07) sowie ein Werkstattbau (ca. 1930) in der ehemaligen Telegrafenkaserne in Karlsruhe sowie in Dänemark die Halle des Kopenhagener Hauptbahnhofs (1912).

In der zeitgenössischen Literatur sind neben den Tonendächern auch Sattel- und Walmdach-, Mansard-, Pult-, Shed-, Zelt- oder Kuppelkonstruktionen erwähnt, bei denen die äußeren Dachformen auf die tragenden Bögen aufgesetzt wurden. Bei Hallen mit traditionellen Dachformen ist daher ohne Besichtigung der Dachstühle keine Aussage über die Tragkonstruktion möglich. Hier warten also vielleicht noch weitere Entdeckungen.

Unabhängig davon, ob und wie viele bisher unbekannte Stephansdächer noch gefunden werden, sind die noch erhaltenen Werkstatthallen bei Schütte-Lanz in Brühl in ihrem Denkmalwert außergewöhnlich: Hier begegnen sich Bau-technik- und Luftfahrtgeschichte in einmaliger Kombination.

Ziel dieser beiden Vorträge war es, auf die Zusammenhänge und auf die Bedeutung der beiden Orte aufmerksam zu machen. Der Anlass ist in beiden Fällen der gleiche: Sowohl die ehemalige Zeppelin-Bergehalle der MAN in Augen als auch die Stephansdach-Hallen der Firma Schütte-Lanz in Brühl sind von aktuellen Verwaltungsabsichten betroffen. Beiden Hallen droht der Abbruch, wenn keine wirtschaftlich zumutbare Nachnutzung gefunden wird. An beiden Orten stehen nach Auffassung der Denkmalpflege wichtige, unverzichtbare Zeugnisse einer bautechnik- und luftfahrtgeschichtlich bedeutsamen Ära auf dem Spiel.

\* Dieser Beitrag wurde in Teilen auch im *Nachrichtenblatt der baden-württembergischen Denkmalpflege* in Heft 1, 2014 veröffentlicht und kann auch von dort als pdf heruntergeladen werden.

## Ein Beitrag zur frühgeschichtlichen Zentralheizung

### Die letzten Zeugen

Mit der Headline »Deutscher Weltkriegsbomber aus Ärmelkanal geborgen« und dem untenstehenden Foto (Abb. 1) gelang es dem Londoner Royal Air Force Museum am 11. Juni 2013, ihr neustes Exponat unter anderem auf der Titelseite der *Berliner Zeitung* breitenwirksam zu präsentieren. Bei dem 1940 abgeschossenen deutschen Flugzeug handelt es sich vermutlich um den einzigen noch existierenden Kriegsbomber vom Typ Dornier Do 17 [DPA 2013].

Was hat dieser letzte Zeuge seiner Art, dass man sich seiner annimmt bzw. was fehlt den zahlreichen anderen, die unbemerkt bleiben und nicht selten verloren gehen? Die direkte Bedeutung für Schicksalsfragen der Geschichte macht technische Objekte vermutlich so spannend. Aber könnte im Umkehrschluss nicht auch die Geschichte eines technischen Objektes von Interesse für aktuelle »Schicksalsfragen« sein? In Zeiten des stetig wachsenden Energieverbrauches und der damit verbundenen globalen Erderwärmung könnten ausgehend von einer simplen Heizungsanlage sowohl die technische Entwicklung der Zentralheizung als auch die damit einhergehenden Komfort- und Behaglichkeitsansprüche seit der industriellen Revolution im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen. Speziell eine selbstkritische Auseinandersetzung mit letzteren könnte wirkungsvoll sein, da bereits eine geringfügige Absenkung der Raumtemperaturen zu einer merklichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emission beiträgt.

Ein geeignetes Beispiel hierfür wäre der nebenstehende Umsturzfeuerofen, befindlich in den Kellergewöl-

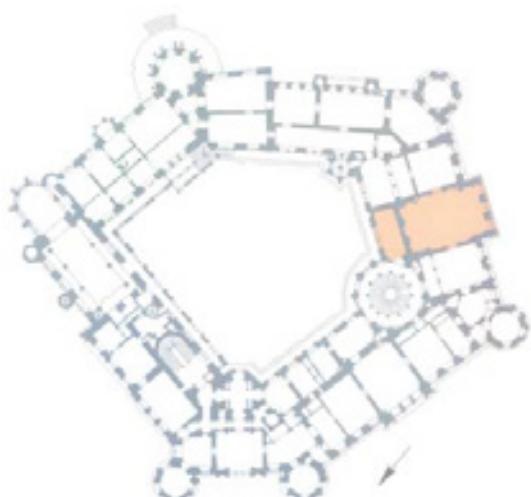


1 Bergung des Kriegsbombers Typ Dornier Do 17  
(Foto: Royal Air Force Museum)

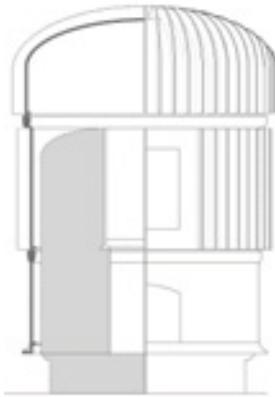
ben des Schweriner Schlosses (Abb. 2). Vermutlich ist er der einzige noch existierende Warmluftofen dieses Typs, der letzte Zeuge der frühen zentralen Luftheizung, die auf dem Prinzip des umstürzenden Feuers beruhte.



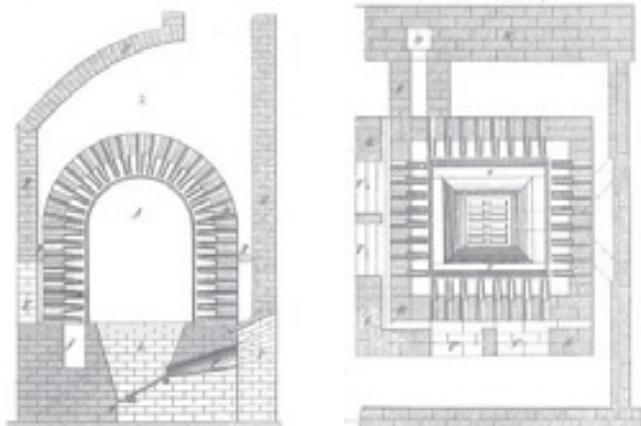
2 Umsturzfeuerofen im Schweriner Schloss



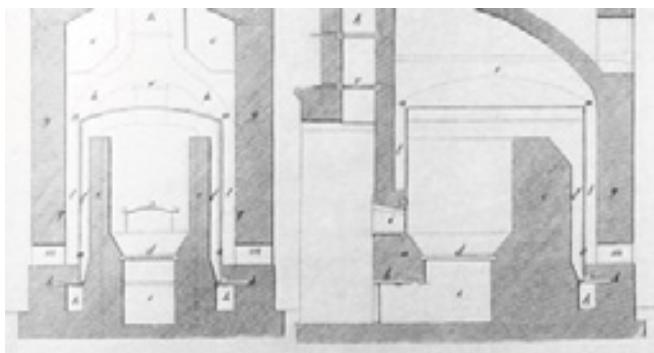
3 Schweriner Schloss, Grundriss der Festetage mit Kennzeichnung des Königsaales



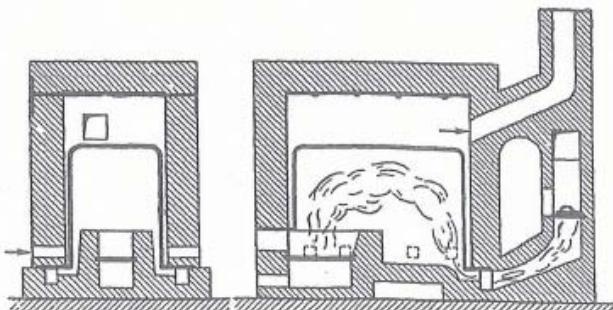
4 Skizze des Umsturzfeuerofens im Schweriner Schloss



5 Schnittdarstellungen des Engel'schen Umsturzfeuerofens [Engel 1830]



6 Grundriss- und Schnittdarstellung des Strutt'schen Ofens [Peclét: Grundsätze der Feuerungskunde, 1858]



7 Schnittdarstellungen eines Russischen Ofens [Vetter 1911]

### Der »Schweriner« Ofen

Sehen wir uns den besagten Umsturzfeuerofen daraufhin einmal etwas genauer an. Der Hofbaumeister Georg Adolf Demmler baute von 1845 bis 1851 die auf einer kleinen Insel gelegene, stark vernachlässigte Renaissanceschlossanlage am Rande des Schweriner Sees zu einem viergeschossigen Residenzschloss um. Er konzentrierte die offiziellen Räume in dem Haupt- und dem darüberliegenden Festgeschoß des südlichen und südwestlichen Flügels und entwickelte für deren Erwärmung ein differenziertes, nutzungsoptimiertes »Heizungskonzept«. Sowohl für die Treppenräume, Korridore und Vorplätze als auch den Königssaal mit seinem Vorraum sah er zentrale Luftheizungen vor (Abb. 3). Allein der gusseiserne Umsturzfeuerofen unterhalb des Königsaales hat sich erhalten. »Umsturzfeueröfen« wurden so genannt, weil das Feuer gegen den Ofendeckel schlug und über die Umsturzmauer einen schmalen umlaufenden Zwischenraum füllte, um die beiden unteren Ofenteile zu erhitzen. Der Rauch sammelte sich in einem horizontalen Kanal und wurde von dort in den Schornstein geleitet (Abb. 4). Die erforderliche Kaltluft wurde über einen Kanal unterhalb des Ofens in die Heizkammer geführt. Die erwärmte Luft stieg von der Heizkammer über die Warmluftkanäle möglichst senkrecht nach oben und strömte über rechteckige, ca. 2 m über dem Boden gelegene Wandöffnungen in die zu erwärmenden Räume. Abgesehen von den zahlreichen vertikalen Stegen zur Vergrößerung der wärmeabgebenden Oberfläche entspricht der Ofen sehr gut der von dem in Finnland tätigen Baumeister Carl Ludwig Engel vielfach verwendeten und 1830 publizierten Umsturzfeuerofen-Konstruktion (Abb. 5).

Handelt es sich bei dem »Schweriner« Ofen demnach um einen finnischen Import? Und gab es auch andere Ofenkonstruktionen, die Demmler 1850 hätte auswählen können?

### Die Anfänge der zentralen Luftheizung

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts begann sich eine »regelrechte Luftheizungsindustrie und zwar der Reihe nach in England, Russland, Frankreich und Österreich« zu entwickeln [Vetter 1911, S. 307]. So berichtete das *Polytechnische Journal* 1822, dass der Textilindustrielle W. Strutt seit mehr als dreißig Jahren Luftheizungsanlagen in seinen Kattunwerken installierte und der Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes stellte den Strutt'schen Ofen in seiner Zeitschrift detailliert vor (Abb. 6).

Strutt war vermutlich der Erste, der den Effekt des umgestürzten Feuers nutzte. Aber auch in Russland nutzte man eben dieses Prinzip, der bereits erwähnte C.L. Engel vermerkte in seiner Publikation: »1810 [war] die Heizung mit erwärmer Luft schon so weit verbreitet, dass alle dazu erforderlichen Einzelteile und Öfen als Han-

delsartikel in den Eisenbuden der vorzüglichsten Städte zu erhalten waren» [Engel 1830, S. 13] (Abb. 7).

Anders die Franzosen Desarnod und Curandau: Diese entwickelten zur gleichen Zeit den sogenannten »Röhrenofen« (Abb. 8). Bei diesem Ofen wurde die Luft nicht mithilfe der Ofenoberfläche innerhalb der Heizkammer erwärmt, sondern direkt im Ofeninneren, in dem die zu erwärmende Luft durch zahlreiche metallene Röhren strömte.

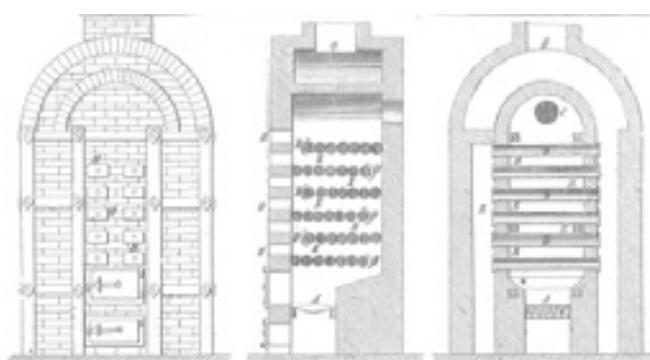
Weit »abgeschlagen« konnte Deutschland 1817 mit einer dritten Konstruktionsart den Reigen der möglichen »Grundformen« beschließen. Bei diesem »Rauchrohrofen« wurden die Feuergase durch mehrere vertikale Rauchröhren geführt, um die wärmeabgebende Oberfläche innerhalb der Heizkammer zu vergrößern (Abb. 9).

### Der Ursprung und mögliche Vorbilder des »Schweriner« Ofens

Die Konstruktionsidee des »Schweriner« Ofens wurde also in England bzw. in Russland geboren und gelangte mit C. L. Engel nach Finnland. Denn der gebürtige Berliner trat nach seiner Ausbildung bei David Gilly in russische Dienste, wurde Stadtbaumeister in Tallin und nach einem kurzen Aufenthalt in St. Petersburg vom russischen Zaren Alexander I. als Leiter des Neubaukomitees nach Helsinki entsandt. Hier nutzte er für seine zahlreichen Monumentalbauten das Prinzip des russischen Luftheizungsofens und vervollkommnete die Ofenkonstruktion.

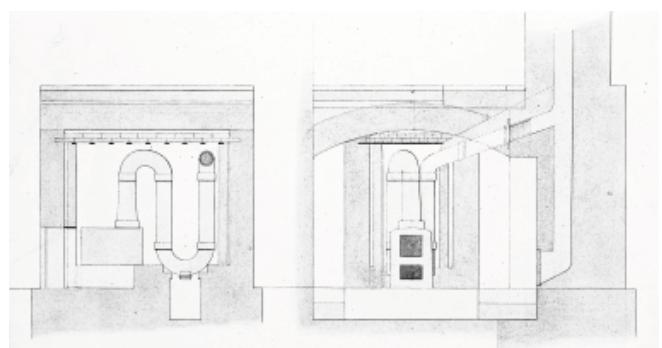
Engel stand über die Jahre hinweg in engem Kontakt mit seiner Familie in Deutschland und war auch mit Demmler bekannt. Der Einsatz dieses Ofentyps könnte also zum einen das Ergebnis der persönlichen Verbindung von Engel und Demmler gewesen sein, zum anderen aber auch das Vertrauen auf eine in Deutschland seit ca. 1828 angewandte Technik belegen.

Zu den frühen Anwendungsbeispielen gehören die Zentralheizungsanlagen der Großbauten Ludwigs I. in München, denn nachdem dem Hofbauinspektor Simon Mayr 1826 »die Einrichtungen für das Beheizungswesen übertra-

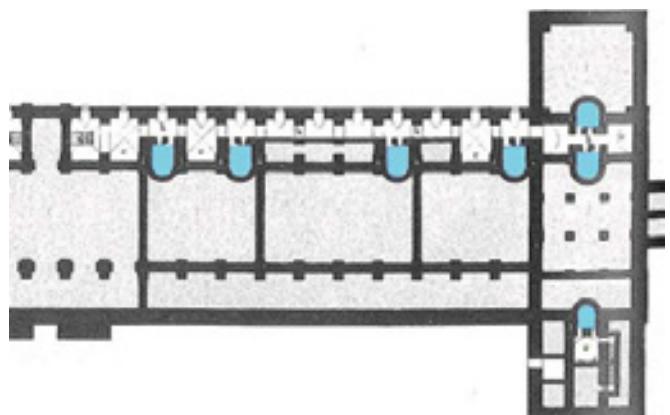


8 Ansicht- und Schnittdarstellungen eines Röhrenofens [Peclét: Grundgesetze der Feuerungskunde, 1858]

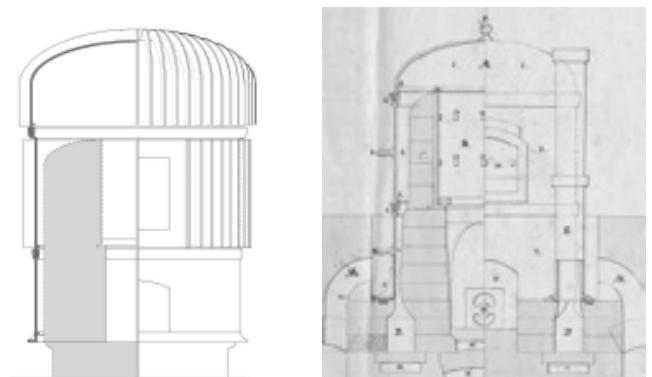
gen« worden waren, löste der Umsturzfeuerofen den bis dahin üblichen Rauchrohrofen ab. Ein anschaulicher Beleg für diesen Technikwechsel ist die Allerheiligen-Hofkirche, da in dieser neben den Umsturzöfen »auch noch ein soge-



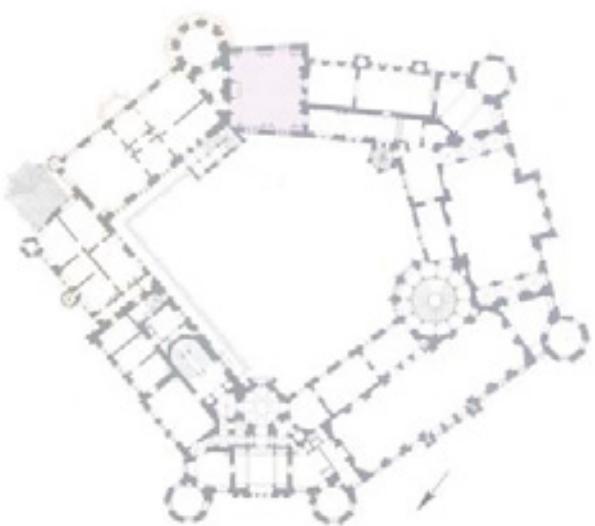
9 Schnittdarstellungen eines Rauchrohrofens [Schinkelmappe M, 1824]



10 Alte Pinakothek, München, Souterraingrundriss mit farbig angelegten Heizkammern, Ausschnitt [Grundriss aus Plagemann: Das deutsche Kunstmuseum 1790–1870, 1967]



11 Skizze des Umsturzfeuerofens im Schweriner Schloss im Vergleich mit der Schnittdarstellung des Umsturzfeuerofens der Alten Pinakothek [Zeichnung rechts: Archiv Deutsches Museum München]



12 Schweriner Schloss, Grundriss der Hauptetage mit Kennzeichnung des Thronsaales



13 Rauchrohrofen im Thronsaal des Schweriner Schlosses

nannter Röhrenofen» [Hermann 1835, S. 149] eingebaut wurde.

Offensichtlich nutzte Mayr die Hofkirche, um den Umsturzfeuerofen zu testen. Im Ergebnis erhielten sowohl die Alte Pinakothek als auch der Königsbau den neuen Konstruktionstyp. Für die Alte Pinakothek bedeutete dies, dass im Souterrain für die Erwärmung der beiden Sammlungsgeschosse 14 Heizkammern mit Umsturzfeueröfen ausgestattet wurden (Abb. 10 zeigt die 7 Heizkammern der östlichen Gebäudehälfte). Der Ofen selbst bestand, ebenso wie der Schweriner Ofen, aus drei aufeinander sitzenden gusseisernen Teilen und einer aus feuerfesten Steinen gefügten Umsturzmauer im Inneren (Abb. 11). Auch sind sie in den Größenverhältnissen einander sehr ähnlich. Die Dimensionierung der Öfen und Kammern scheint wohlüberlegt zu sein, da sie der Grundregel, nach welcher »die Größe der Heizkammer den 1000sten Teil des zu heizenden Raumes annimmt« [Klenze 1830, S. 4] sehr gut entspricht.

Der Umsturzfeuerofen setzte sich nachhaltig gegen den Rauchrohrofen durch und wurde zum festen Bestandteil der zentralen Luftheizungsanlagen in den Münchener Monumentalbauten der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, ganz gleich ob diese von Klenze oder Gärtner geschaffen wurden.

Dieser Ablöseprozess ist auch im Schweriner Schloss klar erkennbar, denn der »veraltete« Rauchrohrofen wurde hier nur noch als lokale Feuerstelle für den Thronsaal in der Hauptetage genutzt (Abb. 12). Verborgen hinter vergoldeten gusseisernen Türflügeln erzeugte er die für den Raum erforderliche Wärmemenge (Abb. 13). Das differenzierte »nebeneinander« von zwei unterschiedlichen Ofenkonstruktionen belegt, dass man in Schwerin den »aktuellen« Stand der Luftheizungstechnik bestens kannte.

#### Die Technik macht es möglich ...

Es veranschaulicht aber auch die sich ändernden Komfortansprüche, die mit der Entwicklung der Zentralheizung einhergingen. Auch wenn Schinkel die Notwendigkeit einer zentralen Luftheizung für das Alte Museum in Berlin vor allem mit dem Schutz der Bilder vor Feuer, Schmutz und Temperaturschwankungen begründete, wurden auch die Räume der Skulpturensammlung im Erdgeschoss mithilfe der Luftheizung leicht temperiert. Und Klenze wies in seiner *Sammlung architektonischer Entwürfe* in Bezug auf die Alte Pinakothek bereits darauf hin, dass »zur Erhaltung der Bilder und zur Bequemlichkeit der Besucher eine Heizung des Locals durchaus bedingt« sei. Nicht verwunderlich also, dass im Schweriner Schloss die zentrale Luftheizung auch für die Erwärmung der Treppenräume, Korridore und Vorplätze genutzt wurde.

Dabei handelte es sich um Bereiche, die zu Zeiten der lokalen Ofenfeuerung stets kalt blieben. Bemerkenswert

ist aber, dass die gewünschten Raumtemperaturen deutlich unter 20 °C lagen, für Museen wurden diese zum Beispiel mit 12–14 °C angegeben, das heißt das Behaglichkeitsempfinden war wesentlich »ressourcenschonender« als heute.

### Gedankenschluss und Ausblick

Als vermutlich einziger noch existierender Umsturzfeuerofen aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts dokumentiert der »Schweriner« Ofen sehr anschaulich den technischen Entwicklungsstand der frühen zentralen Luftheizungsanlagen. Er ist sowohl ein Beleg für einen sich neu herausbildenden Industriezweig und einen länderübergreifenden Wissenstransfer als auch eine Legitimation für die Notwendigkeit meiner Dissertation.

Ziel meiner Arbeit ist die Untersuchung historischer Heizungsanlagen der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit dem Fokus auf europäische Museumsbauten. Gründe für diesen Schwerpunkt sind zum einen, dass sich mit den Museen in diesem Zeitraum ein neuer Bautypus etablierte, der aufgrund seiner spezifischen Nutzung meist mit einer Zentralheizung ausgestattet wurde und zum anderen der europaweite Vergleich eine Aussage ermöglicht, inwieweit der aktuelle technische Entwicklungsstand des jeweiligen Landes die Auswahl des Heizungssystems bestimmte. Schließlich entwickelten sich parallel zu den vorgestellten zentralen Luftheizungsanlagen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ebenso die Warmwasser-, Heißwasser- und die Dampfheizung.

Im Rahmen dieser Arbeit werden etwa 14 historische Heizungsanlagen erstmalig detailliert untersucht und zunächst unter Berücksichtigung des theoretischen und praktischen Kenntnisstandes während der Phase des frühindustriellen Aufschwungs bewertet. Anschließend wird exemplarisch die Leistungsfähigkeit der untersuchten Luftheizungsanlagen unter Anwendung bauzeitlicher und heutiger Berechnungsgrundlagen bestimmt. Außer einem theoretischen Teil, der neben den Grundlagen die Untersuchungsergebnisse vergleichend zusammenfasst, wird die Arbeit einen Katalogteil beinhalten, in dem die einzelnen Heizungsanlagen beschrieben und charakterisiert werden.

Außerordentlich konstruktiv wird meine Arbeit von Prof. Dr. phil. Andreas Kahlow, Fachhochschule Potsdam, Fachbereich Bauingenieurwesen und Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz, BTU Cottbus, Lehrstuhl Bautechnikgeschichte betreut, wofür ich mich an dieser Stelle sehr herzlich bedanken möchte.

### Literatur

- [DPA 2013]: DPA: Deutscher Weltkriegsbomber aus Ärmelkanal geborgen, in: Berliner Zeitung, 11.06.2013.
- [Engel 1830]: Engel, C. L.: Rigitte Anweisung zur Heizung der Gebäude mit erwärmer Luft, Berlin 1830.
- [Förster 1837]: Förster: Die Pinakothek in München, in: Wiener Allgemeine Bauzeitung, 1837.
- [Hermann 1835]: Hermann, H.: Die Heizung der Pinakothek in München: im Kunst- und Gewerbeblatt des Polytechnischen Vereins für das Königreich Bayern, München 1835.
- [Klenze 1830]: Klenze, L. von: Sammlung architectonischer Entwürfe, welche ausgeführt oder für die Ausführung entworfen wurden, München 1830.
- [Vetter 1911]: Vetter, H.: Zur Geschichte der Zentralheizungen bis zum Übergang in die Neuzeit, in: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 3, 1911.

## [www.great-engineers.de – Ein Internetlexikon zum Mitmachen](http://www.great-engineers.de)

### 1. Einleitung

Ingenieurgrößen und technisch orientierte Baumeister der Zeit- und Weltgeschichte sind das zentrale Thema des Projektes »Great Engineers«, welches im Jahre 2008 am Lehrstuhl Bautechnikgeschichte und Tragwerkserhaltung an der ehemaligen BTU Cottbus entstanden ist. Es zielt darauf ab, anhand von Ingenieurporträts Bautechnikgeschichte zu vermitteln und das Interesse an diesem Fach zu fördern. Dabei bedient sich Great Engineers zweier Ebenen, die sich an verschiedene Personenkreise richten und trotz ihres unterschiedlichen Charakters miteinander verbunden sind: Die erste Ebene stellt das Universitätsseminar Great Engineers dar, welches mit Studenten durchgeführt wird. Der zweiten Ebene entspricht die Webseite [www.great-engineers.de](http://www.great-engineers.de), ein »Internetlexikon der Bauingenieure«, welches sich an einen größeren Kreis, die Internetcommunity richtet. Die Beiträge des Online-Lexikons werden im Seminar durch Studenten erarbeitet; die Webseite, die zweite Ebene des Projektes, ist somit zeitgleich das Produkt der ersten. Ähnliche Projekte bzw. Webseiten vergleichbaren Formates gibt es bereits. Wie sich Great Engineers von diesen absetzt, welche Besonderheiten es in sich trägt, welche Ergebnisse in den vergangenen Jahren zu verzeichnen waren und welche Entwicklungen das Projekt nehmen kann, soll im Nachfolgenden erörtert werden.

### 2. Great Engineers

An dem im regelmäßigen Turnus wiederkehrenden Seminar Great Engineers nehmen pro Semester rund zwanzig Studenten teil. Sie kommen aus den Studiengängen Architektur, Stadt- und Regionalplanung, Architekturvermittlung, Bauen und Erhalten, Bauingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen der BTU Cottbus-Senftenberg. Derzeit richtet sich das Seminar vor allem an Architektur-Bachelor-Studenten des 5. Semesters. Aber auch Master- und Diplom-Studenten finden den Weg ins Seminar. Einzeln, in Zweier- oder maximal Dreiergruppen nähern sich die Studenten den historischen Ingenieurgrößen und erarbeiten dabei detaillierte Porträts, bei denen die Person und dessen Œuvre gleichermaßen im Fokus stehen. Die Ingenieure bzw. Baumeister werden eingangs aus einer bestehenden Liste gewählt oder manches Mal von den Studenten als Vorschlag selbst mitgebracht. Seit dem Jahre 2008 wurden verschiedene Modelle der Lehrveran-

staltung durchprobiert. Die Bandbreite reicht von wöchentlich stattfindenden Seminaren, bei denen die Studenten ihre Ingenieure den Kommilitonen präsentieren, bis hin zu Blockveranstaltungen, die über das Semester verteilt sind und bei denen die Studenten Textmodule für ihren great-engineers.de Beitrag zur Diskussion stellen. Die besten Ergebnisse mit Blick auf einen Webseiteneintrag entstanden bisher bei der Seminargestaltung in Blöcken, wobei sich intensive Konsultationstermine und Präsentationsblöcke abwechselten.

Anhand eines jeden Ingenieurporträts werden historische Gebäude und Projekte erörtert, historische Konstruktionen und Erfindungen gedanklich durchgespielt sowie ein Gefühl für den Technikstand und die politisch-gesellschaftlichen Bedingungen einer Zeit entwickelt. Der Vergleich mit anderen im Seminar erarbeiteten Ingenieurgrößen hilft dabei, den eigenen Untersuchungsgegenstand besser zu verstehen. Die Vermittlung von Bautechnikgeschichte ist ein zentrales Anliegen des Seminars. Darüber hinaus üben sich die Studenten im wissenschaftlichen Arbeiten. Das finale Produkt ihrer Auseinandersetzung mit ihrem Ingenieur wird abhängig von ihrer Leistung und nach einem intensiven Lektorat Inhalt des Internetlexikons Great-Engineers.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Resonanz der Studierenden

Die Ergebnisse sprechen für das Konzept des Projektes! Die Haltung der Studenten zur Lehrveranstaltung Great Engineers ist eines dieser Ergebnisse: Die ersten Seminare wurden noch mit rund zehn Studenten durchgeführt, bis sich der Zulauf auf zwanzig, zweiundzwanzig Studenten einpegelte. Zuletzt musste seitens der Lehrenden sogar gedeckelt werden, um die Kapazitäten des Seminars nicht zu sprengen. In Semestern, in denen Great Engineers nicht angeboten wird, gibt es am Lehrstuhl sogar Nachfragen von Studenten bezüglich zukünftig stattfindender Seminare.

Während des Seminars zeigen viele Studenten ein großes Engagement. Das geweckte Interesse geht bei manchen Studierenden sogar so weit, dass sie selbstständig Archive aufsuchen, Zeitzeugen vor Ort interviewen oder Bauwerke in fernen Städten wie beispielsweise Prag, Mailand und Istanbul besichtigen. Am Ende kommen oft sehr gute Arbeiten heraus. Ein wichtiger Grund

des Eifers ist wahrscheinlich das Wissen um eine mögliche Autorenschaft eines realen Artikels auf [www.great-engineers.de](http://www.great-engineers.de). Das konkrete Ziel, etwas Bleibendes zu schaffen, das nicht in den Archivschränken der Unis verschwindet, ist schließlich auch Motivation genug, dass viele Autoren selbst im Anschluss der Lehrveranstaltung, während des Lektorates mit Eifer an der Überarbeitung ihrer Beiträge mitwirken.

Messbare Rückmeldungen zum Seminar gibt es durch die Studierendenschaft in Form von Bewertungsbögen, die jedes Semester in allen Lehrveranstaltungen der BTU Cottbus-Senftenberg durch die Studierenden anonym ausgefüllt werden. Beispielhaft wird hier das Umfrageergebnis zum Seminar im Wintersemester 2012/13 vorgestellt, welches sich aus den Antworten von insgesamt 17 Studenten ergab. Bewertet wurden die verschiedenen Seminarparameter mit den Noten 1 für »trifft zu / sehr gut« bis 5 als »trifft nicht zu / sehr schlecht«. Der Gesamtdurchschnitt für das Seminar, der sogenannte »Globalindikator« belief sich auf eine 1,8, was ein ordentliches Ergebnis darstellt. Vermutlich sind jedoch die persönlichen Worte, die die Studenten als individuelle Kritiken anbringen konnten, am aufschlussreichsten, die hier ausschnittsweise präsentiert werden sollen: Zur Frage, was »gut an der Veranstaltung ist«, wurden folgende Bemerkungen notiert: »Gestalten einer öffentlichen Webseite«, »Gute Betreuung«, »Themenvielfalt. Die Wichtigkeit des Faches für den späteren Beruf wird deutlich gemacht«, »Das Arbeitsklima war während des gesamten Seminars sehr angenehm und somit hat auch die Arbeit für das Modul Spaß gemacht«. Darauf folgte der Punkt, was »verbesserungswürdig an dieser Veranstaltung ist« – hier nannten die Studenten: »Andere Themen. Z.B.: Konstruktionsweise von damals an einem Modell umsetzen« und »Nichts«.

Nebst diesen Feedbacks erreichen uns auch Wortmeldungen ehemaliger Seminarteilnehmer. Sie berichten davon, sie hätten viel Wissen aus der Lehrveranstaltung mitnehmen können, das sie bei anderen Seminaren bereits anwenden konnten. Andere ehemalige Studenten, manche sogar nach Abschluss ihres Studiums an der BTU Cottbus-Senftenberg besuchen sogar den Lehrstuhl, bedanken sich für die gesammelten Erfahrungen und berichten davon, dass sie neue Fakten zu ihrem Ingenieur gesammelt hätten, die sie gern als Nachtrag auf die Webseite bringen wollen würden. Aus den Resonanzen der Seminarteilnehmer ist letztendlich nur das Folgende zu entnehmen: Bautechnikgeschichte macht Spaß!

### 3.2. [www.great-engineers.de](http://www.great-engineers.de)

Ein weiteres Ergebnis des Projektes ist das Online-Lexikon [www.great-engineers.de](http://www.great-engineers.de) selbst bzw. dessen Inhalt. Die besten studentischen Beiträge werden ausgewählt und nach einem Lektorat auf die Webseite gebracht. Seit



1 Suchmodi des »Internetlexikons der Bauingenieure«



2 1. Kapitel, Biografie eines Ingenieurs

Beginn des Projektes und dem Umbau der ersten Online-Version befinden sich derzeit rund zwanzig Ingenieure auf [great-engineers.de](http://great-engineers.de). Weitere vierzehn Porträts haben die vergangenen Seminare hervorgebracht und warten auf Lektorat und Webseiteneinarbeitung.

Das »Internetlexikon der Bauingenieure« baut sich hauptsächlich durch die fünf Seiten der Suchmodi, eine Art Inhaltsverzeichnis und die Webseiten der Ingenieurartikel auf. Über die fünf Auswahlmöglichkeiten »Portrait« (Abb. 1), »Leitbauwerk«, eine alphabetische, topografische und zeitliche Suche kann sich der Nutzer nach Gefallen den Ingenieuren nähern. Das Konterfei eines Ingenieurs, sein Leitbauwerk (ein Hauptwerk des Ingenieurs), sein Name, sein Lebensmittelpunkt und Hauptwirkungsbereich sowie seine Schaffensperiode und Lebenszeit geben einen ersten Eindruck von dem einzelnen Ingenieur.

Nach Wahl eines Ingenieurs wird der Besucher des Nachschlagewerks auf die Auftaktseite des gewählten Ingenieurs oder Baumeisters geführt, wo er einen kurzen Einblick zum Great-Engineers-Eintrag gewinnt. Alle Ingenieurseiten sind in die gleichen thematischen Kapitel un-

terteilt und nach ein und demselben Muster aufgebaut. Dies bietet dem Leser eine bessere Orientierung innerhalb von great-engineers.de und eine gute Vergleichsmöglichkeit zwischen den Ingenieuren.

Das erste Kapitel ist der Biografie eines Ingenieurs gewidmet (Abb. 2). Die Biografieseite enthält drei mögliche Informationszugänge: Einen kurzen chronologischen Abriss zum Leben eines Ingenieurs bietet die vorangestellte tabellarische Biografie. Anschließend gibt die topografische Biografie einen räumlichen Überblick über die Lebensstationen des Ingenieurs. Zu dieser Biografie gehören sowohl die Kartenwerke rechts neben der tabellarischen Biografie wie auch ein PDF, welches der an Bau-technikgeschichte interessierte Leser herunterladen kann. Weiß eingefärbte Jahreszahlen in der linken Spalte der tabellarischen Biografie stellen Verlinkungen auf den ausführlichen Biografietext dar, der weiter unten folgt und durch Bilder auf der rechten Seite illustriert wird. Zwischenüberschriften teilen den Fließtext chronologisch oder thematisch ein. Weißgefärbte Worte oder Wortgruppen im rechten Bereich der tabellarischen Biografie oder in der detaillierten und ausformulierten Biografie stellen ebenfalls Verlinkungen dar. Diese führen thematisch in andere Kapitel oder gar zu anderen Ingenieuren. Quell- und Zitatnachweise im oder nach dem Text sowie in den Bildunterschriften vervollständigen den Umfang der Seite.

»Projekte«, »Erfindungen« und »Publikationen« nennen sich die folgenden drei Kapitel. Sie sind der Biografie in Aufbau und Funktion ähnlich. Je nach Ingenieurartikel werden die einzelnen Kapitel durch einen kurzen Text eingeleitet. Es folgen Übersichtstabellen, die die Werke, die Erfindungen und genutzten Technologien sowie die Publikationen des Ingenieurs auflisten. Eine topografische Projektübersicht erweitert das Angebot der Projektseite. Ausführliche Texte berichten weiter unten folgend von ausgewählten Werken, Innovationen und schriftlichen Abhandlungen des Ingenieurs. Der linksseitige Text wird von Abbildungen rechts begleitet und durch weißfarbige Verlinkungen und Quellnachweise im Umfang erweitert.

Die letzten drei Kapitel – »Würdigung«, »Literatur« und »Verfasser« – bieten einen Blick über Dritte auf die Ingenieurgröße und dessen Œuvre sowie ein Bild des Verfassers des jeweiligen great-engineers.de-Beitrags. Nach dem Studium des Ingenieurporträts erhält der Nutzer des Online-Nachschatgewerkes im Kapitel Literatur Informationen zu weiterführenden Quellen.

### 3.3. Resonanz der Webcommunity

Das Internetlexikon great-engineers.de hält für den an Bau-technikgeschichte Interessierten einen größeren Fundus an Porträts von historischen Ingenieurgrößen und technisch orientierten Baumeistern bereit. Ähnliche Webseiten und Datenbankformate sind bereits vorhanden und

allgemein bekannt, jedoch bieten sie meist nur einen stichpunktartigen Einblick oder sind nicht auf das Thema Bautechnikgeschichte hin ausgerichtet. Great-engineers.de offeriert auf wissenschaftlichem Wege erarbeitete und durch ein Lektorat geprüfte Ingenieur-Beiträge, die mit einem großen Faktenspektrum und Detailwissen aufwarten. Das hier gewonnene Bild von historischen Ingenieurgrößen und ihrem Werk ist ein guter Start für nachfolgende Recherchen, die durch Literaturtipps erleichtert werden. Der einheitlich gestaltete Aufbau der Ingenieurporträts hilft dem Nutzer, sich auf den Webseiten gut zu orientieren. Durch Verlinkungen kann er Querbezüge zwischen historischen Ereignissen, Bauwerken, bautechnischen Entwicklungen und einzelnen Ingenieuren herstellen.

www.great-engineers.de kann natürlich nicht mit den Nutzerzahlen von Wikipedia oder Structurae »konkurrieren«, doch erfreut sich das Internetlexikon langsam aber sicher größerer Beliebtheit bei der Webcommunity. Das stetig wachsende Bewusstsein für Bautechnikgeschichte in der Bevölkerung und die dargestellten Besonderheiten des Online-Nachschatgewerkes sind Gründe für das steigende Interesse seitens Studierender, an Bau-technikgeschichte Interessierter sowie Ingenieurbüros, was Rückmeldungen aufzeigen: Studierende nutzen great-engineers.de zum Sammeln von Fakten, zum Erkenntnisgewinn über das Funktionieren von historischen Konstruktionen und Tragwerken sowie zur Literaturrecherche für ihre Seminar- und Abschlussarbeiten. Ingenieurbüros sind andererseits gespannt auf das Porträt ihrer früheren Mitarbeiter oder Bürogründer. Great Engineers ist mit seinem Programm in eine bisher bestehende Lücke gestoßen.

## 4. Ausblick

Die präsentierten Erfolge sollen nicht darüber hinwegtäuschen, dass es durchaus auch Rückschläge gab und dass manch gestecktes Ziel bisher nicht erreicht werden konnte. Die stete Arbeit an Layout und Funktionalität der Webseite und die unaufhörliche Weiterentwicklung des Seminars brachten in den vergangenen Jahren eine ansehnliche und gut laufende neue Webseite und ein interessantes und von Studierenden gut angenommenes Seminar hervor. Doch ist der Wunsch, eine weitaus größere Bandbreite an Ingenieurgrößen auf great-engineers.de zu verankern, bisher offen geblieben. Eine intensive Studentenbetreuung und ein ernstgenommenes Lektorat kosten seine Zeit und Personal. Auch dem hohen Anspruch an die Webseite und deren Inhalte kann aufgrund studentischer Autoren nicht jeder Ingenieurbeitrag gerecht werden, denn nicht alle Fehler können durch das Lektorat gefunden und ausgebessert werden. Das Internetlexikon soll sich zukünftig einer noch größeren Öffentlichkeit öffnen. Hierfür ist eine englische Übersetzung von www.great-engineers.de geplant, die jedoch noch nicht umgesetzt werden konnte.

Einem weiteren gesetzten Ziel wurde sich bisher nur in Ansätzen genähert. Angestrebt sind Kooperationen, die bisher nur mit vereinzelten Personen und Institutionen wie Structurae ([structurae.de](http://structurae.de)) geschlossen werden konnten. Hierin besteht jedoch ein großes Potenzial für die Weiterentwicklung des Projektes. Great Engineers bietet ein spannendes Seminar-Konzept, das auch an anderen Universitäten funktionieren könnte. Eigene »Great-Engineers-Seminare« könnten an Partneruniversitäten laufen und deren Ergebnisse anschließend den Umfang des Online-Nachschlagewerks erweitern. Eine weitere Möglichkeit bestünde in der Veranstaltung gemeinsamer Seminare, bei denen gegenseitige Präsentationen und gemeinsame Diskussionsrunden durchgeführt werden könnten. Eine dritte Möglichkeit würde in Treffen von Interessierten zur Weiterentwicklung des Projektes Great Engineers bestehen. Diese könnten möglicherweise sogar im Rahmen der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte stattfinden.

Great Engineers wartet mit einem gut funktionierenden Konzept auf, dessen Handlungsebenen ein Seminar und ein Internetlexikon sind und durch das wirksam Wissen und Spaß an Bautechnikgeschichte vermittelt wird. Trotz des bisher erreichten Standes bietet Great Engineers ein großes Entwicklungspotenzial, das zum Mitmachen einlädt. Mit diesen Worten sind Sie herzlich zur Kooperation und Mitwirkung eingeladen!

## Literatur

[BTU 2013]: BTU Cottbus: WS12 – Vertiefung Bautechnikgeschichte (Seminar 281204, W. Lorenz). Auswertung der Seminarbewertungsbögen vom 13.02.2013.

[Giese 2009]: Giese, Stefan: Mimar Sinan Published in the World Wide Web, in: Proceedings of the Third International Congress on Construction History, Brandenburg University of Technology Cottbus, Germany, 20<sup>th</sup>–24<sup>th</sup> May 2009, Vol. 2, S. 697–704, 2009.

[www.great-engineers.de](http://www.great-engineers.de)

[www.structurae.de](http://www.structurae.de)

## Zur Geschichte der Bau-Arbeitsgerüste

### Einführung

Arbeitsgerüste zur Erstellung von Hochbauten haben an historischen Baudenkmälern bestimmungsgemäß meist nur geringe Spuren hinterlassen. Allerdings sind häufig Rüstlöcher zu identifizieren: Entweder sind die Löcher offengelassen oder nur mit vergänglichem Material verschlossen worden, oder es lassen sich bei genauem Hinsehen auffällige quadratische Verschlusssteine als Hinweis auf ehemals vorhandene Rüstlöcher erkennen. Zur Interpretation der Rüstloch-Befunde ist das Einbeziehen zeitgenössischer Bildzeugnisse unentbehrlich. Für die Gerüste mittelalterlicher Monumentalbauten hat Günther Binding die Auswertung derartiger Bildquellen in umfassender und vorbildlicher Weise vorgenommen [Binding 1993, S. 427–445]. Im Abgleich mit dem Baubefund lassen sich somit am mittelalterlichen Bauwerk vorsichtige Rückschlüsse auf die Gerüsttechnik ziehen.

An neuzeitlichen Putzbauten nördlich der Alpen fehlen die Rüstlöcher meist, da sie dauerhaft verschlossen und überputzt worden sind. Lediglich an der roh belassenen Innenseite von (Kirch-)Türmen oder Giebelwänden sowie an Sichtbacksteinbauten sind Rüstlöcher hierzulande auch an Bauwerken der Renaissance- und Barockzeit recht häufig aufzufinden. Ein charakteristisches Beispiel aus der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts ist die Hofkirche in Neuburg/Donau (Abb. 1). Der vorliegende Beitrag versucht, nach dem Vorbild von [Binding 1993] anhand schriftlicher und bildlicher Quellen die Geschichte des Bau-Arbeitsgerüstes vom Mittelalter bis in die angehende Moderne fortzuschreiben.

Binding kommt zu dem Schluss, dass im Mittelalter vor allem »Auslegergerüste« verwendet worden seien, also Arbeitsplattformen, die auf horizontal aus der zu erstellenden Wand auskragenden Rüsthölzern auflagen [Binding 1993, S. 427–445]. Bei reinen Auslegergerüsten wird man sich in der Regel die Rüsthölzer als Rundhölzer oder als wenig bearbeitete Balken vorstellen müssen. Erst ab dem 14. Jahrhundert sind nach Binding nördlich der Alpen auch »Stangengerüste« verwendet worden. Diese wurden durch vertikale, in den Boden eingespannte »Rüstbäume« im Abstand von 1–1,5 m vor der Wand getragen, die durch horizontale »Streichstangen« verbunden waren, welche mit Stricken an den vertikalen Rüstbäumen angebunden waren und als Auflager für die »Riegel« oder Fußbodenträger der Laufebenen dienten, die am anderen Ende in die Wand einbanden. Als Laufebenenkonstruktion sei neben Bohlen auch Flechtwerk eingesetzt worden [Binding 1993, S. 428].



1 Rüstlöcher an der Innenseite des Turms der Hofkirche in Neuburg/Donau (1. Hälfte 17. Jh.)

Die Gerüstformen, die Binding anhand der mittelalterlichen Abbildungen beschreibt, sind nicht ohne Weiteres auch für das Bauwesen der Frühen Neuzeit anzunehmen. Bei der Rekonstruktion frühneuzeitlicher Gerüste sind insbesondere folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

1. »Leichte Gerüste« (Auslegergerüste, Gerüste mit Flechtwerk-Laufbahnen, mit Stricken angebundene Rüststangen) sind nur möglich, wenn das Gerüst nur geringe Lasten aufnehmen muss. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn das Material (z.B. Mauersteine, Mörtel) kontinuierlich durch Träger an den Ort seiner Bestimmung gebracht wird, sodass das Gerüst nur ein bis zwei Personen tragen muss. Nur in solchen Fällen sind »Auslegergerüste« denkbar, bei denen »die Mauermasse als Auflast« diente und »das Abkippen« verhinderte [Binding 1993, S. 427]. Bei Türmen bietet es sich zum Beispiel an, das Material im Turminneren zu befördern, sodass nur der die Steine versetzende Maurer selbst auf der Gerüstplattform stehen muss. Bei Werksteinbauten, bei denen große Steinblöcke zu bewegen sind, ist hingegen eine Verwendung leichter Gerüste nur dann möglich, wenn die erforderlichen schweren Hebezeuge auf dem Bauwerk selbst stehen, wie dies von Abbildungen mittelalterlicher Dombaustellen bekannt ist. Auch

die Abbildung eines auskragenden Arbeitsgerüstes bei Besson ist so zu interpretieren [Besson 1578, Taf. 35].

2. Ein auskragendes Gerüst erfordert Rüstlöcher, die weit in die Wand einbinden oder sogar durch sie hindurchgehen, um eine ausreichende Einspannwirkung zu erreichen. Da die jeweils nächste Arbeitsebene erst mit Bohlen belegt und betreten werden kann, wenn die erforderliche Auflast durch einige Mauerwerksschichten vorhanden ist, die von der darunterliegenden Arbeitsebene verlegt werden müssen, funktioniert das Prinzip nur bei einer sehr dichten Abfolge von Rüstebenen (ca. 60 cm), wie sie in der Tat an mittelalterlichen Bauten und auch an den bereits erwähnten frühneuzeitlichen Türmen (Abb. 1) häufig konstatiert werden kann. Bei Türmen bieten sich diagonal über die Mauerwerksecken gelegte Rüsthölzer an, um eine gute Einspannung zu erzielen (vgl. auch frühneuzeitliche Bildquellen wie die Darstellung der »Civitas« im Augsburger Rathaus [Holl 1985, S. 166 und 243] oder das Deckenfresko der Wallfahrtskirche Inchenhofen/Schwaben). Das Auslegergerüst ist überdies nur bei großen Wandstärken anwendbar, weil sonst die Einspannung in die noch unfertige Wand zu schwach und unzuverlässig ist. Bei städtischen Wohnhausbauten ist es somit nicht anwendbar.
3. Baugerüste für mehrstöckige Privathäuser mussten auf engem Raum errichtet werden, um den Verkehr auf der angrenzenden Gasse oder Straße nicht über Gebühr zu behindern. Hebezeuge mussten direkt auf dem Gerüst angebracht werden, um angeliefertes Material möglichst schnell und direkt vom Wagen in der Gasse an seinen Bestimmungsort bringen zu können. Überdies stellte für städtische Bauvorhaben der Schutz der Passanten gegen herabfallende Materialien eine wichtige Randbedingung dar. Auch die Arbeitssicherheit der auf dem Gerüst beschäftigten Personen erfuhr in der Frühen Neuzeit wachsende Beachtung. All dies sind Randbedingungen, die bei mittelalterlichen Kathedralbaustellen nicht in gleichem Maße zu berücksichtigen waren.
4. Die schnelle Entwicklung zum immer höheren, mehrstöckigen städtischen (privaten oder öffentlichen) Massivbau während der Frühen Neuzeit stellte somit Anforderungen, die weder mit den Rüsttechniken des Mittelalters noch mit der Aufstelltechnik des Fachwerkhauses, bei der das Bauwerk selbst sein eigenes Gerüst ist, bewältigt werden konnten.
5. Beim städtischen Bauwesen der Frühen Neuzeit spielte die Demontierbarkeit und Wiederverwend-

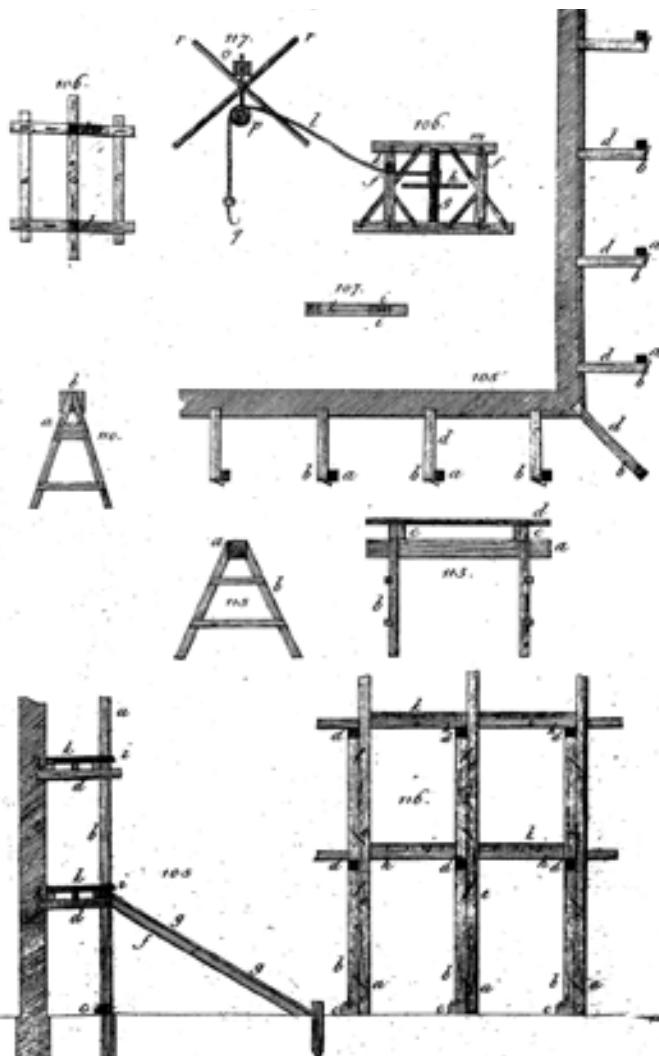
barkeit des Gerüstes eine wachsende wirtschaftliche Rolle. Bei vielen mittelalterlichen Langzeitbaustellen konnte das Rüstholtz wohl im Nachhinein ohnehin nur als Brennholz weitere Verwendung finden; arbeitsintensive Vorgänge wie das Bebeilen zu Kantholz oder aufwendige konstruktive Ausbildungen wurden daher vermieden, und es wurde darauf geachtet, möglichst mit billigem, dünnem Holz auszukommen. Bei frühneuzeitlichen Gerüsten für Privatbauten und öffentliche Bauten, die durch Generalunternehmer aufgeführt wurden, ist von veränderten ökonomischen Vorzeichen auszugehen.

Letztlich haben die vorstehenden Bedingungen zur Entwicklung des modernen Arbeitsgerüstes aus Stahl- oder Aluminiumstangen geführt. Stabile Gerüstverankerung, Aussteifung durch Diagonalen, tragfähige Laufböden und schnelle Montage und Demontage sind heute Selbstverständlichkeiten. Im vorliegenden Beitrag wird anhand schriftlicher, dinglicher und bildlicher Zeugnisse der Frühen Neuzeit (Abb. 2) die Brücke von den mittelalterlichen Ausprägungen des Arbeitsgerüstes zum modernen Arbeitsgerüst geschlagen. Im Gegensatz zu den mittelalterlichen Bildzeugnissen gestatten die neuzeitlichen Quellen auch eine präzise Rekonstruktion der konstruktiven Detailausbildung der beschriebenen Gerüste.

Der Bau der Gerüste war typischerweise Teil der Tätigkeit des Maurers, wie zum Beispiel Franz Sax 1814 berichtet: »Ein besonderes Geschäft des Maurers ist auch die Herstellung des Gerüstes in- und außerhalb des zu bauenden Gebäudes« [Sax 1814, Bd. 2, S. 85]. Hölzerne Gerüste zeichnen sich daher meist durch das Fehlen typischer Elemente des zimmermannsmäßigen Holzabbaus aus: Es gibt keine zimmermannsmäßigen Holzverbindungen wie Zapfen oder Blätter, die Balken selbst sind oft rund belassen, und auch die Holznägel des Zimmerers kommen seltener vor, während eiserne Nägel und Klammern vergleichsweise häufiger verwendet werden. Lediglich bei Lehrgerüsten von Brücken und bei anderen Traggerüsten, die hohe Lasten aufzunehmen hatten, wird man davon ausgehen müssen, dass sie von Zimmerleuten aufgerichtet wurden. Auch bei wiederverwendbaren Arbeitsgerüsten ist ein höherer Bearbeitungsaufwand anzunehmen und somit eine Herstellung durch Zimmerleute wahrscheinlich.

### Bockgerüste

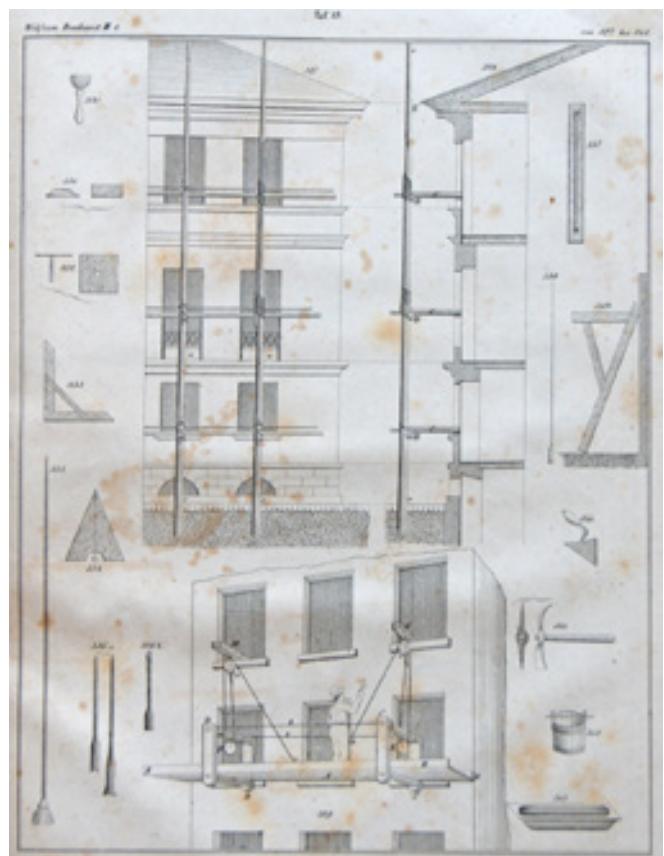
Im einfachsten Falle besteht ein Gerüst aus Böcken, auf die eine Laufebene aus Rüstbrettern aufgelegt wird (Abb. 2): »Diese Böcke werden von verschiedener Höhe gestaltet, zuerst die niedern, dann bey erfordernder mehrerer Höhe die niedern weg geräumt, und die höhern verwendet; sohin, wenn es nothwendig ist, werden auch die



2 Bock- und Stangengerüste [aus: Sax 1814, Bd. 2, Taf. VII]

niedern auf die höhern Böcke, oder viel mehr auf derselben mit Bretern belegten Fußboden aufgestellt, und wieder mit Bretern belegt, damit der arbeitende Maurer darauf stehen könne.« [Koller 1800, Bd. 1, S. 307]. Derartige Bockgerüste waren nur bei Bauten von geringer Höhe anwendbar. Zum Material schrieb Ludwig Friedrich Wolfram 1839: »Sie werden 6–10 Fuß hoch aus 5–6zölligem (Kreuz-) Holze oder Bohlstücken zusammengesetzt, den gewöhnlichen Holzsägböcken ähnlich.« [Wolfram 1839, S. 38]

Zur Wiederverwendbarkeit von Bockgerüsten bemerkte Franz Sax 1814: »Die Stadtmaurermeister, welche immer zu bauen haben, daher einen und den nämlichen Schrägen [Bock] öfters brauchen können, lassen die Schrägen zum Auseinanderlegen richten [...]. Nach Wegräumung des Gerüstes wird der obere Balken [...] wieder herausgeschlagen, und auf diese Art von den Füßen getrennt, und abgesondert in der Zeugkammer zum ferernen Gebrauche aufbewahret.« [Sax 1814, Bd. 2, S. 85].



3 Stangengerüste und fliegende Gerüste [aus: Wolfram 1839, Taf. 19]

Das Bockgerüst ist auch ohne Verbindung mit dem Bauwerk standfest und war daher auch bei Renovierungsarbeiten an bestehenden Bauten anwendbar, ohne dass Befestigungen am Bauwerk angebracht werden mussten. Bildliche Darstellungen von Bockgerüsten finden sich vor Sax schon bei Zabaglia [Zabaglia 1743, Taf. 20] und Koller [Koller 1800, Taf. 55]. Die Seltenheit der bildlichen Darstellung korrespondiert sicherlich nicht mit der Seltenheit der Anwendung, sondern mit der Alltäglichkeit der Konstruktion. Die Abbildung bei Zabaglia zeigt zu abenteuerlicher Höhe aufgestapelte Bockgerüste [Zabaglia 1743, Taf. 20].

### Stangengerüste

Sobald ein frei aus der Wand auskragendes Gerüst bestimmt ist, höhere Lasten zu tragen, muss es wenigstens in größeren Abständen durch vertikale, vom Boden aufsteigende »Rüstbäume« unterstützt werden. Darstellungen derartiger Gerüste bietet zum Beispiel Pieter Bruegels

bekanntes Gemälde des Turmbaus zu Babel (1563, Kunsthistorisches Museum, Wien). Die aus den Rüstdlöchern am Bau vorkragenden horizontalen Rüstholzer sind mit Stricken an lange, vertikale Rütbäume angebunden. Die Rütbäume stehen bei Bruegel offenbar stumpf auf dem Boden, ohne in diesen einzubinden. Werden die Rütbäume in den Boden eingespannt, so sind auch freistehende Gerüste möglich. Eine frühe Abbildung eines freistehenden Stangengerüstes, die auch konstruktive Details zeigt, findet sich bei Cesariano [Cesariano 1521, fol. 165r]. Cesarianos Gerüst besteht aus regelmäßig bebeilten Balken und wirkt deutlich solider als Bruegels improvisierte Konstruktionen. Zur Verbindung der Gerüstbodenträger mit den Rütbäumen sind bei Cesariano zwei Varianten dargestellt: Eine davon zeigt eine Verbindung mit Stricken, die andere basiert auf angenagelten Konsolen. Möglicherweise dienen die Stricke jedoch auch nur zur zusätzlichen Sicherung der genagelten Verbindung. Eine ähnliche Konstruktion eines freistehenden, aus sauber gezimmerten Balken bestehenden Arbeitsgerüstes mit in den Boden eingespannten, verkeilten Rütbäumen findet sich bei Rusconi [Rusconi 1590, S. 111]. Die Darstellung Rusconis lässt bezüglich der Fügetechnik Interpretationsspielraum: Möglicherweise sind eiserne Verbindungsmitte gemeint. Im Gegensatz zu Cesariano verzichtet Rusconi auf austiefende Auskreuzungen zwischen den Rütbäumen.

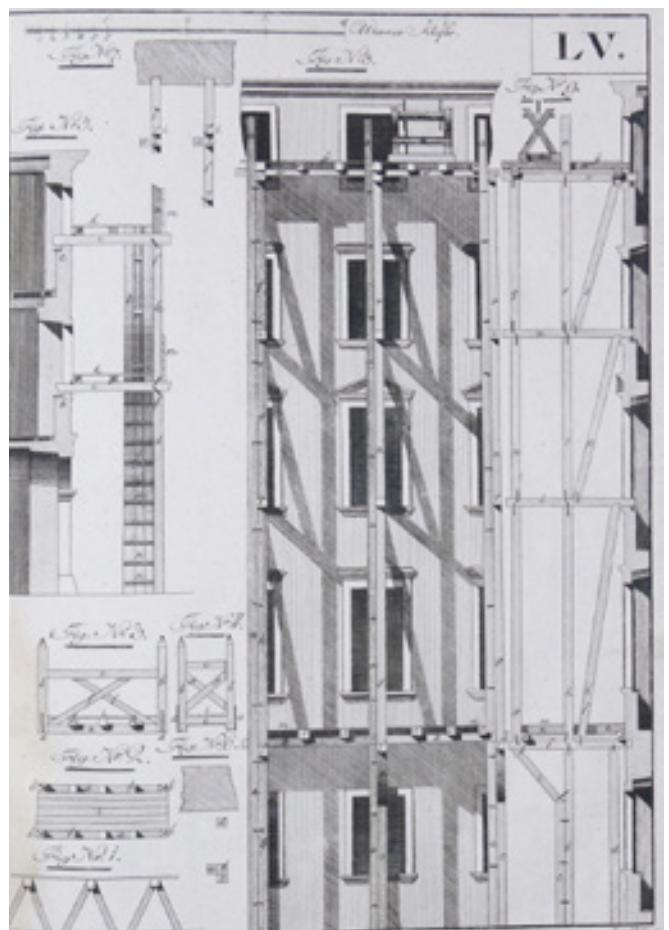
Noch im frühen 19. Jahrhundert waren gebundene Stangengerüste üblich, vor allem bei innerstädtischen Bauten, bei denen als zweites Auflager die zu erbauende Wand selbst dienen konnte (Abb. 3): Die Rüstholzer liegen



4 Modell des Gerüsts zur Aufstockung des Perlachturms in Augsburg, 1614. Links: Gesamtansicht der Westseite (Foto: Maximilianmuseum, Augsburg); rechts: Detail

laut Wolfram »an den lothrechten Rüststangen, entweder auf angenagelten Knaggen (Tragstücken), indem sie außerdem auch noch mit Stricken (Anwürgstricken) an die Bäume befestigt werden, oder man legt sie auf Streichstangen (Karinien, Streichbäume), ungetrennte oder einmal aufgetrennte starke Rüststangen, die wagrecht an die lothrechten Bäume, nach der verlangten Eintheilung der Bettungshöhen, angebunden werden.« [Wolfram 1839, S. 38] Die Verbindung mit Stricken erleichtert das Abbauen und die Wiederverwendung des Gerüstmaterials; Gerüste, die nur auf Strickverbindungen basierten, dürften allerdings nur geringe Tragfähigkeit besessen haben, sodass man wohl meist von zusätzlicher Nagelung ausgehen muss.

Von den bisher beschriebenen Stangengerüsten weichen dokumentierte Gerüste für innerstädtische Bauten der Barockzeit in einem wichtigen Detail ab: Die in den Boden eingespannten Rütbäume dienen bei diesen Gerüsten lediglich der Aussteifung der Gerüstkonstruktion, während die Gerüstböden von separaten, an die Rütbäume angelehnten, nur über jeweils ein Stockwerk reichenden kurzen Hölzern getragen werden (»Pilze«). Detaillierten Aufschluss über die Konstruktion hoher Stangengerüste gibt vor allem das Entwurfsmodell des Ge-



5 Stangengerüste [aus: Koller 1800, Taf. 55]

rüstes zur Aufstockung des Perlachturms in Augsburg, das im dortigen Maximilianmuseum aufbewahrt wird (Abb. 4). Das Gerüst wurde vom Stadtbaumeister Elias Holl 1614 errichtet, um den Perlachturm um eine Glockenstube zu erhöhen, in die die Glocken des zum Abriss bestimmten alten Rathauses verbracht werden sollten [vgl. Holl 1985, S. 330–331 und 355, Roeck 1985, S. 182–185, und Emmerdörfer 2004, S. 92]. In der Familienchronik berichtet Holl ausführlich: »1614, den 10. Nov., habe ich in dem Nahmen Gottes an dem Perlach-Thurn zu rüsten angefangen und die zwei Stand-Bäum gegen den Platz aufgericht und in der Erde 5 Schuh tief einmauren lassen. Diese Holz waren das Fundament des ganzen Gerüsts, in die Vierung 14 Zoll dick und 66 Schuh hoch. Wurden hernach am weiter Fortrüsten in die Höhe noch zweymal solche hoch darauf gestellt und aneinander blattet und mit Eisen angegliedert und zusammen verfestet.« [Holl/Meyer 1910, S. 62] Holls Gerüst hatte mit Randbedingungen zu rechnen, die nicht ganz alltäglich waren: Da der Turm an der Ostseite nicht freistand, sondern dort die Paulskirche anschloss, konnten die Rüstpäume nur auf der Westseite bis auf die Geländeoberkante herabgeführt und in den Boden eingespannt werden. An Nord- und Südseite standen die Rüstpäume mittels Schwellhölzern auf den seitlichen Erdgeschoss-Anbauten des Turms.

Holl löste das Problem der nötigen Aussteifung des Arbeitsgerüstes, ohne in den Bestand einzugreifen (»Und ist an diesen sieben Gerüsten kein einziges Löchlein in den Thurn eingebrochen worden« [Holl/Meyer 1910, S. 63]). Dazu wurden zusätzlich zu den freistehenden Rüstpäumen vor der Westseite des Turms in jedem Stockwerk vier »Pilze« an den Turmecken angeordnet und durch umlaufende horizontale Balken- bzw. Bohlenringe an den Turm eingespannt (»Es waren die Gerüst dieses Thurns so wunderbar gemacht und um den Thurn in die Vierung herum zusammen geschlossen wie eine bevierte Rahm von lauter Zimmerholz.« [Holl/Meyer 1910, S. 64]). Auch diese »Pilze« trugen die Laufböden bzw. Streichstangen. Holl betont selbst bei diesem Spezial-Gerüst: »Habe alles durch meine eigne Leuth und Maurer machen lassen; hatte nur einen Zimmermann, der mir sonst das ganze Jahr über an allen Gebäuden gearbeitet und rüstete, wie ichs ihm angab.« [Holl/Meyer 1910, S. 63]. Entsprechend kam Holls Gerüst mit einem Minimum an zimmermannsmäßigen Verbindungen aus: Am Modell sind lediglich die Längsstöße der Rüstpäume als Blattstoß ausgeführt, während alle anderen Verbindungen mit eisernen Verbindungsmitteln (Nägeln, Eisenklammern) oder als Stumpfstöße ausgeführt sind.

Zieht man von Holls Gerüst diejenigen Elemente ab, die der komplexen Spezialsituation geschuldet waren, so bleibt ein Stangengerüst übrig, das exakt den Beschreibungen entspricht, die um 1800 von Koller [Koller 1800, S. 307–312] und Sax [Sax 1814, S. 86–87] gegeben wurden (Abb. 5).

Die durchgehenden Rüstpäume bezeichnet Koller als »Langdehnen (das sind lange Bäume nach Maß der Höhe des Gebäudes, welche unterhalb in so weit sie tief in der Erde eingesetzt, rund gelassen, außer der Erde aber meistens wegen der besseren Verbindung vierkantig, auch wohl nur auf zwey Seiten behaut werden)« [Koller 1800, Bd. 1, S. 307]. Die einzelnen Laufbodenträger beschreibt er wie folgt: »Sohin wird ein Holz auf die Höhe [...] in die Länge abgeschnitten, und dieses Holz, welches sodann Pilz genannt wird, an der Langdehne mit eisernen Klammern verfestigt.« [Koller 1800, Bd. 1, S. 307] In der Tat wird Kollers Gerüst durch die »provisorisch« wirkenden Befestigungen mithilfe eiserner »Bauklammern« charakterisiert (Abb. 5). Aus derselben Wiener Baupraxis wie Koller berichtet Sax 1814 von Gerüsten mit »Lantenen ... diese Bezeichnung ist local«: »Zu jeder dieser Lantenen muß eine 4 bis 5 Schuh tiefe Grube ausgegraben werden, in welche derselbe perpendicular (schrotwichtig) eingesetzt, und sorgfältig verstoßen wird damit sie fest stehe, und sich in dem augesetzten Stande schrotwichtig erhalte [...]. Um mit diesem theuren Holze zu sparen, setzen viele die Lantenen auch auf 3 bis 4 Klafter weit von einander. Geraude darneben, und in einer gleichen Flucht oder Linie stelle sonach der Maurer andere, jedoch nur so hohe Säulen auf, als das Gerüst in der ersten Höhenabtheilung werden soll [...]. Auf diese Säulen legt er sonach die Balken oder Riegel, welche mit dem einen Ende, etwa auf 6 bis 9 Zoll, in die bis zur ersten Höhe schon fertig gewordene Mauer eingreifen, nachdem die Säulen mit den Lantenen durch mehrere Gerüstklammern in ein Ganzes verbunden worden sind.« [Sax 1814, Bd. 2, S. 86]

Jedwede Gerüstkonstruktion mit Rüstpäumen führt dazu, dass die Rüstlöcher in verschiedenen Höhenlagen exakt vertikal übereinanderliegen. An südeuropäischen Bauwerken, bei denen man es oftmals mit dem Verschließen der Rüstlöcher nicht ganz streng gesehen hat, lässt sich eine derartige Anordnung oft beobachten. Der entgegengesetzte Fall nicht vertikal angeordneter Löcher, der auf Verwendung von Auslegergerüsten deutet, ist dort allerdings bis zum frühen 19. Jahrhundert nicht minder häufig zu konstatieren.

### Resümee

Die Quellenzitate um 1800 im Vergleich zum Holl-Modell aus dem frühen 17. Jahrhundert zeigen, dass sich die Technologie des Bau-Arbeitsgerüstes in der Frühen Neuzeit jahrhundertelang kaum fortentwickelt hat. Neben der bekannten Konstruktionsart, die allein auf Strickverbindungen aufbaut (so noch bei [Claudel/Laroque 1850, S. 147] und vor allem auch in der modernen Literatur, etwa bei [Fitchen 1961, *passim*]), kommt gerade bei Hochbauten mit Sicherheit auch dem Gerüst mit »Langdehnen/Lantenen« und »Pilzen« eine große Bedeutung zu. Beide

Konstruktionsarten vermeiden zimmermannsmäßige Verbindungen. Bei Traggerüsten (etwa Lehrgerüsten für Bögen und Gewölbe) erscheint angesichts der schon bei reinen Arbeitsgerüsten vorzufindenden Konstruktionsvielfalt die Verbindung mit Stricken aufgrund der geringen Tragfähigkeit als wenig wahrscheinlich, sodass der beliebte Rückschluss von in den Quellen dokumentierten Ausgaben für Seile auf entsprechende Gerüstkonstruktionen wohl auf schwachen Füßen steht. Seile waren in jedem Fall auch bei »Lantenen«-Gerüsten nötig.

## Literatur

- [Besson 1578]: Besson, Jacques: *Theatrum Instrumentorum et Machinarum. Cum Franc. Beroaldi figurarum declaratione demonstrativa.* Lugdunum: Barth. Vincen-tius 1578.
- [Binding 1993]: Binding, Günther: *Baubetrieb im Mittel-alter.* Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft 1993.
- [Cesariano 1521]: Cesariano, Cesare: *Di Lucio Vitruuio Polione de Architectura Libri Dece traducti de latino.* Como: Gotardus de Ponte 1521.
- [Claudel/Laroque 1850]: Claudel, J.; Laroque, L.: *Pratique de l'art de construire.* Paris: Carilian-Goeury 1850.
- [Emmendorfer 2004]: Emmendorfer, Christoph: *Das Ma-ximilianmuseum.* Augsburg: Stadt- und Staatsbiblio-thek 2004.
- [Fitchen 1961]: Fitchen, John: *The construction of gothic cathedrals.* Oxford: Oxford University Press 1961.
- [Holl 1985]: Baer, Wolfgang; Kruft, Hanno-Walter; Roeck, Bernd (Hg.): Elias Holl und das Augsburger Rathaus. Ausstellungskatalog. Regensburg: Pustet 1985.
- [Holl/Meyer 1910]: Meyer, Christian: *Die Hauschronik der Familie Holl (1487–1646).* München: Selbstverlag 1910.
- [Koller 1800]: Koller, Matthias Fortunat: *Der practische Baubeamte.* 2. Aufl. Wien: Alberti 1800.
- [Roeck 1985]: Roeck, Bernd: Elias Holl. Architekt einer europäischen Stadt. Regensburg: Pustet 1985.
- [Rusconi 1590]: Rusconio, Giovanantonio: *Della Archi-tettura.* Venedig: Gioliti, 1590.
- [Sax 1814]: Sax, Franz: *Bau-Technologie und Bau-Ökono-mie.* Wien: Doll, 1814.
- [Wolfram 1839]: Wolfram, Ludwig Friedrich: *Lehre von der Ausführung der Hochgebäude in allen ihren masiven [!] Theilen.* Stuttgart: Hoffmann und Wien: Gerold, 1839.
- [Zabaglia 1743]: Zabaglia, Nicola: *Contignationes ac Pontes.* Rom: Typographia Palladis, 1743.

## Die Entwicklung des sogenannten Möllerträgers in Braunschweig

»Vor 21 Jahren ist von mir die Ausführung der Gurtträgerbrücke in Vorschlag gebracht, welche Bauweise seit jener Zeit in über 500 Fällen Anwendung gefunden hat. Ihre Vorteile liegen in der Einfachheit der Bauausführung, welche eine schnelle Herstellung gestattet und eine sichere Verbindung der gezogenen Eisen mit dem Beton der Trägerdruckzone herbeiführt.«<sup>1</sup> Diese knappen Ausführungen des Bauingenieurs und Regierungsbaumeisters Prof. Max Möller (1854–1935) beschreiben eine innovative Betonbrückenbauweise des beginnenden 20. Jahrhunderts, die in Braunschweig experimentell entwickelt und als Patent der dortigen Baufirma Drenckhahn & Sudhop in großem Umfang bei Brücken- und Deckenkonstruktionen eingesetzt wurde.<sup>2</sup>

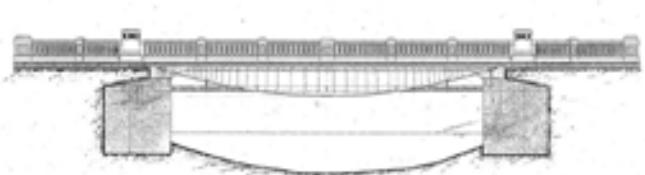
Fast hundert Jahre später wurde in Braunschweig ein hervorragendes technisches Denkmal nach eben dieser Bauart Möller (1904), die Fallersleber-Tor-Brücke über den innerstädtischen Okerumflutgraben, abgebrochen und durch einen Neubau ersetzt. In diesem Zusammenhang hatten die Institute für Bauwerkserhaltung und Tragwerk sowie Tragwerkslehre der TU Braunschweig eine Dokumentation der Brückenkonstruktion angefertigt, die in denkmalpflegerischer und bautechnikgeschichtlicher Hinsicht von Interesse ist.<sup>3</sup> Zum Verständnis dieses besonderen Tragsystems konnte ein einzelner Möllerträger gesichert und auf dem Gelände der TU Braunschweig aufgestellt werden.

Möller war 1890 auf die Professur für Wasserbau, Holz- und Steinbrückenbau der Herzoglich Technischen Hochschule Braunschweig berufen worden.<sup>4</sup> Durch experimentelle Untersuchungen zur Feuerfestigkeit eiserner Konstruktionen lenkte er sein Interesse sowohl auf die Materialprüfung als auch und vor allem auf die Verwendung des Materials Eisenbeton. Er wurde 1895 Mitbegründer des Deutschen Betonvereins. Möller befasste sich als konstruktiver Ingenieur sehr intensiv mit der Entwicklung neuer Stahlbetonkonstruktionen, mit empirischen Untersuchungen an Konstruktionen und der Prüfung von Materialfestigkeiten im Labor und am Bauwerk, nicht zuletzt, um dadurch neuen Konstruktionen zum Durchbruch zu verhelfen und die seinerzeit verbesserungswürdigen Modellierungs- und Berechnungsansätze zu präzisieren. Da die Technische Hochschule Braunschweig gerade im Bereich der Materialprüfung damals noch unzureichend ausgestattet war, suchte er sich Partner bei örtlichen Bauunternehmungen.<sup>5</sup> Auf Einladung des Stadtbaumeisters Menadier nahm Möller im Juni 1892 auf dem Werkplatz

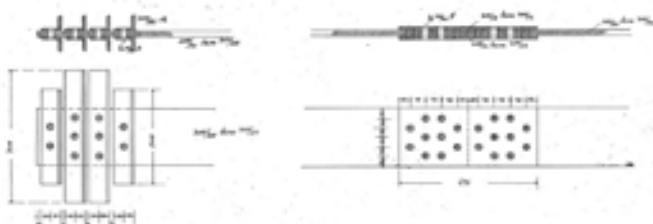


1 Fallersleber-Tor-Brücke, Braunschweig, Abbruch 2009 (Foto: Rosner)

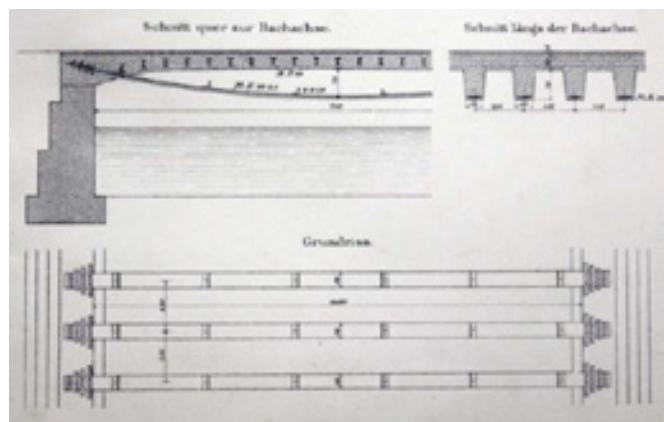
der Firma des Architekten Georg Drenckhahn und des Kaufmanns Carl Sudhop in Braunschweig an Bruchfestigkeitsprüfungen von Betonkörpern teil.<sup>6</sup> Statt bekannte Konstruktionen zu verfeinern, lag das vornehmliche Ziel der anschließenden Zusammenarbeit Möllers mit der Baufirma in der Entwicklung von neuen patentfähigen Konstruktionen. Hier trafen sich im positiven Sinne Geschäftssinn und Erfindergeist. Ein Jahr später legte er mit der Firma eine neuartige Konstruktion für Träger aus Beton vor: seine bekannteste Entwicklung, die später nach ihm benannte Trägerdecke der »Bauweise Möller« oder einfach »der Möllerträger«.<sup>7</sup> Es handelte sich um eine Plattenbalkenkonstruktion, die nach Möllers Patent in einer Mischkonstruktion ein Flacheisen als Zuggurt mit einem fischbauchartig gebogenen, unbewehrten Betonrippenträger verbindet. Das Patentamt hatte seinerzeit große Bedenken angemeldet: »eine solche Mischmaschkonstruktion aus Eisen und Massivmaterial wird kein vernünftiger Baumeister anwenden.«<sup>8</sup> Die »Bauart Möller« wurde stattdessen aber ein großer Erfolg und kam laut den eingangs zitierten Angaben Möllers bei über 500 Bauwerken zur Anwendung. Der Entwicklung des Trägers lagen sowohl statisch-konstruktive wie auch wirtschaftliche Überlegungen zur Herstellung zugrunde. Dem Momentenverlauf folgende parabelförmige Fischbauchträger sind seit Anfang des 19. Jahrhunderts als Fachwerkkonstruktionen



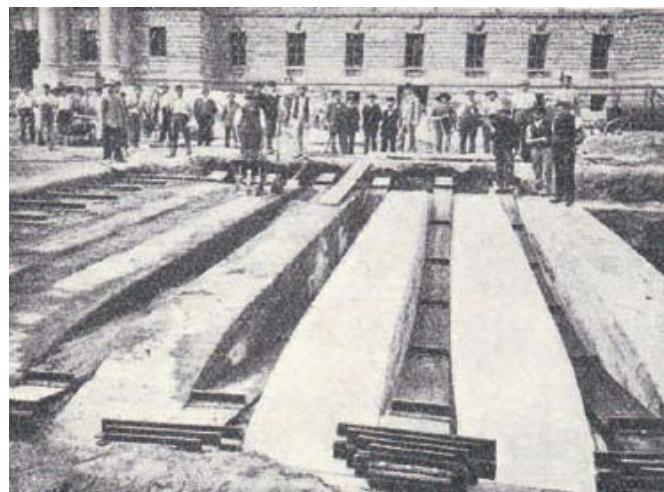
2 Fallersleber-Tor-Brücke, Querschnitt, 1904 [Brückenakte Plan Nr. 22, Tiefbauamt Stadt Braunschweig]



3 Fallersleber-Tor-Brücke, Verbindungsdetails, 1904 [Brückenakte Plan Nr. 10, Tiefbauamt Stadt Braunschweig]



4 Pleisse-Mühlengraben in Leipzig [Möller 1897, Bl. 17, Ausschnitt / Firmenschrift 1904]



5 Pleisse-Mühlengraben in Leipzig [Möller 1897, Bl. 17, Ausschnitt / Firmenschrift 1904]

bekannt.<sup>9</sup> Sie zeichnen sich dadurch aus, dass im Träger die Zug- und die Druckzonen separiert werden und in der Trägermitte, also im Bereich der maximalen Biegemomente, auch die größte statisch wirksame Höhe vorliegt. Möller legte in die Zugzone ein Flacheisen, das mit wenigen aufgenieteten Winkeln mit dem Betonsteg verbunden war. Darüber hinaus war im Beton keine oder nur geringfügige Bewehrung eingebracht.

In den Entwurfszeichnungen zur Fallersleber-Tor-Brücke waren im Schubbereich einige s-förmige Eisen eingetragen. An den Auflagern wurden die Zugbänder mit mehreren hintereinanderliegenden Winkeleisen im Auflagerbeton verankert. Im Bereich dieser Auflager war der Trägerverlauf angevoutet und bildete dort zusammen mit der Platte einen massiven Endquerträger. Die Platte war in der Lage, die Zugkräfte aus der Zugbandverankerung als Druckkräfte aufzunehmen. Die Möller'sche Trägerkonstruktion ist folglich ein Plattenbalken mit separatem Zugband in den Balken. Der Verbund und die Verankerung zwischen Beton und Flacheisen mittels Winkeleisen ist natürlich nicht als Verbundkonstruktion im heutigen Sinne zu verstehen. Der Empfehlung von Matthias Koenen, jene Winkel bei größeren Ausführungen mittels Zuganker an der Betondecke zu befestigen, hatte Möller mit Recht entgegnet, dass sogar bei Fehlen der kleinen Querwinkel und Störung des Haftvermögens zwischen Beton und Eisen keine Einsturzgefährdung des Trägers zu befürchten sei.<sup>10</sup> Die Platte, die über relativ dicht angeordnete Träger spannte, war entweder unbewehrt oder mit Rundeisen bzw. mit Walzprofilen bewehrt.

Bei der Herstellung der Möllerträger wurde das hängende Flacheisen als Schalung genutzt. Der Raum zwischen den Trägern wurde mit Schalträgern als Hohlkörper geschlossen. Die Bauweise, die einen relativ geringen Schalungsaufwand und lediglich einen Betoniervorgang erforderte, galt als besonders wirtschaftlich. Nach eigenen Angaben der Baufirma lag ein besonderer Vorteil darin, »dass unsere Trägerdecke keinen Schub auf die Widerlager (Wände) ausübt, sodass letztere infolge des nur senkrecht wirkenden Auflagerdruckes nur ebenso geringe Stärken erhalten wie bei Anwendung einer Holzkonstruktion; sehr fällt dies bei Brückenbauten ins Gewicht, da die massive Brückentafel gleichzeitig die Widerlager gegen den Erddruck aussteift.«<sup>11</sup> Durch diesen Vorteil konnte man auch bei den Braunschweiger Brücken die vorhandenen massiven Widerlager der zumeist hölzernen Vorgängerbrücken für die neuen Brückenkonstruktionen erhalten und weiternutzen.

Möllers Untersuchungen zur Feuerfestigkeit hatten ihn zudem veranlasst, bei einigen Decken- und Brückenkonstruktionen wie der Überdeckung des Pleisse-Mühlengrabens in Leipzig das Zugeisen mit einem Drahtnetz zu umhüllen und zu verputzen.<sup>12</sup> Um schlanke Betonkörper mit optimalen Eigenschaften in Bezug auf Wetterbestän-

digkeit und Festigkeit zu entwickeln, hatte er beispielsweise 1894 als vorzüglichste Betonmischung empfohlen: »1 Volumentheil Zement,  $2\frac{3}{4}$  Sand und 3 Theile harten Stein-schlag.<sup>13</sup>

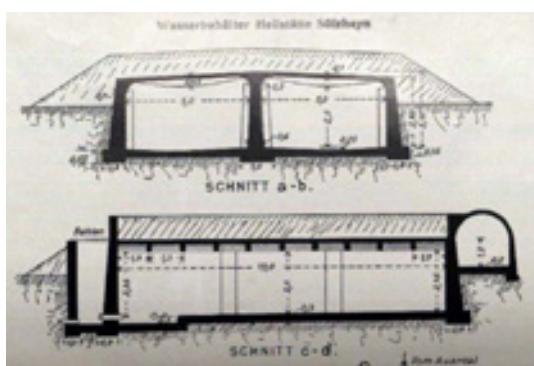
In der Nachbarschaft des ehemaligen Bauhofes der Baufirma Drenckhahn & Sudhop im Bereich des ehemaligen Westbahnhofes von Braunschweig ist nun vor Kurzem eine weitere Konstruktion, hier allerdings als Deckenkonstruktion eines sogenannten »Bananen-Kellers« der Firma Brachvogel entdeckt worden. Die benachbarte Firma Brachvogel war auf den Import nordischer, russischer und amerikanischer Hölzer spezialisiert. In den Firmenschriften von Drenckhahn & Sudhop finden sich vergleichbare Bauten, die als Wasserbehälter konzipiert, auch zweifeldrig angelegt und mit Erdmassen bedeckt eingebaut waren. Die Baufirma hatte die Verwendung des Möllerträgers mit



6/7 Kellerdecke der Firma Brachvogel, Baujahr 1899, Zustand 2013



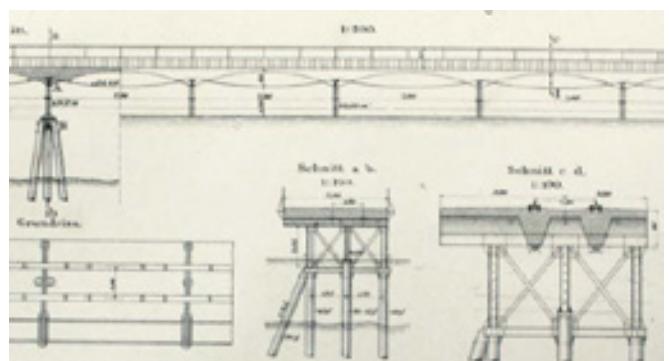
8 Hochbehälter, Bad Harburg [Firmenschrift 1907]



9 Wasserbehälter, Sülzhayn [Firmenschrift 1904]



10 Eisenbahnbrücke bei Rüningen, 1894 [Firmenschrift 1904 / Möller 1897, Bl. 17]



11 Eisenbahnbrücke bei Rüningen, 1894 [Firmenschrift 1904 / Möller 1897, Bl. 17]



12 Brücke bei Riddagshausen



13 Bahnübergang Nordbahnhof Braunschweig [Firmenschrift 1907]



14 Ferdinand-Brücke, Braunschweig, 1901 [TB BS 1.03.11]



15 Bauhof Drenckhahn & Sudhop [Firmenschrift 1904]

»Keller-Überdeckung für Herrn Fr. Brachvogel, hier« in der umfangreichen Firmenschrift 1904 dokumentiert.<sup>14</sup>

Als Ausführungen in Braunschweig wurden hier neben der Fallersleber-Tor-Brücke die innerstädtische Ferdinand-Brücke als Zweifeldbrücke, zwei kleinere Brücken in Riddagshausen, eine zweifeldrige Fußgänger-Überführung am Westbahnhof und am Nordbahnhof in Braunschweig mit eisernen Mittelpfeilern und Spannweiten von 14 und 9 m und die zweifeldrige Schunterflutbrücke bei Querum mit je 9,5 m erwähnt. Als bekannteste Eisenbahnbrücke nach System Möller gilt die Anschlussgleisbrücke über die Oker bei der Mühle Rüningen von 1894 mit 42 m Länge. Möller hatte mit Drenckhahn & Sudhop neben dem patentierten Trägersystem auch Zement-Erdanker und Rohre aus Zementbeton mit verstärkten Wandungen und Eisen-einlagen entwickelt. In der genannten Firmenschrift waren nach der Auflistung der realisierten Projekte mit zahlreichen Abbildungen bezeichnenderweise auch Probebelastungsresultate publiziert sowie zahlreiche Bescheinigungen über Solidität und Haltbarkeit seitens der Planer wie Tiefbauämter, herzogliche Baudirektionen oder der Bauherren. Neben der von Möller publizierten Probebelastung bis zum Bruch, welche er 1915 vor dem Abbruch der Gurtträgerbrücke bei Hamm / Westfalen durchführen konnte, hatte es zahlreiche Probebelastungen mit schweren Dampfwalzen oder -pflügen gegeben, welche in allen angeführten Fällen mit Durchbiegungen unter einem Millimeter als unkritisch verzeichnet wurden.<sup>15</sup> Mit der Leipziger Baufirma Rudolf Wolle hatte Möller anlässlich der Sächsisch-Thüringischen Industrie- und Gewerbeausstellung zwei in ihren Abmessungen vergleichbare Eisenbetonbrücken einmal als Bogen in Monierbauweise und im System des Gurtträgers errichtet und diese im Anschluss der Ausstellung 1898 bis zum Bruch beladen können. Es ergab sich bei einer Einzellast von 10 000 kg bei der Monierbrücke eine 3 1/3-fache Sicherheit, bei der Gurtträgerbrücke hingegen eine 5 1/2-fache Sicherheit. Neben der genauen Versuchsbeschreibung, die Möller 1899 in der *Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen* publizierte, plädierte er hier in Bezug auf die Ausbildungskonzepte an

den Hochschulen für den Vorteil der Anschaulichkeit von praktischen Versuchen gegenüber mathematischen Berechnungsmodellen: »Der Staat gebraucht viele Baubeamte mit reicher Erfahrung und mit klarem Verständnis der Kraftwirkungen, er benötigt aber nur wenige Spezialisten für die Ausführung besonders schwieriger Berechnungen. Es wird übrigens diese Stufe der Ausbildung ja doch nur von denen erreicht, welche für mathematisches Denken besonders befähigt sind.«<sup>16</sup>



16 Abbruch und Bergung eines Trägers der Fallersleber-Tor-Brücke, 2009



17 Abbruch und Bergung eines Trägers der Fallersleber-Tor-Brücke, 2009

Nicht unerwähnt soll eine Brückenkonstruktion bleiben, die zwar im Handbuch für Eisenbetonbau auch als System Möller bezeichnet und von Möller konzipiert worden war, allerdings einem anderen Prinzip folgte.<sup>17</sup> Bei der Königsbrücke in Düsseldorf (1906) handelte es sich um eine gewölbte Betonbrücke mit steifen Eiseneinlagen, wie sie beispielsweise bei dem System Melan zu finden sind. Anders als bei der Trägerdecke lagen die Rippen oberhalb der Platte und wurden durch fachwerkartige Eiseneinlagen zu einem Gewölbequerschnitt verbunden.<sup>18</sup>

Bei der Begleitung und Dokumentation des Abbruches der Fallersleber-Tor-Brücke konnten wir wie Möller seinerzeit in Leipzig Kenntnisse aus der Belastung bis zum Bruch gewinnen. Die 19 Träger sollten jeweils einzeln aus der Trägerplatte geschnitten und als Ganzes von der Baustelle abtransportiert werden.

Dazu hatte die Baufirma eine Versteifungskonstruktion aus Stahlfachwerk gegen seitliches Ausweichen auf die Träger montiert und Kernbohrungen am Trägerende für die Befestigung der Krankette vorgenommen. Bei dem architektonisch gestalteten Randträger (Abb. 1) mit der größten Länge wurde die Endverankerung des Zuggurtes beim Anheben vom Träger gelöst, dieser versagte im oberen Bereich und konnte gerade noch rechtzeitig seitlich abgelegt werden. Durch die fehlende Verbundwirkung und Querbewehrung fiel der Träger dabei auseinander. Bei den kürzeren Mittelträgern gelang es, den Endquerträgerbereich mit herauszulösen. Sie blieben stabil und konnten ohne Verformungen abgelegt werden. Durch den Rückbau konnte die Ausführung der Konstruktion mit den erhalten gebliebenen Bauplänen verglichen werden. Der Zuggurt bestand aus zwei Teilen und war mittels zweier genieteter Laschen wie auf den Plänen in der Mitte gestoßen. Die Ausbildung und Lage der Verankerung im Feldbereich entsprach ebenfalls den originalen Plänen. Es waren pro Träger jeweils 4 Winkel auf den Zuggurt genietet. Direkt am Zuggurt war im Steg ein Drahtgeflecht einbetoniert. Die Verankerung am Endquerträger war wie im Detail bauzeitlich geplant mit Querwinkeln verschiedener Länge ausgeführt. Es fanden sich dort allerdings auch zwei zusätzliche Winkeleisen in Querrichtung. Der Verbund zwischen Winkeln und Beton konnte als gut bezeichnet werden. Im Stegquerschnitt befand sich eine deutlich geringere Querbewehrung als auf den Plänen dargestellt. Anzahl und Form war in den einzelnen Bereichen unterschiedlich. Es handelte sich um S-Haken und gerade Stäbe mit ca. 8 mm Durchmesser. Für die Trägerplatte wurde keine Bewehrung in Form von Stahlstäben festgestellt, es fand sich lediglich ein Drahtnetz zwischen Platte und Steg. Die auf den Bauplänen von 1904 nicht ersichtliche Gründung der Widerlager konnte bei der Freilegung als Pfahlrostgründung aus Nadelholz identifiziert werden. Der Balkenrost war mit Holzdielen abgedeckt, die Zwischenräume mit Stampflehm gefüllt. Die Pfähle hatten eine ungefähre Län-

ge von 2,80 m. Im Herzogtum Braunschweig war für Pfahlgründungen aus Kostengründen häufig statt der üblichen Eichenhölzer Nadelholz verwendet worden.

Derzeit ist geplant, den gesicherten Träger der Fallersleber-Tor-Brücke im Bereich des Altgebäudes der Technischen Universität Braunschweig zur Anschauung aufzustellen. Dort befindet sich bereits ein einzelner gusseiserner Brückenträger aus den 1820er-Jahren aus dem Bodetal im Harz. Diese Idee hatte vor über sechzig Jahren schon Dieter Oesterlen, Hochschullehrer und Architekt der Hochhausscheibe im Hof des Altgebäudes formuliert: »Hier könnte vielleicht einmal ein technisches Freiluftmuseum eingebaut werden, jedenfalls benötigen wir als Architekturabteilung einen solchen Platz.«<sup>19</sup>

Auch für die Kellerdecke der Holzfirma Brachvogel wird nach einem sinnvollen Erhaltungs- und Weiternutzungskonzept gesucht. In unmittelbarer Nachbarschaft ist auch das opulent ausgestattete und weitestgehend im Original erhaltene Kontorhaus des Firmeninhabers wiederentdeckt worden. Brachvogel hatte es 1899 als »Einraum-Villa« bauen lassen. Heute wartet es auf eine gute Idee zur behutsamen Weiternutzung.

1 Möller 1915, S. 73.

2 »Die Bauweise, welche der Firma gesetzlich geschützt ist, wird auch von anderen Bauunternehmern ausgeführt; so interessierte sich z.B. auch die Actien-Gesellschaft für Beton- und Monier-Bauten für dieselbe.« (Möller 1897, S.143. Des Weiteren hatte Möller in Sachsen und Thüringen mit der Baufirma Rudolf Wolle zusammengearbeitet, Wolle hatte 1920 die Ehrendoktorwürde der TH Braunschweig erhalten. Siehe: Droese 1999, S. 629. Die größte Baumaßnahme, die Überdeckung der Pleisse in Leipzig war von Wolle und Drenckhahn & Sudhop gemeinsam ausgeführt worden.

3 Burkhardt/Krafczyk/Peil/Strahl-Sumara 2010. Dieser Beitrag bezieht sich in großen Teilen auf diese Dokumentation.

4 Übrigens war die Berufung Möllers von der TH Karlsruhe die einzige Berufung eines Professors einer anderen TH in der Zeit von 1877 bis 1918 in der Bauingenieur-Abteilung in Braunschweig. Siehe: Pump-Uhlmann 1995, S. 249.

5 Möller war einer der ersten Professoren der Abteilung, welche neben der Lehre auch Forschung betreiben wollten, und hatte sich seit seinem Antritt 1890 für den Bau von Versuchseinrichtungen stark gemacht. Es gelang ihm aber erst 1910, ein Wasserbaulaboratorium für die TH am Wendenwehr der Oker einzurichten. Siehe: Kertz 1987, S. 43.

6 Siehe: Möller 1894, S. 601.

7 Neben der »Trägerdecke« hatten Drenckhahn & Sudhop 1893 den mit Möller entwickelten »Haftpahl«, den »Zement-Erdanker«, sowie die »Winkel-Stützwand mittels Erdanker gehalten« zum Patent angemeldet. Siehe: Möller 1894, S. 607–622.

8 Siehe: Kertz 1987, S. 44.

9 Lawes' hölzerne Fachwerkträger in Hannover 1835, Patent Pauli-Träger 1856, u.a.

10 Siehe: Möller 1897, S. 143.

11 Firmenschrift 1904, S. 1.

12 Bei den Brückenträgern war dieser Verputz vornehmlich als Korrosionsschutz gedacht.

- 13 Möller 1894, S. 601.
- 14 In der Auflistung ist die Rede von »Brücken, Brückengewölben, Unter- und Überführungen in Stampfbeton mit oder ohne Eiseneinlage nach System Professor Möller, nach Monier und anderen Bauweisen, sowie Stampfbetondecken nach Konstruktion ›Trägerdecke‹, System Professor Möller.« (Firmenschrift 1904). 1907 waren es bereits 223 Brücken, 5 Eisenbahn- und Gleisbrücken, 15 Wege und Chaussee-Überführungen nach System Möller, 40 Balkenbrücken, 16 Bogenbrücken, 39 Monier-Wölbkonstruktionen und 3 Sprengbogenbrücken. Siehe: Firmenschrift 1907.
- 15 Siehe: Möller 1915, S. 73–77; Firmenschrift 1904, S. 17–28.
- 16 Möller 1899, S. 162.
- 17 Siehe: Emperger 1908, S. 80–83.
- 18 Siehe: Droese 1999, S. 628.
- 19 Vortragsmanuskript Dieter Oesterlen vom 21.5.1960: Gesichtspunkte des Städtebaus und der Bauvorschriften, erläutert am Chemiehörsaalgebäude und Hochhaus.

## Literatur

- [Burkhardt/Krafczyk/Peil/Strahl-Sumara 2010]: Burkhardt, Berthold; Krafczyk, Christina; Peil, Udo; Strahl-Sumara, Magdalena: Fallersleber-Tor-Brücke Stadt Braunschweig. Dokumentation zum Abbruch und Erhaltung eines Trägers. Braunschweig 2010.
- [Droese 1999]: Droese, Siegfried: Eine fast vergessene Brückenbauweise: Hängebrücken »System Möller«, in: Bautechnik 76, Heft 8, Berlin 1999, S. 625–633.
- [Emperger 1908]: Emperger, Fr. von (Hg.): Handbuch für Eisenbeton, 3. Band, 3. Teil, Berlin 1908.
- [Firmenschrift 1904]: Firmenschrift Drenckhahn & Sudhop: Bautechnisches Bureau, Beton-Baugeschäft, Zementwaren-Fabrik. Braunschweig 1904.
- [Firmenschrift 1907]: Firmenschrift Drenckhahn & Sudhop: Bautechnisches Bureau, Beton-Baugeschäft, Zementwaren-Fabrik, Braunschweig 1907.
- [Kertz 1987]: Kertz, Walter: Max Möller (1854–1935), ein origineller Braunschweiger Professor. Projektberichte zur Geschichte der Carolo-Wilhelmina, Heft 2, Braunschweig 1987.
- [Möller 1894]: Möller, Max: Empirische Untersuchungen im Bau Ingenieurfach, insbesondere an Beton-Eisenkonstruktionen ausgeführte Bruch- Belastungen, in: Deutsche Bauzeitung Berlin 97, 1894, S. 600–602; S. 607–608; S. 621–622.
- [Möller 1897]: Möller, Max: Gurtträger – Decken, System Möller, in: Zeitschrift für Bauwesen, Berlin 47, 1897, S. 143–148. Mit Atlas zur Zeitschrift für Bauwesen 1897, Bl. 17.
- [Möller 1899]: Möller, Max: Bruchbelastung zweier Ausstellungsbrücken in Leipzig, in: Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen, Jg. 1899, S. 157–176.
- [Möller 1915]: Möller, Max: Prüfung der Tragfähigkeit einer Gurtträgerbrücke bei Hamm in Westfalen. Ausgeführt von Max Möller in Braunschweig mit Mitteln der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie. Deutsche Bauzeitung. Beilage: Mitteilung über Zement, Beton- und Eisenbetonbau, Berlin 7, 1915, S. 73–77.
- [Pump-Uhlmann 1995]: Pump-Uhlmann, Holger: Architektur- und Bauingenieurwesen: Differenzierung und Entwicklungslinien der Ausbildung, Braunschweig 1745–1918, in: Kertz, Walter; Albrecht, Peter: TU Braunschweig 1745–1995, Hildesheim 1995, S. 231–254.

Barbara Lanz  
Sonja Mitterer

## Hohe Brücke St. Georgenberg

Die Hohe Brücke St. Georgenberg ist die älteste Brücke Tirols und zugleich ein seltenes Beispiel eines technischen Denkmals in Österreich. Die Konstruktion setzt sich aus einem steinernen Unterbau mit Bogenöffnung und vier Steinpfeilern sowie darauf aufgesetzten hölzernen Tragwerken mit einer überdachten Fahrbahnkonstruktion zusammen. Die Brücke ist Teil eines Wallfahrtsweges, der von Stans bei Schwaz im Unterinntal zum Benediktinerkloster St. Georgenberg auf ca. 950 m Seehöhe mit Quellheiligtum und frühmittelalterlicher Kirche führt. Die Brücke nach St. Georgenberg bildete früher wie auch heute noch den einzigen Zugang zum Kloster und überspannt das Stallental bei der sogenannten Wolfsklamm in etwa 55 m Höhe.

Durch Naturkatastrophen wurde die Brücke im Laufe der Jahrhunderte öfter teilweise zerstört und immer wieder aufgebaut. Die Hauptbauphasen der Brücke sind zum einen durch die bildlich und schriftlich dokumentierten Naturereignisse, durch Bauinschriften an der Brücke wie auch durch die Ergebnisse der bauhistorischen Analyse mit begleitenden dendrochronologischen Datierungen belegt. Der aktuelle Baubestand stammt mit einem gotischen Rest aus der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts, im Wesentlichen aus der Zeit Anfang des 16. Jahrhunderts; die Holzkonstruktion stammt aus dem beginnenden 17. Jahrhundert.

Die allein wegen ihrer extremen Lage und Dimensionen beeindruckende Brückenkonstruktion stellte für die Gesamtrestaurierung im Jahr 2002 ein aufwendiges und komplexes Unterfangen dar. Die überregionale Bedeutung der Hohen Brücke, die technisch und ästhetisch vorbildliche und gelungene Restaurierung sowie die umfangreiche Dokumentation waren ausschlaggebend für die Verleihung des Europa-Nostra-Preises für herausragende Leistungen im Bereich der Erhaltung von Kulturerbe im Jahr 2004.

### Konstruktion

Der Steinbau besteht aus einer an der tiefsten Stelle des Stallentals 20 m hohen, 3,80 m starken Steinmauer mit einer außermittig im Osten sitzenden Bogenöffnung und vier, teils aufgesetzten steinernen Brückenpfeilern. Die Brückenpfeiler haben eine durchschnittliche Höhe von 6,50 m und sind verschieden mächtig mit Breiten von 2,70 m bis 3,70 m und einer Tiefe von 3,80 m. Die Bauteile des Steinbaus sind unterschiedlich ausgeführt und in



1 Gesamtansicht der Hohen Brücke St. Georgenberg von Südwesten nach Abschluss der Restaurierungsarbeiten

Kalkbreccie- und Kalksteinquaderbauweise oder in Mischbauweise aus Bruchsteinmauerwerk errichtet. Zwischen den steinernen Brückenpfeilern sind zum Schutz der Mauerkrone einfache, etwa 2,50 m hohe Satteldächer mit Bretterdeckung aufgesetzt.

Der Holzbau der Hohen Brücke besteht aus den auf die steinernen Brückenpfeiler aufgesetzten, bis zu 3,50 m hohen Tragwerken, die als Fachwerkaufbauten den 4,40 m breiten und 5 m hohen überdachten Brückensteg tragen. Die Durchgangshöhe unterhalb der Dachgespärre im Brückensteg beträgt an der niedrigsten Stelle 2,30 m.

Sowohl die konstruktiven Teile des Holzbau als auch die Seitenschalungen am Brückensteg, die Bretterdeckung an den Dächern zwischen den Brückenpfeilern und die Schindelabdeckung am Brückensteg sind in Lärchenholz ausgeführt.

Im Grundriss ist die Hohe Brücke um 3,50 m bogenförmig nach Norden aus der Flucht gekrümmt und hat am

Brückensteg eine Länge von 53 m. Auf dieser Länge überwindet der Weg einen Höhenunterschied von 6,60 m und erreicht damit eine Steigung von 13,5 %.

Der Brückensteg schließt am östlichen Brückenkopf an das Torhaus an, das als etwa 5 m tiefer Durchgang mit spitzbogenförmigem Kreuzrippengewölbe, glatt verputzter Fassade mit Wappenbildern über dem Durchgang, Zinnenbekrönung und Eckürmchen gestaltet ist.

### Baugeschichte

Das Kloster St. Georgenberg wurde in der ersten Hälfte des 10. Jahrhunderts durch Rapoto III. von Aibling, der aus dem im unteren Inntal ansässigen, begüterten bayrischen Rittergeschlecht der Rapotonen stammt, vermutlich als Einsiedelei gegründet. Am 30. April 1138 verfügte Papst Innozenz II. die Erhebung der Gemeinschaft von St. Georgenberg zur Benediktinerabtei. Die Wallfahrt besteht vermutlich seit der Erhebung zur Abtei; eine ältere Wegführung oder Reste einer Brückenkonstruktion aus dieser Zeit konnten im Zuge der Untersuchungen jedoch nicht nachgewiesen werden.

Die erste tatsächliche Nennung einer Brücke als Teil des Wallfahrtsweges stammt aus dem Jahr 1448, als bei einem Brand am Allerheiligenstag die in der historischen Quelle so bezeichnete »Hohe Brücke« zerstört wurde. Auf dem Porträt des Abtes Johannes Theuerl, der 1445–1451 Abt von St. Georgenberg war, wird diese Hohe Brücke bereits ähnlich dem heute erhaltenen Baubestand dargestellt. Über freistehenden, geraden Brückenpfeilern mit eingestellter Bogenkonstruktion lag ein hölzerner überdachter Brückensteg mit einem mittig gesetzten auskragenden Erker.

Die Quellen sprechen von einer vorerst provisorischen Wiederherstellung der Brücke im Jahr 1461. Der Vorgängerbau scheint jedoch beim Brand vollkommen zerstört bzw. im Zuge der Wiederherstellung vollständig abgetragen worden zu sein. Die tatsächliche bauliche Gestaltung der Hohen Brücke in dieser Reparaturphase ist nicht eindeutig belegt. Im heutigen Baubestand ist der östlichste Brückenpfeiler als der einzige erhaltene Bauteil dieser Phase erkennbar und somit auch der älteste Bauteil der Hohen Brücke.

Der östliche Pfeiler setzt nicht wie die anderen drei über der Bogenmauer an, sondern wurde ursprünglich als hoher, schlanker und freistehender Pfeiler errichtet. Zugleich spiegelt hier die Differenzierung des verwendeten Steinmaterials die bauhistorischen Zusammenhänge wider: der Pfeiler ist vollständig aus regelmäßig behauenen Kalkbrecciequadern errichtet. Das sorgfältig geschichtete Mauerwerk zeigt unterschiedlich hohe Lagen und ist steinsichtig belassen. Ein Mauerrücksprung mit Konsolsteinen als Auflagerpunkt sowie zwei übereinanderliegende Ebenen mit jeweils in Längsrichtung der Brücke gerichteten durch-

gehenden Balkenlöchern sind Hinweise auf die Konzeption der Hohen Brücke in der gotischen Bauphase als gerader Brückensteg, vermutlich über einem hölzernen Sprengwerk.



2 Darstellung von St. Georgenberg mit der Hohen Brücke, Ausschnitt aus einem Kupferstich von Christoph Anton Mayr, um 1820

Die Untersuchungen am Bauwerk und der Abgleich mit den historischen Abbildungen liefern jedoch keinen Beleg für die tatsächliche Ausführung eines Sprengwerks an der Hohen Brücke: als freistehende Unterkonstruktion für ein hölzernes Sprengwerk scheint der Brückenpfeiler zu hoch und zu schlank. Es ist auch nicht geklärt, ob dieser Brückenpfeiler als einziger Bauteil der Bauphase von 1461 errichtet wurde oder ob doch weitere Bauteile vollendet und in Folge eines späteren Einsturzes zerstört worden war. Denkbar ist auch eine Planänderung, sodass der östlichste Brückenpfeiler als Relikt stehen blieb.

Ein Einsturz der Hohen Brücke am 17. November 1489 ist archivarisch belegt. Mit dem Wiederaufbau der Hohen Brücke wurde, wie Dendrodatierungen und Bauinschriften belegen, sofort begonnen.

Der Steinbau wurde nun vermutlich vollständig neu konzipiert und als massive Mauer mit einer außermittig gegen Osten verschobenen großen Bogenöffnung und drei aufgesetzten Brückenpfeilern errichtet. Die Bogenmauerung wurde an den bereits bestehenden östlichen Brückenpfeiler der Vorgängerkonstruktion angestellt. Dieser Steinbau ist bautechnisch und zeitlich einheitlich: es sind keine Baufugen oder Bauabschnittsfugen erkennbar. Das Mauerwerk ist nur teilweise lagig mit unterschiedlichen Lagenhöhen und großen Auswicklungen in Mischmauerwerk aus Karbonatgesteinen ausgeführt. Lediglich die Ecken der Pfeiler sowie die Gesimse und die große Bogenöffnung sind mit quadrig behauenen Kalksteinen gefasst. Auffällig ist die Verwendung von sorgfältig behauenen Quadersteinen und einzelnen Spolien im an-

sonsten unregelmäßigen Mauerwerksgefüge. Dies belegt, dass bei der Neuerrichtung des spätgotischen Steinbaus Baumaterialien des eingestürzten gotischen Baubestandes verwendet wurden.

Balkenlöcher und Konsolsteine an den Ansichtsflächen sowie an der Untersicht der Bogenöffnung des Steinbaus geben Hinweis für die Konstruktion eines bauzeitlichen Lastkrans. Negativabdrücke von liegenden und schräg verlaufenden Holzbauteilen lassen eine Konstruktion vermuten, die zeitgleich mit dem Mauerwerk errichtet und nach Fertigstellung des jeweiligen Mauerabschnittes versetzt bzw. entfernt wurde. Vermutlich waren sogar zwei Lastkräne gleichzeitig in Verwendung.

Auch wenn Quellen den Brückenneubau für das Jahr 1497 belegen, so liefern die Ergebnisse der dendrochronologischen Beprobung eines original im Mauerwerk des spätgotischen Baus liegenden Balkens ein Errichtungsdatum ab 1488. Fertiggestellt scheint der spätgotische Bau vermutlich knapp nach 1500 gewesen zu sein: Auf einem an der Südansicht mittig über dem Scheitel der Bogenöffnung vermauerten Wappenstein sind noch die beiden ersten stark verwitterten Ziffern »15...« lesbar.

Als Eingang zur Brücke wurde am östlichen Brückenkopf wenig später, zu Beginn des 16. Jahrhunderts, das sogenannte Torhaus angefügt. Das Torhaus war als Durchgang mit Kreuzrippengewölbe konzipiert und wird in den historischen Abbildungen ursprünglich als einfaches Gebäude mit Obergeschoss und Satteldach dargestellt. Der heutige obere Abschluss mit über dem Durchfahrtsgeschoss leicht auskragendem Überbau mit Zinnenkranz und diagonal gesetzten Ecktürmchen mit Zinnenbekrönung und Lichtscharten ist eine Zutat aus dem Beginn des 20. Jahrhunderts.

Für die nächste große Bauphase an der Brücke gab wiederum eine Naturkatastrophe den Anstoß: Im Oktober 1705 wurden bei einem Waldbrand auf St. Georgenberg die Hohe Brücke und das Torhaus zerstört. Nach diesem bereits vierten Brand auf St. Georgenberg wurde das Kloster ins Tal verlegt und am 17. April 1706 begannen die Arbeiten für den Neubau des heutigen Klosters Fiecht in Stans. St. Georgenberg blieb Wallfahrtsort und die zerstörten Holzbauteile der Hohen Brücke wurden wieder erneuert.

Von dem heute erhaltenen hölzernen Baubestand der Brücke stammen die Tragwerke über den Brückenpfeilern sowie die Dächer auf den Mauerkronen des Steinbaus zwischen den Brückenpfeilern einheitlich aus der Bauphase nach dem Brand. Die Tragwerke über den Brückenpfeilern sind als räumliche Fachwerke aus jeweils drei in Längs- und in Querrichtung gegeneinander verstrebten Rahmen konzipiert. Verbindungen der horizontalen und vertikalen Bauteile sind üblicherweise überkämmt oder eingezapft, während die Diagonalstreben an Stehern und Querbalken überblattet werden. Die Balkenköpfe sind pro-

filiert und mit Versatz gesetzt; sämtliche Verbindungen sind zusätzlich mit Holznägeln fixiert. An nahezu allen Bauteilen sind eingestemmte Zimmermannszeichen zu finden. Für die Ausführung der Arbeiten ist der Schwazer Zimmermann Michael Lentner archivarisch belegt.



3 Fachwerkaufbau über einem Brückenpfeiler aus jeweils drei in Längs- und in Querrichtung gegeneinander verstrebten Rahmen



4 Bauinschrift »1707« an einem Querbalken an der Südansicht der Brücke

Obwohl die hölzernen Tragwerke zeitgleich und einheitlich aus Lärchenholz errichtet wurden, variieren die ausgeführten Dimensionen der Bauteile entsprechend den darunterliegenden Mauerpfeilern. Für diese Bauphase stimmen eine ebenfalls erhaltene Bauinschrift und die Ergebnisse der dendrochronologischen Untersuchung exakt überein: Am Tragwerk über dem mittig am Scheitel der Bogenöffnung sitzenden Brückenpfeiler ist die Bezeichnung »1707« im südseitigen Querbalken unterhalb des Brückenstegs angebracht. Die Dendrochronologie setzt

das Schlagdatum der hölzernen Tragwerke einheitlich für das Jahr 1706/07 fest.

Der Brückensteg der Hohen Brücke ist vermutlich ebenfalls dieser Bauphase zuzuordnen. Die Einordnung in diese Bauphase ergibt sich aus den konstruktiven Zusammenhängen des Holzbau; für eine Dendrodatierung konnten aufgrund der geringen Dimensionen der Holzbauteile keine brauchbaren Proben entnommen werden.

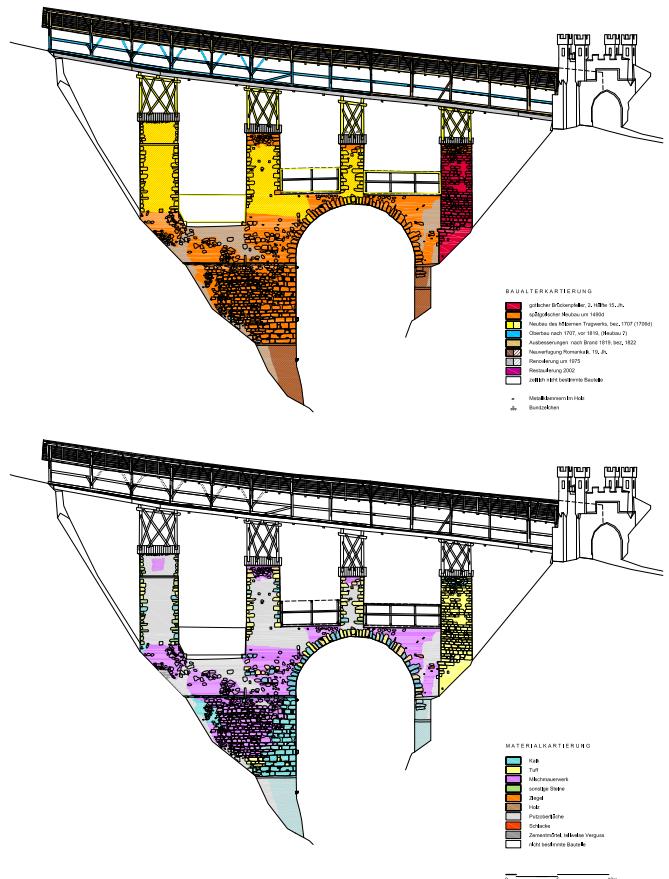
Der Brückensteg ist als überdachter Steg auf Längsbalken über den hölzernen Tragwerken der Mauerpfiler aufgelagert. Die Balken tragen zwei übereinanderliegende Ebenen von Holzbohlen und die darauf gestellten Steher für die Gespärre des Brückenstegs. Die Gespärre haben ursprünglich Fußstreben in Querrichtung und Kopfstreben in Längsrichtung, die eingeblattet und mit Holznägeln befestigt sind. Von den heute bestehenden insgesamt fünfzehn Gespärren sind nur noch die westlichen sechs der ursprünglichen Konstruktion zuzuordnen.

Am 5. April 1819 brach am Torhaus ein Brand aus, bei dem erneut auch die Hohe Brücke beschädigt wurde. Spuren von diesem Brandereignis sind als Verkohlungen und Verrußungen an den östlichen Balken des hölzernen Tragwerks, am östlichsten Brückenpfeiler und am Dach zwischen den beiden östlichen Brückenpfeilern zu sehen.

Während das Tragwerk über dem östlichen Brückenpfeiler mit den entstandenen Brandspuren bestehen blieb, wurde der Brückensteg großteils erneuert. Von den westlichen Gespärren blieben nur die Steher mit den Fußstreben in Querrichtung bestehen. Die von den Stehern bis an die Fußpfette der Dachkonstruktion geführten Kopfstreben sind in der Höhe des Brückengeländers abgeschnitten. Die östlichen Gespärre und die gesamte Dachkonstruktion über dem Brückensteg wurden nach dem Brand erneuert und unterschieden sich mit einfacheren Knotenverbindungen und den in Form eines Andreas-Kreuzes überblatteten Abstrebungen in Querrichtung deutlich von der ursprünglichen Konstruktion. Auch hier datiert eine Inschrift die Reparaturphase: Mit Rötelstift ist an der Kopfstrebe eines Stehers die Inschrift mit der Bezeichnung »Jos R... 1822« angebracht.

In den Jahren 1980–82 wurden aufgrund des zunehmenden Fahrzeugverkehrs erstmals Arbeiten zur weiteren Gewährleistung der Standfestigkeit der Hohen Brücke notwendig.

Der Holzbau der Hohen Brücke wurde zur Sicherung während der Arbeiten in einer aufwendigen Aktion mit Stahlseilen verspannt und mechanisch angehoben. Unter den Brückensteg wurden Stahlträger eingefädelt und auf den Mauerkronen der Brückenpfeiler niedrige Betonsockel als Auflager für die hölzernen Tragwerke errichtet. Die Mauerkronen zwischen den Brückenpfeilern und die Mauerwerksoberflächen am Steinbau wurden stellenweise restauriert, die Dächer zwischen den Brückenpfeilern und die Überdachung über dem Brückensteg erneuert.



5 Hohe Brücke, St. Georgenberg, Südansicht mit Bauphasenplan und Materialkartierung (Plangrundlagen: Technisches Büro Dobler, 2001; Kartierung: Lanz, Mitterer, 2002)

## Restaurierung

Mit der Restaurierung 2002 bildet zum ersten Mal in der Geschichte der Hohen Brücke nicht der Zwang einer Reparatur nach Zerstörung durch eine Naturkatastrophe den Anlass für eine intensive Beschäftigung mit dem Bauwerk. Der Entschluss für eine Gesamtrestaurierung der Brücke wird gefasst, nachdem bei Begutachtungen und Inaugennahme durch Statiker, Techniker und die Denkmalbehörde massive Verwitterungsscheinungen und Schäden am Bauwerk ersichtlich geworden sind.

Den Restaurierungsarbeiten gehen umfangreiche bauhistorische sowie materialechnische Analysen voraus. Erstmals wird das Bauwerk detailliert vermessen. Aus dem dreidimensional erfassten Gebäudemodell werden Ansichtspläne generiert und auf dieser Grundlage Kartierungen der Bauphasen, der festgestellten Schadensbilder an Stein- und Holzbauteilen angefertigt; die verwendeten Materialien und Bautechniken werden eingehend studiert. Die Plandarstellungen dienen zugleich als Nachweis für die Massenermittlung der Ausschreibung und die Abrechnungen der durchgeführten Arbeiten. Mörtel- und Gesteinsmaterial der Hohen Brücke werden materialtech-

nisch analysiert, an den Holzbauteilen systematisch Proben für eine dendrochronologische Befundung entnommen. Auf Grundlage dieser Voruntersuchungen können Restaurierungsmaßnahmen, -techniken und -materialien spezifisch an den historischen Bestand und die technischen Möglichkeiten bzw. Notwendigkeiten angepasst werden. Die Dokumentations- und Restaurierungsarbeiten an der Hohen Brücke stellen nicht nur inhaltlich und technisch, sondern auch logistisch eine große Herausforderung für alle Beteiligten dar.

Die umfassenden Untersuchungen beleuchten das tatsächliche Schadensbild an den Bauteilen der Brücke. Bis auf wenige Ausbrüche einzelner Mauersteine zeigt sich am Steinbau vielfach nur ein oberflächliches Schadensbild: spätere Putzoberflächen an den Ansichtsflächen des Steinbaus sind stellenweise abgewittert, die Fugen am ältesten Steinquaderpfeiler leicht ausgewittert. Vor allem an der Nordseite des Steinbaues hat sich Bewuchs von Moosen und Kleingräsern festgesetzt. Auch an den Holztragwerken sind nur einzelne Balken durch Feuchtigkeit stark geschädigt. Als ästhetisch und technisch unzulänglich werden allerdings jüngste Ausbesserungen mit Zementputz am Steinbau gewertet.

Die Geschichte sowie die hohe kulturelle und bautechnische Bedeutung der Hohen Brücke erfordern einen behutsamen und auf die bauhistorischen Gegebenheiten abgestimmten Umgang mit dem Bauwerk. Das vom Bundesdenkmalamt Tirol vorgegebene Restaurierungskonzept zielt daher vor allem auf eine Konsolidierung der Erosionsschäden mit Rücksicht auf ein einheitliches Verwitterungsbild ab. Die technisch-historischen Baudetails, wie auch die originalen Baumaterialien, sollen erkennbar und nachvollziehbar bleiben.

So werden die Oberflächen des Steinbaus gereinigt, die wenigen Fehlstellen im Mauerwerk geschlossen und schadhafte Balken der Holztragwerke ersetzt. Die Dächer zwischen den Brückenpfeilern und der Brückensteg werden entsprechend dem Bestand mit geklobenen Lärchenschindeln gänzlich neu gedeckt. Als glückliche Fügung erweist sich die Ausforschung des beim ursprünglichen Bau der Brücke verwendeten Steinbruchs. Der ansonsten nicht mehr genutzte Steinbruch »Moarschrofen« in unmittelbarer Nähe der Brücke liefert das Steinmaterial für das notwendige Ersetzen einiger fehlender Mauerquader.

Die technische Leistung der Erbauer der Hohen Brücke St. Georgenberg und die sorgfältig ausgeführte Konstruktion ringt auch heute noch allen Baufachleuten und Besuchern Respekt ab. Mit der behutsamen und denkmalgerechten Restaurierung wurde schließlich die Voraussetzung für den Weiterbestand der Hohen Brücke als Teil eines über 1000 Jahre begangenen Wallfahrtsweges geschaffen.

## Literatur

- [Archiv Benediktinerabtei 1980]: Archiv Benediktinerabtei Stift Fiecht, Kurzer geschichtlicher Abriss zur sog. Hohen Brücke auf St. Georgenberg, Fiecht 1980.
- [Binding 1993]: Binding, Günther: Baubetrieb im Mittelalter, Darmstadt 1993.
- [Bundesdenkmalamt, Dokumentation, 2001]: Bundesdenkmalamt, Landeskonservatorat für Tirol, Hohe Brücke St. Georgenberg, Dokumentation, Innsbruck 2001.
- [Bundesdenkmalamt, Ausschreibungsrichtlinien, 2001]: Bundesdenkmalamt, Landeskonservatorat für Tirol, Hohe Brücke St. Georgenberg, Ausschreibungsrichtlinien für die Restaurierung, Innsbruck 2001.
- [Dehio 1980]: Dehio-Handbuch, Die Kunstdenkmäler Österreichs, Tirol, Wien 1980.
- [Gerlich 1956]: Gerlich, Franz: Brücken in Tirol, Innsbruck 1956.
- [Gürtler 2001]: Gürtler, Günther: Brücke Georgenberg, Technischer Bericht, Mayrhofen 2001.
- [Horn 1980]: Horn, Trude: Gedeckte Holzbrücken, Zeugen alter Holzbaukunst, Klagenfurt 1980.
- [Ingenhaeff 1993]: Ingenhaeff, Wolfgang: Die Benediktinerabtei St. Georgenberg – Fiecht, Schwaz 1993.
- [Kramer 1954]: Kramer, P. Maurus: Geschichte der Benediktinerabtei St. Georgenberg – Fiecht, St. Georgenberg – Fiecht 1954
- [Naupp 2000]: Naupp, P. Thomas: 250 Jahre Stiftskirche Benediktinerabtei St. Georgenberg – Fiecht/Tirol, Passau 2000.

## Das Brandenburger Tor in Berlin – Zur Geschichte und Konstruktion eines Ingenieurbauwerks

### 1. Kurzer geschichtlicher Rückblick

Mit dem Bau der Akzisemauer der Stadt Berlin wurde 1734 ein Vorgängerbau des heutigen Brandenburger Tores errichtet. Im Zuge des Ausbaus der Mauer und ihrer Tore ließ Friedrich Wilhelm II. ab 1788 das Brandenburger Tor neu gestalten, das dem Andenken an den kurz zuvor verstorbenen Friedrich II. diente, von dessen Verdiensten auch etwas Glanz auf den Neffen und Nachfolger fallen sollte.

Als Architekt wurde Carl Gotthard Langhans beauftragt. Er orientierte sich an dem »Stadttor von Athen«, das er aus Stichen kannte, die aber die Propyläen der Athener Akropolis darstellten.

Nach Langhans' Planung sollten beim Berliner Tor die königlichen Kutschen durch den breiten Mittelgang, daneben die sonstigen Gespanne fahren und außen die Fußgänger gehen. In den Seitenflügeln sollten die Wache und die Akziseeinnehmer untergebracht werden. 1788 wurde das alte Tor abgerissen, 1789 wurde der Neubau begonnen. Die Baukosten lagen bei 111 000 Talern. Am 6. August 1791 wurde das noch nicht ganz fertige Tor geöffnet.

Die 1793 von Johann Gottfried Schadow gefertigte Quadriga auf dem Brandenburger Tor stellte ursprünglich eine geflügelte Friedensbringerin dar. Das Brandenburger Tor erhielt den Namen Friedenstor, diesen Namen zeigte auch eine Inschrift aus Bronzelettern am Tor.

1806 wurde die Quadriga nach der für Preußen verlorenen Schlacht bei Jena und Auerstedt auf Weisung des französischen Kaisers Napoleon nach Paris gebracht. Dort sollte die Plastik zusammen mit anderer Beutekunst aus-

gestellt werden. Nach dem alliierten Sieg über Napoleon wurde die Quadriga 1814 von den Truppen Blüchers in Paris noch in Kisten verpackt gefunden und nach Berlin zurückgebracht, wo sie zunächst restauriert wurde. Schinkel ersetzte die Lorbeerkrantztröhre der Schadow'schen Wagenlenkerin durch ein eichenlaubumkränztes und von einem Adler bekröntes Eisernes Kreuz und verwandelte so die Friedensbringerin in die Siegesgöttin Viktoria, um die Rückkehr der nach Paris verschleppten Plastik nach Berlin und den Sieg über die napoleonischen Truppen zu feiern. Für die Berliner war die Quadriga nach ihrer Rückführung im Volksmund die »Retourkutsche«. Mit dem Abriss der Zollmauer in den 1860er-Jahren wurden auch fast alle Stadttore abgerissen, nur das Brandenburger Tor ist erhalten. An die übrigen Tore erinnern heute unter anderem noch einige U-Bahn-Stationen (z.B. Kottbusser Tor, Hallesches Tor)

Am 30. Januar 1933 feierten die Nationalsozialisten mit einem Fackelzug der SA durch das Brandenburger Tor ihre Machtergreifung.

Im Rahmen der Umgestaltung Berlins zur sogenannten »Welthauptstadt Germania« befand sich das Tor auf der Ost-West-Achse. Ein sieben Kilometer langer Abschnitt zwischen Brandenburger Tor und Adolf-Hitler-Platz (heute Theodor-Heuss-Platz) wurde ausgebaut und 1939 in Betrieb genommen.

Während des Zweiten Weltkrieges wurde von der Quadriga 1942 ein Gipsabguss genommen. Bei den Kämpfen um Berlin wurde die Quadriga mehrfach stark beschädigt. Lediglich ein Pferdekopf blieb vom Schadow'schen Original erhalten, der heute im Berliner Märkischen Museum ausgestellt ist. Auch das Gebäude selbst wurde stark beschädigt. 1957/58 erfolgte die Sanierung der stark geschädigten Quadriga. Von 1990 bis 2002 wurde das Tor sowohl konstruktiv als auch restauratorisch grundlegend saniert.

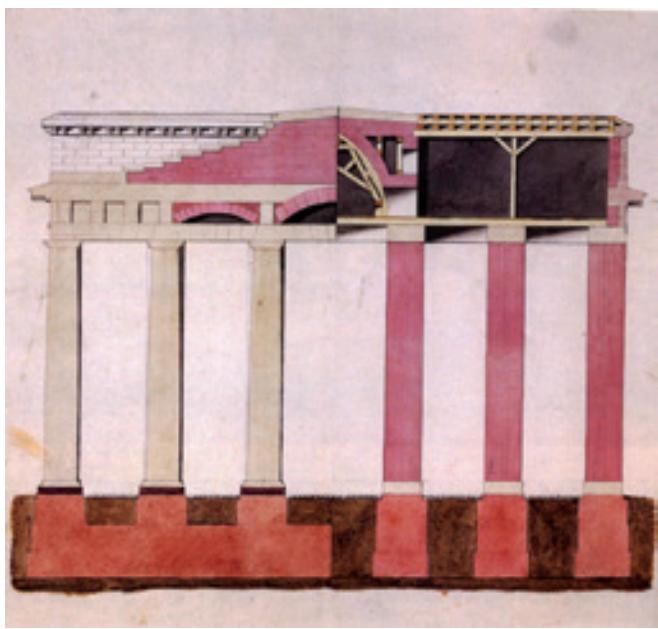
### 2. Konstruktion und Tragverhalten

Die in Nord-Süd-Richtung weisende Torbreite beträgt etwa 32,3 m, seine Tiefe ungefähr 11,4 m und die vorgelagerten Säulen an seiner Ost-Westfassade tragen in rund 13,5 m Höhe das Gebälk mit einem weit ausladenden Kranzgesims. Die Höhe des Tores ohne Quadriga beträgt rund 20 m.

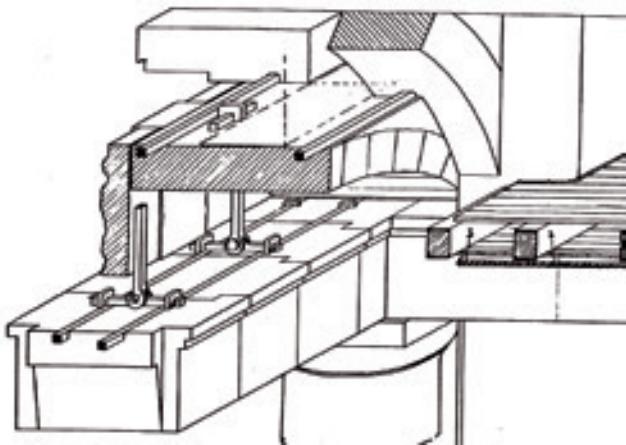
Eine an den Hauptfassaden stufenförmig verstärkte Attika umschließt die drei Räume des Torobergeschosses,



1 Die Propyläen in Athen



2 Konstruktionszeichnung für das Brandenburger Tor von Carl Gotthard Langhans, Federzeichnung aquarelliert, 1788/89



3 Isometrische Darstellung der Architravkonstruktion

das von der in Kupferblech getriebenen Quadriga gekrönt wird.

Der Raum über der großen Durchfahrt wird von einem gemauerten Tonnengewölbe überdeckt, das die Lasten der Quadriga aufnimmt und zu den beiden mittleren Torwänden ableitet. Das Tonnengewölbe wird nach Osten und Westen von je einem Stirnbogen sowie dem Attikamauerwerk begrenzt. Den Horizontalschub nehmen Längsanker sowie Diagonalanker auf. Die Lasten der bis zur Längsflucht vor gezogenen Attika über der großen Durchfahrt werden von einem Segmentbogen direkt über dem betroffenen Architravblock auf die Torsäulen abgetragen.

Die Dachkonstruktion über die in Nord- und Südrichtung begrenzenden Räume besteht seit Ende des 19. Jahrhunderts aus preußischen Kappen. Die Dachlasten werden

auf Querwände und über Unterzüge auf Wandpfeiler im Obergeschoss abgetragen. Ursprünglich wurden die Lasten der hölzernen Dachkonstruktion auf die Attika abgetragen (Abb. 2).

Das Gebälk des Tores besteht fassadenseitig aus Architrav, Fries und Kranzgesims aus Sandstein sowie aus einer Holzbalkendecke über dem Architrav.

Die Konstruktion des Hauptarchitravs besteht aus einem armierten Keilsteinsturz mit äußerem, geradem Steinschnitt. Die Keilsteine sind mit angearbeiteten Haken und Auflagertaschen versehen. Über vertikal angeordnete schmiedeeiserne Anker werden die Vertikallasten auf Segmentbögen übertragen, die ihre Lasten direkt auf die Säulen abgeben.

Das statische System der Überdeckung der Toröffnungen ist ein Bogen mit Zugband. Der Horizontalschub wird von schmiedeeisernen Ankern aufgenommen.

Die Querarchitrave bilden den oberen Abschluss über den Torwänden und bestehen aus Sandstein-Quadermauerwerk mit eingelassenen Splinten. Zur Überbrückung der Lücke zwischen Säule und Tormauer wurden die Querarchitrave als ein massiver Sandsteinblock ausgebildet.

Die Friesplatten ruhen auf dem Hauptarchitrav. Sie sind rückseitig verankert und begrenzen den Hohlraum unter dem Segmentbogen nach außen hin.

Das zweischichtige Kranzgesims liegt mit seinem Unterglied auf Fries, Segmentbogenrücken und dessen Zwickelausmauerungen. Die Sima des Gesimsobergliedes kragt weit vor die Längsflucht. Die Hintermauerung des Kranzgesimses bildet im Bereich der Spitzbögen der Attika den Abschluss nach außen und die Basis für die Schildbögen unter dem Tonnengewölbe.

Die Attika wurde aus Sandstein-Quadermauerwerk errichtet und mit der Hintermauerung aus Ziegeln in Kalkmörtel verklammert.

Die Holzbalkendecke liegt auf den Querarchitraven und bildet mit einer Rabitzunterdecke den oberen Abschluss der Durchfahrten.

In Durchfahrtsrichtung wird das Tor über die sechs Torwände ausreichend gesteift. Anders verhält es sich in Längsrichtung. Die von Langhans gewählte Art der Aussteifung in Form von Ankern in Architravebene zeigte sich als unzureichend.

Die frühere hölzerne Dachkonstruktion sowie die lose aufgelegten Holzbalken in der Architravebene waren nicht in der Lage, die Horizontallasten (hervorgerufen aus Winddruck und -sog auf die Giebelwände sowie aus Schiefstellung) auf alle Torwände zu verteilen. Die Rückhängung dieser Lasten erfolgte über Diagonalanker auf nur einen Querarchitrav und damit erfolgte die Beteiligung von nur einer Torwand an dem horizontalen Lastabtrag in Längsrichtung des Bauwerks.

Die horizontalen Anker auf dem Hauptarchitrav sind in Nuten der Keilsteinstürze eingelassen und mit eingeblie-

ten Krampen gesichert. In der gleichen Ebene befinden sich versplintete Queranker als konstruktives Bindeglied zwischen dem Querarchitrav über der betreffenden Torwand und dem Hauptarchitrav über den vorgestellten Säulenreihen.

Vier Diagonalanker verlaufen als eine weitere historische Stabilisierung in der Ebene der Holzbalkendecke über der ersten und fünften Türöffnung von den Ecksäulen durch den Hohlraum der Holzbalkendecke zu den benachbarten Querarchitraven. Mit schmiedeeisernen Augen sind diese Diagonal- und Queranker mit dem Kopf der Torwände in den Natursteinquader der Querarchitrave versplintet.

Diese horizontalen Anker in Architravebene sollten die fast 15 m hohen auskragenden Torwände und Säulen in Längsrichtung des Tores aussteifen. Die ursprüngliche hölzerne Dachkonstruktion konnte zur Stabilisierung wegen ihrer geringen Steifigkeit nicht beitragen.

Weitere Anker wurden an den Segmentbögen, den Friesbändern, am Kranzgesims und an den Kappendecken gefunden.

In den 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts erhielt die Ebene über den mittleren drei Toröffnungen eine zusätzliche Ankerkonstruktion. Zwei Traversen aus Profilstahl auf dem jeweils zweiten Querarchitrav im Norden und Süden des Tores waren an die vier historischen Splinte gelascht und durch zwei lange Rundstahlanker über die mittleren drei Toröffnungen miteinander verbunden.

Diese Ankerkonstruktion wurde mit dem Ziel eingebaut, die versplinteten Diagonalanker auf den oben beschriebenen Querarchitraven kurzzuschließen. Die Kon-

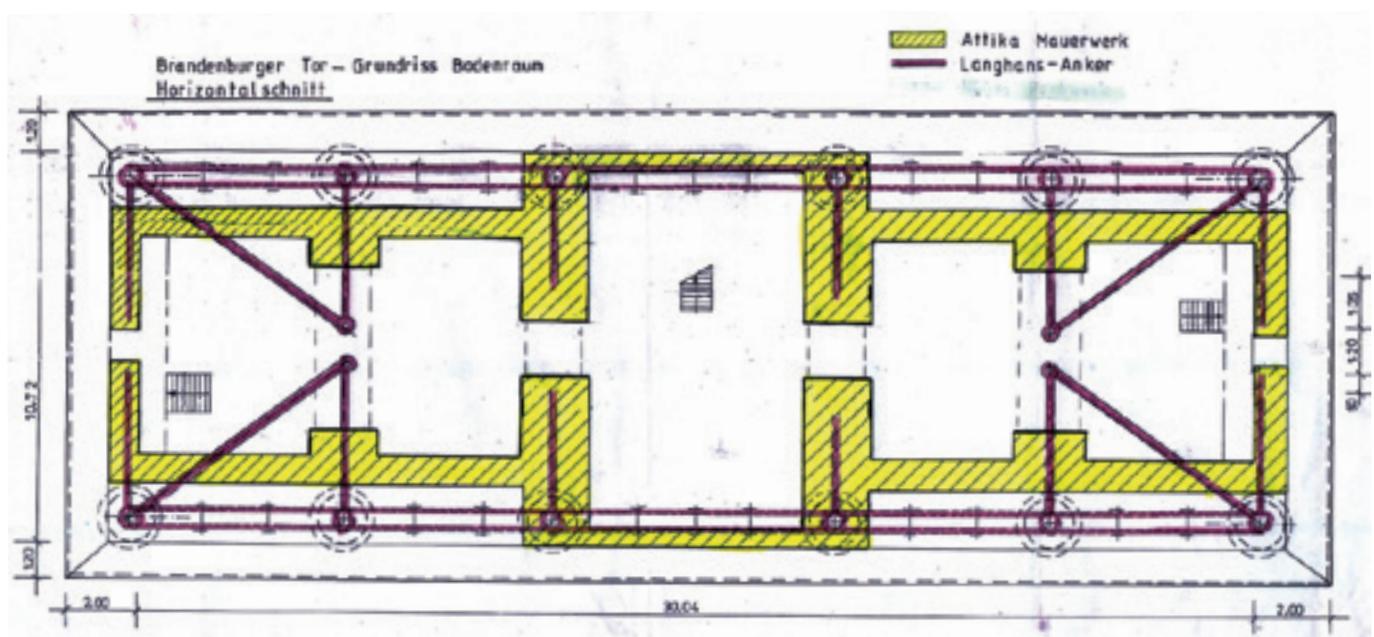
struktion zeigte sich durch Dehnungen infolge Temperatur als wirkungslos und wurde daher ausgetauscht.

Die vertikalen Lasten aus den Querwänden im Obergeschoss werden direkt auf die darunterliegenden Torwände abgetragen. Die Torwände wurden aus Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel mit einer Dicke von 1,50 m bis 1,80 m errichtet. Sie ruhen auf gemauerten Fundamentbanketten aus Kalkstein.

Die Torsäulen aus Sandstein tragen ihre Lasten aus den Segmentbögen über Klinkermauerwerk ebenfalls auf Fundamentbankette ab.

Der Gründungkörper des Tores besteht aus einer durchgehenden gemauerten Fundamentplatte von ungefähr 70 cm Dicke. Das Bruchsteinmauerwerk (Rüdersdorfer Kalkstein) hat seine Sohle in etwa 3 m Tiefe unter Gelände.

Die unter den Torwänden verlaufenden Querbankette und die Längsbankette unter den zwei Säulenreihen bilden einen aussteifenden Balkenrost auf der Fundamentplatte und dienen der Lastverteilung bis zur Fundamentunterkante.



4 Historische Aussteifungskonstruktion aus schmiedeeisernen Zugstäben

## Literatur

- [Arenhövel/Bothe 1991]: Arenhövel, Willmuth; Bothe, Rolf:  
Das Brandenburger Tor 1791–1991, Eine Monographie;  
Verlag Willmuth Arenhövel; 1991.
- [Cullen/Kieling 1990]: Cullen, Michael S.; Kieling, Uwe:  
Das Brandenburger Tor, Geschichte eines deutschen  
Symbols; Argon Verlag; 1990.
- [Demps 2003]: Demps, Laurenz: Meisterwerke Berliner  
Baukunst, Das Brandenburger Tor ein Symbol im Wan-  
del; Verlagshaus Braun; 2003.
- [Hürlimann 1936]: Hürlimann, Martin: Berlin, Potsdam und  
Umgebung; Atlantis Verlag; 1936.
- [Kindler 1956]: Kindler, Helmut: Berlin Brandenburger Tor,  
Brennpunkt deutscher Geschichte; Kindler Verlag; 1956.
- [Krenzlin 1991]: Krenzlin, Ulrike: Die Quadriga auf dem  
Brandenburger Tor; Verlag für Bauwesen; 1991.
- [Krimmer 1999]: Krimmer, Heinz; Volland, Ernst: Von Moskau  
nach Berlin; Parthas Verlag; 1999.
- [Kulturstiftung der Länder 1990]: Kulturstiftung der Länder:  
Helft, das Brandenburger Tor in Berlin zu restaurieren;  
Kulturstiftung der Länder; 1990.

Anja Säbel  
Stefan M. Holzer

## Die Einsteighalle in Hof – frühes Zeugnis des Ingenieurholzbaus

### Die Einsteighalle des alten Bahnhofs

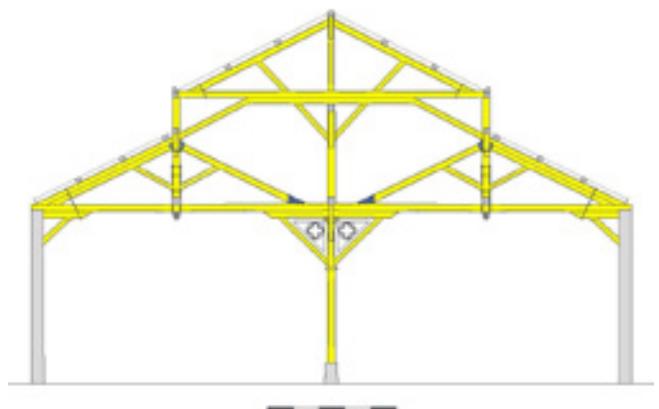
Die ehemalige Einsteighalle an der Hallstraße in Hof [Nerdinger 1987, S. 154] ist eines der wenigen erhaltenen Gebäude der frühen Eisenbahngeschichte in Bayern. Der Hofer Bahnhof entstand als Teil der staatlichen bayerischen Ludwig-Süd-Nord-Bahn; gemäß einem Staatsvertrag mit Sachsen sollte die Strecke bis Nürnberg bis 1847 fertig sein. Durch eine allgemeine Wirtschaftskrise stagnierte der gesamte Bahnbau jedoch gegen Ende des Jahres 1847 [Lutz 1883, S. 33–34]. Auch die Ludwig-Süd-Nord-Bahn erlebte einen monatelangen Baustopp. Als im März des Jahres 1848 die Arbeiten wieder aufgenommen wurden, konnte allerdings schon am 1. November die letzte Teilstrecke von Neuenmarkt nach Hof dem Verkehr übergeben werden [Nerdinger 1978, S. 35]. Die Einsteighalle wurde aber erst später errichtet. Die ersten Entwurfsplanungen von Gottfried von Neureuther stammen aus dem Jahre 1849 [DB-Archiv, Verkehrsmuseum Nürnberg]. Ein Aquarell aus den frühen 1850er-Jahren von Carl Herrle zeigt den Hofer Bahnhof von der Stadtseite her [Nerdinger 1987, S. 153]. Der Kopfbahnhof wurde schon nach wenigen Jahren durch einen Durchgangsbahnhof an anderer Stelle ersetzt; die Bauten des ersten Bahnhofs wurden umgenutzt und haben sich so teilweise bis heute erhalten. Die ehemalige Einsteighalle dient der Feuerwehr als Abstellraum für Einsatzfahrzeuge.

### Baubeschreibung

Das äußere Erscheinungsbild der Hofer Einsteighalle (Abb. 1) entspricht der Form einer dreischiffigen Basilika mit gering überhöhtem Mittelschiff. Die offene »Obergaudenzone« des »Mittelschiffs« ermöglichte den Abzug des Rauches der Lokomotiven. Auch die bis heute erhaltene Einsteighalle des ersten Bahnhofs in Augsburg von 1840 zeigt die Form einer Basilika, genau wie die zerstörten Hallen in Freiburg von 1845 [Eisenlohr 1865] oder München von 1847 [Nerdinger 1987, S. 149]. Obwohl die Entwurfsplanung Neureuthers von 1849 eine reich verzierte Fassade vorsah, ist heute lediglich eine kleine Schmuckform auf der Giebelspitze angebracht. Außerdem befindet sich mittig ein großes Rundfenster, jedoch ohne weitere Dekoration. Vermutlich haben die strengen finanziellen Randbedingungen zu einer Reduzierung der bauplastischen Ausstattung geführt. Die lichten Innenmaße der Halle betragen heute ca. 40 auf 22,3 m. Ursprünglich war die Halle jedoch 91 m lang [Sendner-Rieger 1989, S. 75] und wurde auf der östlichen Seite durch ein Empfangsgebäude erschlossen, das heute jedoch nicht mehr existiert. Die östliche Hälfte der Halle ist heute verschwunden. Die vier Tore auf der westlichen Seite ermöglichen das Ein- und Ausfahren der Züge. An den Traufseiten des Gebäudes sind hauptsächlich Fenster und vereinzelt Türen angebracht. Eine erhaltene perspektivische Zeichnung des Würzburger Bahnhofs, der ebenfalls durch Neureuther entworfen und 1854 eröffnet wurde [Memminger 1921],



1 Einsteighalle in Hof, Außenansicht von Nordwest, 2012



2 Einsteighalle in Hof, Querschnitt (Aufmaß: A. Säbel und S. Holzer, 2012)

zeigt viele Parallelen zur Hofer Einstieghalle und gibt somit auch einen Eindruck von der ehemaligen Nutzung der Hofer Halle. In der Grundrisszeichnung ist zu sehen, dass durch alle vier Tore Gleise in die Halle führten. Am Ende der Halle müssen sich Drehscheiben befunden haben, die ein Umdrehen der Lokomotiven in der Halle ermöglichten. Seitlich an den Außenwänden waren Bahnsteige angebracht, von denen die Fahrgäste in die Züge gelangen konnten [Neureuther 1860].

### Das Dachwerk

Im Innern der Halle ist die offene Dachkonstruktion aus Holz zu sehen (Abb. 2). Es sind noch zehn Bindergesparre vorhanden. Anders als man vielleicht angesichts der Außenansicht erwarten würde, ist die Halle nicht etwa ein- oder dreischiffig, sondern wird vielmehr durch eine mittige Stützenreihe in zwei symmetrische Hälften aufgeteilt. Jeder Binder der Halle weist einen durchgehenden Zerrbalken auf, der seitlich auf Kraggen aufliegt, die wiederum in eine Wandvorlage eingemauert sind. Die Kraggen werden zusätzlich durch Kopfbänder abgestützt. In der Mitte ist der Zerrbalken auf der Mittelstützenreihe aufgelaugert, wobei sich zwischen dem jeweiligen Ständer und dem Zerrbalken ein Sattelholz befindet. Die Verbindung zwischen Ständer und Sattelholz wird durch seitliche Kopfbänder ausgesteift. Der sich durch die Kopfbänder ergebende dreieckige Freiraum ist mit neugotischen vierpassförmigen Zierelementen aus Holz ausgefüllt. Im freien Bereich zwischen den Anschlüssen sind alle Balken der Dachkonstruktion an den Kanten dekorativ abgefast.

Neben der Mittelstützung auf der mittleren Stützenreihe finden die langen Zerrbalken eine weitere Zwischenauflagerung in den Viertelpunkten. Dort sind sie an Überzügen aufgehängt, die von einfachen Hängewerken getragen werden. Diese Hängewerke bestehen aus den Hängesäulen, die jeweils durch zwei seitliche Streben aufgehängt werden. Der Fußpunkt der nach außen zeigenden Strebe ist durch einen doppelten Versatz mit dem Zerrbalken verbunden. Die zur Mittelstützenreihe hin fallenden Streben hingegen enden in Eisenschuhen, die auf den Zerrbalken aufgeschraubt sind (Abb. 3). Die Verbindung zwischen dem oberen Ende der Streben und den Hängesäulen ist ebenfalls mit solchen Eisenschuhen ausgeführt (Abb. 4).

Der Zerrbalken ist an der Hängesäule durch Eisenbänder aufgehängt und von unten verschraubt. Unterhalb der Zerrbalken sind verzierte Balkenköpfe angebracht, die wie die Enden der Hängesäulen wirken, jedoch nur der Optik dienen.

Im oberen Teil ist der beschriebenen Grundkonstruktion das Dach des überhöhten »Mittelschiffs« aufgesetzt. Die aufgesattelte Dachkonstruktion des Mittelbereiches kann als einfache Ständerkonstruktion auf drei Stützen-



3 Einstieghalle in Hof, Balkenschuh zwischen Strebe und Zerrbalken, 2012



4 Einstieghalle in Hof, Balkenschuh zwischen Strebe und Hängesäule, 2012

reihen gelesen werden. Jedoch ruht der Zerrbalken des Mittelschiffsdaches auf einem weiteren Balken, der auch als Spannriegel eines die gesamte Gebäudebreite überbrückenden Sprengwerkes interpretiert werden kann. Die Streben dieses Hängewerkes sind durch einen doppelten Versatz mit dem Zerrbalken verbunden. Die Knoten an den Dachtraufen, an denen die Streben der einfachen Hängewerke und des gebäudebreiten Sprengwerks anlaufen, sind zusätzlich mit einem schräg durch alle Hölzer hindurchgehenden Eisenbolzen gesichert.

Die Binder des Dachwerkes tragen die Pfetten. Im Bereich der »Seitenschiffe« liegen auf den Streben drei Pfetten auf, die wiederum die Sparren samt der Dachhaut tragen. Die Sparren selbst waren ursprünglich vermutlich

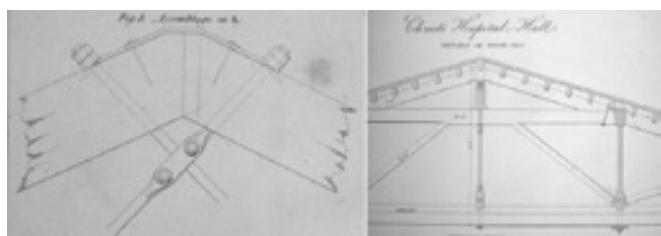
auf eine Schwelle aufgeklaubt. Allerdings sind heute alle Sparren neu und entsprechen wohl nicht mehr ganz der originalen Situation.

Im Bereich des aufgesattelten Mittelschiffsdachs liegen die Sparren auf zwei Mittelpfetten, klauen an ihren unteren Enden auf eine fünfeckige Schwelle auf und bilden einen geringen seitlichen Dachüberstand aus. Im First ruhen die Sparren auf einer fünfeckigen Firstpfette, die durch den mittigen Ständer getragen wird. Die seitlichen Schwellen ruhen auf einer Art Rähm, das durch die Verlängerung der unteren Hängesäulen getragen wird. Da die Hängesäulen einen größeren Querschnitt aufweisen als das Rähm, kann die obere Fläche der Hängesäule außerdem noch als Auflager für die Zerrbalken des oberen Daches dienen. Der Zerrbalken ist zusätzlich, ähnlich einer Blockbauverbindung, zwischen Schwelle und Rähm hineingezapft.

### Historischer Kontext

Das Hofer Dach zeigt verschiedene fortschrittliche ingenieurmäßige Konstruktionsideen, ist in seiner statisch unklaren Gesamtstruktur aber doch auch ein Zeugnis der starken handwerklichen Tradition. Baukonstruktion findet um die Mitte des 19. Jahrhunderts in einem Kontext des intensiven internationalen ingenieurwissenschaftlichen Dialoges statt. Gerade die vielfältigen Bauaufgaben der Eisenbahn, für die man oftmals auf keine etablierten traditionellen Konstruktionsformen zurückgreifen konnte, boten vielfachen Anlass, mit neuen Formen und Materialien zu experimentieren, um effektive und kostengünstige Lösungen zu erzielen. Auch am Hofer Bauwerk hat die zeitgenössische Fachliteratur Spuren hinterlassen. Im folgenden soll exemplarisch am Beispiel der auffälligen gusseisernen Balkenschuhe die Anbindung der Hofer Konstruktion an den zeitgenössischen ingenieurwissenschaftlichen Diskurs aufgezeigt werden.

Gusseiserne Balkenschuhe stehen in engem Zusammenhang mit der Entwicklung gemischter Holz-Eisen-Konstruktionen. In Einzelfällen lassen sich zwar eiserne Zugstangen in hölzernen Dachwerken schon im 17. Jahrhundert nachweisen, ab dem frühen 19. Jahrhundert aber



5 Verbindung von hölzernen und eisernen Konstruktionselementen.  
Links: Firstpunkt des Polonceau-Dachs wie von Polonceau 1840 publiziert [Polonceau 1840, Taf. 2, Detail]; rechts: Knotenpunkte eines 1824 errichteten englischen Daches [Tredgold 1840, Taf. 35, Detail].



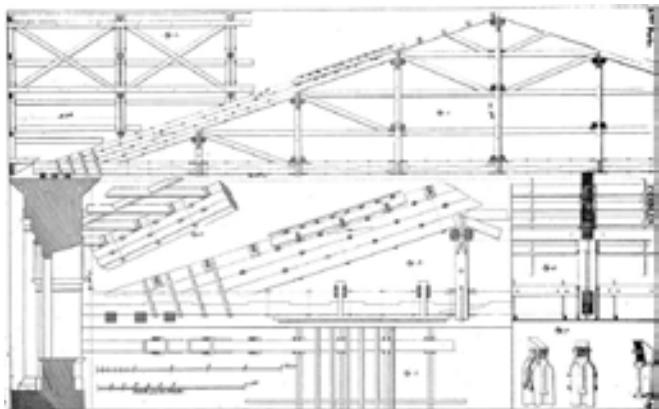
6 Ansicht der Waterloo Bridge, London, mit ihrem Lehrgerüst [Nicholson 1836, Frontispiz]. Deutlich sichtbar sind die gusseisernen Balkenschuhe an den fächerförmigen Knoten.

wurden solche Konstruktionen auch in Deutschland deutlich häufiger (vgl. auch [Säbel/Holzer 2014]). Während die noch heute erhaltene Einstieghalle des alten Bahnhofes von Augsburg von 1840 eine reine Holzkonstruktion aufweist, die hauptsächlich traditionelle Zimmerwerksverbindungen verwendet, wurden beispielsweise bei der Einstieghalle in Freiburg 1848 der Zerrbalken und der untere Teil der mittleren Hängesäule durch Eisen ersetzt.

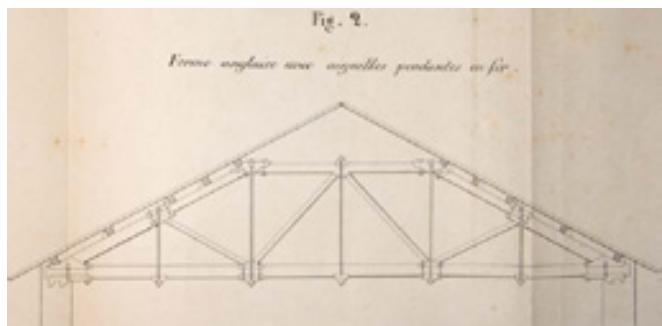
Bei der Kombination von Eisenstäben und Holzbalken entsteht an den Knoten ein Problem, da dort Elemente von sehr unterschiedlicher Dicke zu verbinden sind; in den Holzbalken ist somit eine konzentrierte Last einzutragen. Die traditionelle Zimmermannskunst bot für solche Situationen keine überzeugenden Lösungen. Noch im Aufsatz von Camille Polonceau von 1840 [Polonceau 1840], in dem das später so erfolgreiche kombinierte Holz-Eisen-Dachkonstruktionssystem vorgestellt wurde, war der Anschluss der zugbelasteten Eisen an die Holzelemente ein unbefriedigend gelöster Schwachpunkt; Polonceaus Konstruktion wirkt geradezu hilflos (Abb. 5, links). In England hingegen bewältigte man schon ab den 1820er-Jahren dasselbe Problem durch die Verwendung gusseiserner Knotenelemente, in welche die Holzbalken wie in einen Schuh hineingesteckt wurden. In der posthumen dritten Auflage von Thomas Tredgolds erfolgreichem Lehrbuch *Elementary Principles of Carpentry* von 1840 sind im Anhang mehrere tatsächlich ausgeführte Dachkonstruktionen dargestellt, die derartige Detailpunkte aufweisen, zum Beispiel am Dach des schon 1824 errichteten Christ's Hospital (Abb. 5, rechts; [Tredgold 1840, Taf. 35]).

In reinen Holzkonstruktionen waren gusseiserne Balkenschuhe noch exotischer als im Holz-Eisen-Bau. Sie

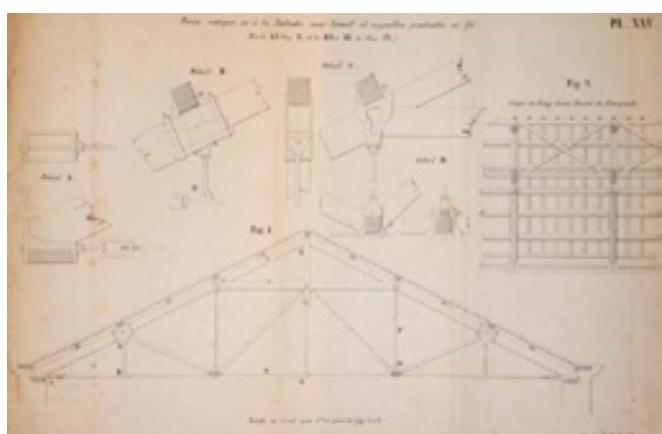
lassen sich jedoch auch dort im frühen 19. Jahrhundert vereinzelt nachweisen, insbesondere am Lehrgerüst von John Rennies Waterloo Bridge in London (Abb. 6) und an der für damalige Verhältnisse geradezu sensationell weit (50m) gespannten Dachkonstruktion der später »Manezh« genannten Reithalle in Moskau von A. de Betancourt, beide aus dem Jahre 1817 stammend (Abb. 7). Auslöser für die Verwendung gusseiserner Knotenelemente war in



7 Reithalle »Manezh« in Moskau [Krafft 1821, Taf. 29], rechts unten Detail der Balkenschuhe



8 Englisches Dachwerk mit eisernen Balkenschuhen [Ardant 1840, Taf. I, Detail]



9 Von Ardant empfohlene Dachkonstruktion für große Spannweiten [Ardant 1840, Taf. 25]. An nahezu allen Knoten sind gusseiserne Balkenschuhe angeordnet.

beiden Fällen die Schwierigkeit, eine größere Zahl hochgradig druckbelasteter Holzbalken an einem einzigen Punkt miteinander kraftschlüssig zu verbinden. Beide Bauwerke waren auch in Mitteleuropa aus Publikationen bekannt. Betancourts Reithalle ist sowohl bei Krafft [Krafft 1821] als auch in Rondelets weitaus verbreiteterem Lehrbuch [Rondelet 1834] abgebildet. Betancourt selbst hatte 1819 dazu geschrieben: »Der Hauptkunstgriff dieser Holzverbindung liegt in den Köpfen von Gusseisen an den Hängesäulen, so dass die gegeneinander strebenden Holzstücke niemals in direkte Berührung kommen« (zit. nach [Rondelet 1834, S. 142]). Der gusseiserne Balkenschuh ist bei Betancourt also die konsequente Weiterentwicklung des schon seit Jahrhunderten üblichen Einlegens von Blei- oder Eisenplatten in die Kontaktstirnen von Versatzanschlüssen zur Vermeidung eines Stoßes von Hirnholz gegen Hirnholz.

Der vollständige Verzicht auf zimmermannsmäßige Verbindungen an einem Knoten stellt einen radikalen Bruch mit dem handwerklichen Holzbau dar und ist ein Indiz des beginnenden Ingenieurholzbau. In Hof wäre angesichts der relativ bescheidenen Spannweiten des Tragwerkes ohne Weiteres auch ein traditioneller zimmermannsmäßiger Anschluss (mit Stirnversatz und Zapfen) möglich und ausreichend tragfähig gewesen. Dass stattdessen die gusseisernen Balkenschuhe zum Einsatz kamen, setzt eine bewusste Entscheidung für eine ingenieurmäßige Konstruktionsart voraus. Sie kann wohl nur durch eine entsprechende Rezeption weiterer damals aktueller ingenieurwissenschaftlicher Literatur erklärt werden. Die isolierten Einzelanwendungen bei Rennie und Betancourt reichen wohl nicht aus, um den Hofer Entwurf zu begründen.

Den maßgeblichen Text, auf den die Neuerung wohl zurückgeht, braucht man nicht lange zu suchen: Eine Schlüsselrolle ist im beginnenden Ingenieur-Holzbau dem 1840 erschienenen Buch Paul Ardants zuzuweisen [Ardant 1840]. Dass diese Monografie auch in Deutschland große Beachtung fand, spiegelt sich nicht zuletzt in den zahlreichen deutschen Übersetzungen und Bearbeitungen (ausführliche Zitate z.B. in [Romberg 1847], außerdem die davon unabhängige Übersetzung von A. Kaven [Ardant 1847]). Interessanterweise bezieht sich gerade Ardant explizit auf Betancourts Moskauer Reithalle sowie auf ein zeitgenössisches englisches Holz-Eisen-Dachwerk (Abb. 8) und führt somit die beiden Wurzeln des gusseisernen Balkenschuhes zusammen. Zu beiden Konstruktionen schreibt Ardant: »Die Anwendung des Eisens bringt [neben der Gewichtersparnis bei Zuggliedern, A.S./S.H.] einen weiteren wichtigen Vorteil mit sich: Dieser besteht darin, dass die bruchgefährdeten Knoten der Dachbinder großer Spannweite fester gefügt werden, und dass sich der Durchhang der Träger vermindert, der sich durch die gegenseitige Eindrückung der Holzbalken quer zur Faser

ergibt. Dies lässt sich erreichen, indem man die Zapfenverbindungen durch gusseiserne Knotenelemente ersetzt, in welchen das Holz wie in einer Hülse steckt; eine Zeichnung einer derartigen Holzkonstruktion in England wurde mir durch Herrn Debret mitgeteilt.« [Ardant 1840, S. 3] Allgemein empfahl Ardant überdies: »Ich glaube, dass es am besten wäre, die Ueberschneidungen, wobei jedes Holz zur Hälfte ausgeschnitten wird, nur im äußersten Nothfalle anzuwenden, und statt der Zapfen und Zapfenlöcher einfache Versatzungen, durch ein oder zwei starke Schraubbolzen gesichert, und über diese die Zangen gelegt, anzuwenden. Gut ist es auch, dünne Bleiplatten zwischen die Fugen zweier Hölzer zu bringen, die mit großer Kraft gegen einander gedrückt werden, um jedes Ineinanderdrücken der Fasern des Holzes zu vermeiden.« [Ardant 1847, S. 92] Der Eisenschuh verband beide Vorteile, indem er eine Schwächung des Querschnitts der Holzbauteile vermied und gleichzeitig die aufeinanderstoßenden Bauenteile voneinander trennte.

### Fazit

Eine Beeinflussung der weitgehend standardisierten Entwürfe zu den Hochbauten der bayerischen Ludwig-Süd-Nord-Bahn durch die zeitgenössische Fachliteratur konnte am Beispiel der ehemaligen Einstieghalle zu Hof anhand des Indizes der Verwendung gusseiserner Balkenschuhe an einem reinen Holzbau wahrscheinlich gemacht werden. Auch der Einsatz von Hängewerken zur Herstellung der Hauptträger für das Pfettendach reflektiert die Lösungen der zeitgenössischen ingenieurwissenschaftlichen Fachliteratur. Trotzdem entspricht die Gesamtstruktur des vielfach statisch unbestimmten Hofer Tragwerkes noch nicht den klaren Konzepten fachwerkartiger Dachbinder, wie sie Ardant propagierte. Auch die Verwendung der Balkenschuhe erscheint merkwürdig zufällig, da gleichartige Knoten im gleichen Tragwerk auch noch mit dem althergebrachten Versatz ausgebildet wurden. In der Mischung von Innovation und Handwerkstradition ist die Hofer Halle ein einmaliges Dokument des Vordringens der Ingenieurwissenschaft in die traditionsreiche Domäne des Holzbau-

### Literatur

- [Ardant 1840]: Ardant, P.: *Études théoriques et pratiques sur l'établissement des charpentes à grande portée* (1840).
- [Ardant 1847]: Ardant, P.: *Theoretisch-praktische Abhandlung über Anordnung und Construction der Sprengwerke von großer Spannweite* (1847).
- [Eisenlohr 1865]: Eisenlohr, F.: Sammlung von Hochbauten der Großh. Badischen Eisenbahn (1865).
- [Krafft 1821]: Krafft, J.-Ch.: *Traité sur l'art de la charpente, théorique et pratique*, Bd. 4 (1821).
- [Lutz 1883]: Lutz, K.: *Der Bau der bayerischen Eisenbahn rechts des Rheins* (1883).
- [Memminger 1921]: Memminger, T.: *Würzburgs Straßen und Bauten* (1921).
- [Nerdinger 1978]: Nerdinger, W.: *Gottfried von Neureuther 1811–1887* (1978).
- [Nerdinger 1987]: Nerdinger, W.: *Romantik und Restauration. Ausstellungskatalog* (1987).
- [Neureuther 1860]: Neureuther, G.: *Der Bahnhof zu Würzburg* (1860).
- [Nicholson 1836]: Nicholson, P.: *Practical carpentry, joinery and cabinet-making* (1836).
- [Polonceau 1840]: Polonceau, C.: *Notice sur un nouveau système de charpente en bois et en fer*, in: *Revue générale de l'architecture* 1 (1840), 27–32 und Tafel 2.
- [Romberg 1847]: Romberg, J. A.: *Die Zimmerwerksbaukunst in allen ihren Theilen* (1847).
- [Rondelet]: Rondelet, J. B.: *Theoretisch-praktische Anleitung zur Kunst zu bauen*. 3. Bd. (1834).
- [Säbel/Holzer 2014]: Säbel, A.; Holzer, S. M.: *Der Marstall zu Regensburg (1829–1831). Eine Reitbahn für den Fürsten von Thurn und Taxis*, in: Bericht über die 47. Tagung für Ausgrabungswissenschaft und Bauforschung der Koldewey-Gesellschaft (2014), S. 245–254.
- [Sendner-Rieger 1989]: Sendner-Rieger, B.: *Die Bahnhöfe der Ludwig-Süd-Nord-Bahn 1841–1853* (1989).
- [Tredgold 1840]: Tredgold, Th.: *Elementary principles of carpentry*. 3rd ed. (1840).

## Geschichte der Bautechnik: Anmerkungen eines Beratenden Ingenieurs

Die folgenden kurzen Anmerkungen gelten dem bauenden Ingenieur als einer Kernperson in der neueren Geschichte der Bautechnik; sie entspringen meinem Alltag als selbstständiger, beratender, planender und prüfender Bauingenieur und, parallel dazu, einem Vierteljahrhundert Erfahrung als Schriftleiter von *Beton- und Stahlbetonbau*. Die Zeit seit meinem Ausscheiden aus dem aktiven Beruf 2001 ist weitergegangen, doch grundlegende Fragen zu Entwicklung und Bedeutung unseres Berufes sind unverändert geblieben.

Als Bauingenieure brauchen wir drei Säulen, um als – nicht nur – dienend rechnende, sondern auch schöpferische, erfindende, gestaltende und sichernde Gruppe auf dem Feld der Bautechnik wahrgenommen zu werden. Wir sind bedeutende Mitgestalter der Baukunst, seit der Aufspaltung des Baumeisters in Architekt und Ingenieur. Unser Berufsbild ist hervorragend, es weist jedoch übersehene und vernachlässigte Facetten auf. Davon will ich erzählen.

Unsere erste Säule ist die Entwicklung von Konstruktionen im weitesten Sinne im Hoch- und Tiefbau, von der ersten Idee über den Entwurf, die Berechnung, das Planen bis hin zur Ausführung, nicht zu vergessen ist unser Beitrag bei der Erhaltung historisch bedeutsamer Bauwerke: Es werden damit die Rohfassungen für die Geschichte der neueren Bautechnik geschrieben. Hierüber müssen wir hier nicht nachdenken, es ist unser tägliches Brot mit harten Kanten und Beeinflussungen: Am Ende des Prozesses ist, mit und ohne Beteiligung von Architekten, ein Werk entstanden.

Dieses Werk steht in den allermeisten Fällen der Öffentlichkeit vor Augen, es stellt sich der Betrachtung und ist damit der kritischen Analyse und Wertung von Laien und Fachleuten ausgesetzt.

In den Fachzeitschriften findet es sich, so es einigermaßen bedeutend ist, für die Fachleute beschrieben, technisch erläutert und mit mehr oder weniger Zahlen umrankt.

Ausdrücklich will ich anmerken: Wer nur auf die Form schaut, übersieht manche technisch bedeutende Entwicklung, die wichtiger Teil der Bautechnik wird; nicht wenige der zunächst hoch gelobten Bauwerke dämmern in einer Schönheit dahin, die bauphysikalisch oder baudynamisch verschattet wird.

Eine kritische Würdigung, nämlich Konstruktionskritik als Teil der Architekturkritik – unsere zweite Säule – zur

Formgebung, zur Logik der Konstruktion unsererseits, zur Übereinstimmung von Innen und Außen, bei Brücken beispielsweise zur Einpassung in den Raum, bleibt marginal. Auf Tagungen wird dieses für uns weitgehend ungeübte, kaum gelehrt und wenig gelernte Thema des Fügens und Formens, also des Gestaltens, wenn, dann stiefmütterlich behandelt. Ein letzter Funken glüht für den Ingenieur ab und zu in den Feuilletons auf, die ihn als rechnenden Helfer erwähnen, das Werk als solches dagegen Architekten, wie bedeutend ihr Beitrag auch sein mag, zuschlagen. Deinen Anteile sind allerdings nicht immer gering zu schätzen, ich habe in fast allen Fällen gern mit ihnen zusammengearbeitet.

Wir sollten nicht ständig klagen, an der Herausbildung dieses Zustandes sind wir von Beginn an, seit der Auftrennung des Baumeisters in Architekt und Ingenieur, eng beteiligt: Unser Schweigen zu unseren eigenen Werken ist sehr bereit bei Fragen, die über das Technische, das durch Zahlen Belegte hinausgehen. Es fehlt am Willen, in Publikationen oder Diskussionen sich kritisch zu äußern, womit wir der scheinbaren Gefahr ausweichen, uns unbeliebt zu machen oder selbst kritisiert zu werden. Auch unser Mut, die Allgemeinheit vor und während der Errichtung von großen Projekten aufzuklären oder auf Tagungen öffentlichkeitswirksam über Sinn, Zweck und Form im positiven Wortsinn zu streiten, lässt zu wünschen übrig. Dabei wäre dies eine Möglichkeit, in der Öffentlichkeit sichtbar und hörbar hervorzutreten. Kritik wird in allen Bereichen der Kunst geübt, seien es Literatur, Musik, Theater oder Architektur. Wir ziehen den Kopf ein und ducken uns weg. Wir stehen auf nur wenig fundiertem und zusammenhängendem Geschichtsboden! Das wird sich nun, so ist zu hoffen, ändern und besser werden mit der dritten Säule: der Geschichte der Bautechnik.

Die erwähnte fehlende Kritikfähigkeit lässt sich vor allem auf der Basis einer solchen Geschichte gewinnen, in der unser Tun ein großes Kapitel umfasst. Es wollen Zusammenhänge geklärt, Entwicklungsstränge aufgezeigt und analysiert sein.

Es werden, so hoffe ich, auch die Ingenieure als Personen mit ihrem Porträt und Werk wieder hervorkommen hinter dem Schleier unserer von der Bauverwaltung oft verordneten Unsichtbarkeit. Wird nur aus der vom Reißwolf bedrohten Aktenlage und schwindender Erinnerung berichtet, so ist das Porträt nicht vollständig. Es fehlt die Stimme und die Interpretation des Porträtierten, so sub-

jektiv sie auch sein mag. Oft hat er sich nicht zu seiner Arbeit geäußert, oder Aufzeichnungen und Unterlagen sind verloren gegangen, da Ingenieure wenig Wert auf deren Aufbewahrung legen.

Dies war der Ansatz zu meinem Sammelband *Bauingenieure und ihr Werk* [Stiglat, Bauingenieure, 2004]. Anlass dazu war das mich aufschreckende Ergebnis einer kleinen Rundfrage unter Kollegen zu bekannten Ingenieurbauwerken und den mit diesen verbundenen Namen der Ingenieure. Mein Fazit daraus war: Da gesichtslos ist, wer geschichtslos ist, müsste dem etwas entgegengesetzt werden. Ingenieure zum Schreiben oder zum Berichten über sich selbst zu bringen, aus der Anonymität herauszutreten, war wahrlich nicht einfach, ich bin ihnen allen heute noch für ihre Bereitschaft hierzu dankbar. Im *Stahlbau* 2004 [Stiglat, Stahlbau, 2004] habe ich in einem Arbeitsbericht zu dem Buch mein Vorgehen ausführlich erläutert, um anzuregen und Reaktionen zu erfahren. Es war ein Anfang, der so oder ähnlich weiterverfolgt werden sollte.

Die bauenden Ingenieure kommen aus vier Bereichen: Zur ersten Gruppe zählen entscheidende Mitglieder der Bauverwaltungen; ich denke an Lentze (Weichsel-Brücke, Dirschau), Schaechterle (Autobahn-Brücken Drittes Reich), Klingenberg, Standfuß u.a. (Brückenbau Bundesstraßen nach dem Zweiten Weltkrieg). Die zweite Gruppe führt bedeutende Bauunternehmen oder deren konstruktive Abteilungen: Finsterwalder, Schambeck (D & W), Wittfoht (Polensky & Zöllner) u.a. Planungsbüros, deren selbstständige Inhaber sich der Lehre widmen, wie Leonhardt, Pauser, Schlaich, bilden die dritte Gruppe. Die vierte Gruppe umfasst die Büros der selbstständigen Ingenieure »ohne Bindungen« wie Homberg, Grassl, Obermeyer. Welche Werke und Entwicklungen kommen aus diesen Gruppen, wie stehen sie zueinander, wie haben sie sich entwickelt und verändert, was haben sie bewirkt? Dieses große Tableau ist eine intensive Untersuchung wert.

Es stünde uns auch die Erarbeitung eines Nachschlagewerks gut an, wie das *Biographical Dictionary of Civil Engineers* der Institution of Civil Engineers in London, von dem mir allerdings nur der die Jahre 1500 bis 1830 umfassende Band 1 bekannt ist.

Ich befürchte allerdings, dass die Resonanz für solch »literarische« Publikationen auf dem Ingenieur-»Markt« nach wie vor nicht sehr groß ist und stärker durch die Lehre geweckt werden muss. Als Mitglied im Beirat des Südwestdeutschen Archivs für Architektur und Ingenieurbau in Karlsruhe beobachte ich seit Jahren, dass seitens der bauenden Ingenieure bis hin zu unseren Kammern, im Gegensatz zu den Architekten, keine große Aufgeschlossenheit für diese, die »Erblast« von bedeutenden Architektur- und Ingenieurbüros übernehmenden Archive in Deutschland besteht. Dabei wird hier Geschichte festgehalten, die sonst in der Zeit versickern würde. Vielleicht

wird die neue Gesellschaft für Bautechnikgeschichte hier einiges bewirken.

Meine Befürchtungen sind nicht weniger geworden, sondern im Laufe der Jahre gewachsen: Die von Herbert Ricken und Paulgerd Jesberg veröffentlichten hervor- und herausragenden Bücher *Der Bauingenieur – Geschichte eines Berufes* von 1994 [Ricken 1994] und *Geschichte der Ingenieurbaukunst aus dem Geist des Humanismus*, erschienen 1996 [Jesberg 1996], haben nach meiner Kenntnis nur eine geringe Aufnahme in der Praxis gefunden.

Trotz aller Skepsis müssen die Gesellschaft für Bautechnikgeschichte und deren Mitglieder die Ergebnisse der Forschungen gut zugänglich gedruckt erscheinen und nicht als Institutspapiere verstauben lassen. Sie müssen für die im Alltag stehenden Ingenieure und die interessierten Laien verfasst sein. Wir sollten uns nicht zu gut sein, als Fachleute und Wissenschaftler dem Erzählen mehr Platz einzuräumen, ohne an Fakten Abstriche zu machen; das ist möglich, so die Autoren es wollen. Und vielleicht erreichen wir es, in den großen Zeitungen Kolumnen zu platzieren, die von kenntnisreichen Ingenieur-Journalisten verfasst sind; der Gesellschaft ist es vielleicht möglich, manche Tür zu öffnen.

Nach diesen Anmerkungen zu den drei unseren Beruf tragenden Säulen will ich auf die Frage eingehen: Was ist das Dach über unserem ganzen Tun als bauende Ingenieure, die die Rohfassung der Geschichte der Bautechnik liefern? Wie oder was antworten wir einem so fragenden jungen Ingenieur, einem Laien oder Bauherrn, wie ich es erlebt habe? (Stand-)Sicherheit, Nachhaltigkeit u.a. sind Teilaspekte oder Teilanworten; Erfindergeist hält sich am Wortstamm Ingenium fest; Erfinden ist in vielen Berufen möglich und notwendig und wann und was erfinden wir ständig? Wie sind wir zu sehen, die weniger erfinden, aber den Alltag gestalten? Was also ist unsere »Philosophie«?

Hören wir kurz, was namhafte Väter der heutigen Architekten so gedacht haben, über uns und den Unterschied zu ihnen:

Peter Behrens konstatiert 1917 in seinem Essay »Über die Beziehungen der künstlerischen und technischen Probleme« [Behrens 1917] unter anderem, dass der Ingenieur bei seinen Bauten in Eisen nur das Interesse an der Konstruktion finde und in diesem durch rechnerische Tätigkeit gewonnenen Ergebnis sein Ziel erreicht zu haben glaube. Weiter formuliert er: »Die Aufgabe der Architektur ist und bleibt aber für alle Zeiten, nicht zu enthüllen, sondern Raum einzuschließen, zu umkleiden. Baukunst ist Körpergestaltung.« Seine weitere Feststellung, »Die ästhetische Stabilität ist etwas anderes als die konstruktive«, ist bedenkenswert. Sie birgt in sich die Frage, ob ästhetische Stabilität ohne konstruktive möglich ist oder ob ästhetische und konstruktive Belange überhaupt getrennt werden können. Welch ein Dialog wäre das für eine Tagung!

Behrens möchte den Ingenieuren das Niveau nicht absprechen, hält uns aber in ästhetischen Belangen für schwach, spricht unseren Bauwerken, beispielsweise großen Hallen, nicht eine bestimmte Schönheit ab, sie seien aber zufällig so geraten und nicht Ausfluss eines Konzepts künstlerischer Grundsätze. Es sei bei uns Ingenieuren die Gesetzmäßigkeit des organischen Werdens wirksam, die auch die Natur in all ihren Werken offenbare. Aber wie die Natur nicht Kultur sei, so könne auch die menschliche Erfüllung von zweckhaften und allein materiellen Absichten keine kulturellen Werte schaffen.

Ausführlich und vertieft äußert sich Hans Poelzig 1931, 15 Jahre nach Behrens, in einem grundlegenden Vortrag »Der Architekt« [Poelzig 1954] auf einem Bundestag der Architekten in Berlin. Er steht auf der gleichen Linie mit Behrens, wenn er ausführt, dass der Mensch sich mit der Kunst außerhalb der Natur stelle, sie also mit der Technik fortsetze, unser Bauen also Naturgesetzen wie der Mathematik, der Mechanik usw. unterliege. So könne der Techniker lediglich Fachmann sein, er entstamme nicht wie der Architekt dem Feld der Geisteswissenschaften, der Religion, der Philosophie. Da Technik in der Architektur unumgänglich ist, sei der Ingenieur als Hilfskraft für den Architekten unabdingbar. Womit unsere Position aus der Sicht der Architekten bis heute – unumstößlich wohl – festgelegt ist. Poelzig sieht voraus, dass wegen der notwendigen technischen Hilfe durch Ingenieure beim Bauen es zu einer Gleichförmigkeit der Architekturformen über die Welt kommen werde.

Le Corbusier ist zu zitieren, der 1922 in »Vers une architecture« [Le Corbusier 1982] die Stellung der Ingenieure in einer für seine Kollegen damals und für manche von ihnen auch heute noch wenig akzeptablen Wertigkeit beschreibt. Zur aufkommenden Wirkung der Ingenieure vermerkt er: »Ingenieur-Ästhetik, Baukunst: beide im tiefsten Grund dasselbe, eins aus dem andern folgend, das eine in voller Entfaltung, das andere (die Baukunst alten Stils) in peinlicher Rückentwicklung.« Zu der von Behrens erwähnten Dualität des Stabilen stellt er fest: »Die reine Konstruktion gewährleistet die Stabilität, die Architektur ist da, um uns zu ergreifen. Sobald gewisse Beziehungen walten, röhrt uns das Werk an. Baukunst heißt ‚Zusammenhänge‘, heißt reine Schöpfung des Geistes.« Und weiter: »Der Architekt verwirklicht durch seine Handhabung der Formen eine Ordnung, die reine Schöpfung seines Geistes ist ...« und »Der Ingenieur, beraten durch das Gesetz der Sparsamkeit und geleitet durch Berechnungen, versetzt uns in Einklang mit den Gesetzen des Universums. Er erreicht die Harmonie.« Er folgert: »Sie (die Ingenieure) schaffen klare und eindrucksvolle Tatsachen der Formgestaltung.«

Le Corbusier wertet die Ingenieure auf, gesteht ihnen eine bedeutende Rolle zu, fast auf gleicher Ebene, er löst die Frage nach ästhetischer und konstruktiver Stabilität

nahezu auf. Sie bleibt in einem anderen Zusammenhang jedoch bestehen: Driften die beiden Anteile in einem Bauwerk auseinander, so sind sie Zeiger für Missverhältnis und Missverständnis zwischen den beteiligten Architekten und Ingenieuren.

Auf keinem unserer großen Ingeniertreffen ist je über diese Positionsbestimmungen und Zuordnungen debattiert worden. Zu diesen pointierten Feststellungen der genannten herausragenden Architekten, von denen die von Behrens und Poelzig in unreflektierten Darstellungen und Wertungen in Presseberichten oder feuilletonistischen Ausführungen mit architekturkritischem Hintergrund, nach wie vor wirksam sind, gab und gibt es von unserer Seite wenige, einigermaßen griffige, gleichkalibrige Formulierungen unserer »Philosophie«, soweit sie unser Anteil an der Baukunst betreffen.

Maillart, Nervi, Freyssinet, Finsterwalder, Homberg und andere führen die Baukunst der Ingenieure mit beispiellosen Formen vor. Zu ihnen zählt Fritz Leonhardt, er betont unter anderem in *Zu den Grundfragen der Ästhetik bei Bauwerken* [Leonhardt 1984] und in seinem Buch *Brücken* [Leonhardt 1982] das Schöne, die schönheitliche Gestaltung, was wir anstreben sollten (Behrens hatte ähnliche Formulierungen gebraucht). Er hat dafür gestritten und Lehrsätze zur Gestaltung für die Ingenieure entwickelt; er war kein Befürworter monströser Berechnungen.

Der dem genannten Kreis ebenfalls zuzurechnende Jörg Schlaich handelt nach dem Grundsatz »Die Baukunst ist unteilbar«. Er hat damit völlig richtig den Ingenieur-Part angemahnt; tatsächlich werden die Anteile immer ungleich groß zugunsten der Architekten gesehen, weil von uns nicht besetzt. Poelzigs Befürchtung, die durch unser Mitwirken entstehenden gleichförmigen Architekturformen führten zum Verlust der einem reinen Kästlertum gleich oder sehr nahe kommenden Vorrangstellung der Architekten, ist so nicht eingetreten.

Die Baukunst hat sich verändert und erweitert, vom massiven singulären Ereignis aus Stein zum alltäglichen Leichten aus Stahl, Beton, Glas ... Die geistigen Basen haben sich ebenfalls gewandelt und die seinerzeitigen Begründungen für die Positionierung von Architekt und Ingenieur sind – weitgehend – Relikte. Behrens' knapper Kernsatz »Baukunst ist Körpergestaltung« ist weiter gültig, mit der Einschränkung: unter anderem. Mit den neuen Formen und dem konstruktiven Neuland mit neuen Baustoffen nahm die Bedeutung der nun notwendigen, bauenden Ingenieure zu, sie wurden gleichwertig, aber auch gleichwertige Konkurrenz, was Le Corbusiers Texte vorausspüren lassen und Ingenieure wie die oben genannten u.a. erreichten.

Der neue Partner in der Baukunst sorgt für eine Ordnung und Formung der Kräfte auf allen bautechnischen Gebieten, seien es Hoch- und Tiefbauten, Wasser- und

Landstraßen, Damm- und Tunnelbauwerke, kurz: Neben der Gestaltung ist die gesamte technische Infrastruktur und auch der soziale und gesellschaftliche Bereich betroffen: Wir bauenden Ingenieure sammeln die Kräfte aus den Verästelungen, bündeln sie und führen sie: als Konstruktion, als Wegenetz, als Wasserkraft, als Energie-Fernleitungen ... Neben der Ordnung der Kräfte ist die Formgebung im Detail und im Ganzen der Konstruktion, als Abbild der wirkenden Kräfte, unser Anteil an der Baukunst. Die eine Hälfte der Baukunst ist ohne die andere nicht wirklich.

In diesem kurz umrissenen Spannungsfeld bewegen sich die bauenden Ingenieure. Sie bewirken die Ausweitung in der Theorie, der Materialkunde, bei den Bauausführungen und ermöglichen Fortschritt im Bauen. Diese Position gehört beschrieben in einer kohärenten Geschichte der Bautechnik, mit allen ihren Strängen von der Theorie über die Formgebung bis zur Fertigung und durch die zutreffende Darstellung der Entstehung, des Handelns und der Bedeutung der bauenden Ingenieure.

## Literatur

- [Behrens 1917]: Behrens, P.: Über die Beziehungen der künstlerischen und technischen Probleme. Heft 5 der Reihe Technische Abende im Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht. Berlin: Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Königliche Hofbuchhandlung 1917.
- [Jesberg 1996]: Jesberg, P.: Geschichte der Ingenieurbaukunst aus dem Geist des Humanismus. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt 1996.
- [Le Corbusier 1982]: Le Corbusier: 1922 Ausblick auf eine Architektur. Bauwelt-Fundamente 2, 4. Auflage. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg 1982.
- [Leonhardt 1982]: Leonhardt, F.: Brücken – Ästhetik und Gestaltung. Deutsch Englisch. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt 1982.
- [Leonhardt 1984]: Leonhardt, F.: Zu den Grundfragen der Ästhetik bei Bauwerken. Sitzungsberichte der Heidelberg Akademie der Wissenschaften. Berlin Heidelberg New-York Tokyo: Springer-Verlag 1984.
- [Poelzig 1954]: Poelzig, H.: Der Architekt. Tübingen: Verlag Ernst Wasmuth 1954.
- [Ricken 1994]: Ricken, H.: Der Bauingenieur, Geschichte eines Berufes. Berlin: Verlag für Bauwesen 1994
- [Stiglat, Bauingenieure, 2004]: Stiglat, K.: Bauingenieure und ihr Werk. Berlin: Ernst & Sohn 2004.
- [Stiglat, Stahlbau, 2004]: Stiglat, K.: Bauingenieure und ihr Werk: ein Arbeitsbericht. Stahlbau 2004, H. 11, S. 873–878.

\* Dieser Beitrag wurde unter demselben Titel im Verlag Ernst und Sohn veröffentlicht in: Bautechnik 91 (2014), Heft 4, S. 292–297.

## Muss altes Eisen immer nur Schrottwert haben?

Warum in Deutschland der Denkmalschutz bei erhaltenswürdigen historischen Ingenieurbauwerken wie Eisenbahnbrücken zu wenig greift.

In kaum einem Industrieland Europas scheint dem Erhalt historischer Eisenbahnbrücken so wenig Bedeutung beigegeben zu werden wie in Deutschland. Und dies, obwohl durch Kriegseinwirkung viele prominente Beispiele verloren gegangen sind. Die Ursachen hierfür sind vielfältig:

Eisenbahnbrücken – sofern sie noch in Betrieb sind – werden seitens der Betreiber wie ›Gebrauchsgegenstände‹ betrachtet, die primär der Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur dienen und dem Verschleiß unterworfen sind. Im Falle (eiserner) Eisenbahnbrücken tragen zur Abnutzung die dynamischen Belastungen bei, die beim Überfahren durch Lokomotiven und Wagen entstehen und materialermüdend wirken, und die Rostbildung, durch die der Anteil des ›blanken‹ und tragfähigen Eisens der Querschnitte vermindert wird.

Im Vergleich zu Denkmälern der Architektur sind die historischen Hintergründe und die historische Bedeutung von Ingenieurbauten weit weniger umfassend erforscht, obwohl sie oft wichtige Marksteine sowohl der Industrie- als auch der Wissenschaftsgeschichte sind. Der bautech-

nikgeschichtliche Wert vieler historischer Eisen- und Eisenbahnbrücken lässt sich deshalb oft nicht einschätzen und kann nicht als Argument für die Erhaltung und gegen einen Abriss beigezogen werden. Dazu kommen im Hinblick auf den Denkmalschutz konkurrierende organisatorische Strukturen auf Landes- und Bundesebene (s.u.) und fehlende, für den Zweck der Denkmalpflege bauhistorisch relevanter Verkehrsbauten zu allozierennde Mittel.

Dementgegen verstärkt sich das Bewusstsein der Gesellschaft für die Relevanz und Erhaltungswürdigkeit historischer Ingenieurbauten, ablesbar an den zahlreichen und teils auch prominenten Objekten von unter Denkmalschutz gestellten Ingenieurbauwerken und Anlagenkomplexen wie etwa der Zeche Zollverein in Essen, die zusehends als Nukleus und Manifestationen der Ursprünge unserer modernen Industriegesellschaft verstanden werden. Neben ihrer bloßen Erscheinung als technische Gebilde verkörpern gerade die eisernen Brücken den Stand der Technik ihrer Zeit, in der Material- bzw. Eisenherstel-



1 Müngstener Brücke über die Wupper, Zustand vor 2012.

lung und -verarbeitung, in der Art und Weise des Konstruierens, in der Bautechnik und in den Methoden der theoretischen Modellbildung und der statischen Berechnung, und das in einer Zeit, im 19. Jahrhundert und im beginnenden 20. Jahrhundert, als die Disziplin des Bauingenieurwesens technologisch und wissenschaftlich-theoretisch gesehen die am weitesten entwickelte war.

### Drei Beispiele

#### *Die Müngstener Brücke über die Wupper*

Die Müngstener Brücke über die Wupper ist mit einer 170 m weiten Hauptbogenöffnung bis heute die am weitesten gespannte Stahlfachwerkbrücke im deutschsprachigen Raum. Sie entstand zwischen 1894 und 1897, etwa zur gleichen Zeit wie die Wuppertaler Schwebebahn, und wurde von der Brückenbauanstalt der Bayerischen MAN (Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg) in Gustavsburg bei Mainz errichtet. An ihrer Konzeption, Berechnung und konstruktiven Durchbildung waren Protagonisten verschiedenster deutscher Brückenbauschulen beteiligt. Der Entwurf soll auf den damaligen Leiter der MAN, Anton von Rieppel (1852–1926), zurückgehen. Bei der Berechnung wurde die damals neue »Theorie des elastischen Bogens« von Emil Winkler (1835–1888), Professor an der Berliner Bauakademie, neben anderen, auch graphostatischen Verfahren herangezogen. Ihre hochgradige statische Unbestimmtheit, erkennbar an dem ohne Gelenke durchgebildeten Fachwerkogen, weist auf den für die Ausführung verantwortlichen Ingenieur Bernhard Rudolf Bilfinger (1829–1897) hin. Diese Konstruktion erlaubte es, den Bogen in Teilen und ohne Lehrgerüste im sogenannten Freivorbau zu errichten. Bilfinger war zuvor leitender Ingenieur in der bis 1889 bestehenden Brückenbau-firma Benckiser, die im süddeutschen, österreichischen und Schweizer Raum im Eisenbrückenbau in Verbindung mit effizienten Bauverfahren sehr erfolgreich tätig war.

Als Sehenswürdigkeit der Region bemühten sich die Städte Wuppertal, Remscheid und Solingen 2011, die Müngstener Brücke auf die Tentativliste der UNESCO-Welterbestätten des Landes Nordrhein-Westfalen zu lancieren. Obwohl diese Initiative nicht erfolgreich war, wurden doch seitens des Bundes und des Landes für die Sanierung des Brückenbauwerkes umfangreiche Mittel zur Verfügung gestellt. Hierdurch erübrigte sich endlich der mehrmals gefasste Plan der Deutschen Bahn, das durch viele Jahre unzureichender Wartung stark in Mitleidenschaft gezogene Bauwerk durch einen Neubau zu ersetzen. Die Renovierung wurde zusammen mit Instandsetzungsmaßnahmen im Zuge der Neuerteilung einer Betriebserlaubnis durch das Eisenbahnbundesamt im Jahr 2015 vorgenommen.

Obwohl der Gesamteindruck der Brücke weitgehend erhalten blieb, verzichtete man auf eine im Hinblick auf

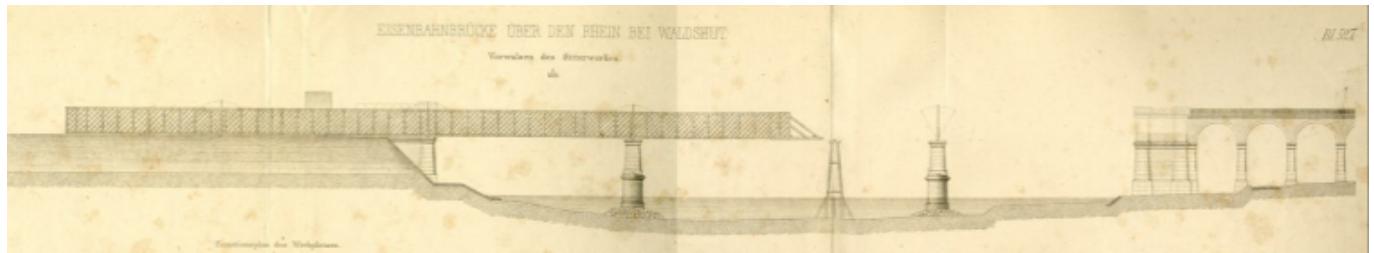


2 Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Waldshut, Zustand 2012  
(Foto: M. Trautz)

die konstruktive Detaillierung möglichst originalgetreue Sanierung. Die ursprünglich genieteten Bauteile des Fahrbanträgers wurden durch geschweißte Teile ersetzt und statt des Erhalts einer konstruktiven Besonderheit der Brücke, den auf drei und vier Walzen ruhenden Brückengläfern, setzte man neu konstruierte Doppelwalzenlager ein. Immerhin konnte im Zuge der denkmalpflegerischen Betreuung der Sanierung der aus denkmalpflegerischer Sicht unakzeptable Ersatz durch moderne Lager aus Teflon verhindert werden.

#### *Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Waldshut*

Als älteste noch in Betrieb befindliche Eisenbahnbrücke Deutschlands und der Schweiz tut die Rheinbrücke zwischen Waldshut dem Schweizer Ort Koblenz seit 1859 ihren Dienst. Sie wurde von Robert Gerwig (1820–1885), dem namhaften Eisenbahningenieur und Politiker, und der bereits erwähnten Firma Benckiser unter der Leitung des Ingenieurs Bernhard Rudolf Bilfinger gebaut. Als Gitterträgerkonstruktion in Form eines Hohlkastens repräsentiert sie eine typische Bauweise der frühesten Brücken aus Puddeleisen und war eine der ersten Brücken überhaupt, die im (Takt-)Schiebeverfahren errichtet wurden. Hierzu wurde der gesamte Träger an einer Uferseite vormontiert und über Rollen, zunächst auf eine Hilfsstütze, dann, nach sukzessivem Weiterbau und Verlängerung des Trägers auf die Zwischenpfeiler bis hin zum gegenüberliegenden Ufer geschoben. Die Rheinbrücke bei Waldshut ist somit das letzte verbliebene Exemplar einer Bauweise, wie sie die Firma Benckiser sehr erfolgreich bei mehreren Projekten in der Schweiz und auch bei der großen doppelgleisigen Rheinbrücke zwischen Straßburg und Kehl 1862 wieder-



3 Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Waldshut, Bauverfahren durch (Takt-)Schieben (Foto: Allgemeine Bauzeitung, Wien, Jg. 1859)



4 Eisenbahnbrücke über die Nagold bei Unterreichenbach, Zustand 2011 (Foto: K. Trautz)

holt angewandt hatte, und die noch heute im Betonbrückenbau eingesetzt wird. Sie stellt insofern eine absolute bautechnikhistorische Besonderheit dar.

Ihre langjährige Existenz verdankt sie im Wesentlichen der Tatsache, dass sie sich im Besitz zweier Nutzer, der Schweizerischen Bundesbahn (SBB) und der Deutschen Bahn (DB), befindet. Während die Deutsche Bahn auch hier schon mehrfach einen Brückenneubau anzubauen versucht hatte, setzte sich die SBB für den Erhalt und die laufende Wartung ein. Hierzu werden modernste computergestützte Monitoring-Verfahren verwendet, mit denen die SBB ihren gesamten historischen Eisenbrückenbestand gezielt überprüft und wartet. Es werden Verformungsmessungen an den einzelnen Baugliedern wie Gurten und Ausfachungen der historischen Eisenbahnbrücken bei laufendem Betrieb vorgenommen und Abweichungen zur entsprechenden statischen Berechnung und andere Auffälligkeiten bezüglich des mechanischen Verhaltens detektiert. Daraufhin erfolgt die Instandsetzung der betroffenen Bauteile oder Knotenverbindungen. Die Deutsche Bahn hingegen ermittelt die Materialermüdung ihrer historischen Eisenbrücken auf Basis der sogenannten »Wöhlerline«, einer statistisch ermittelten Festigkeits-

kurve, auf deren Basis nach einer bestimmten Anzahl von ertragenen sogenannten »Lastspielen« (= Zugüberfahrten) Materialermüdung und Versagen prognostiziert wird. Die tatsächliche Ermüdung oder tatsächliche Beanspruchung eines betrachteten Brückenbauwerkes und dessen Teilen wird bei dieser Methode unberücksichtigt.

So befindet sich die Rheinbrücke bei Waldshut dank der besonderen Situation als Grenzbrücke in einem sehr guten Erhaltungszustand. Sie wird täglich von grenzüberschreitenden Nahverkehrszügen befahren und ist in der Bevölkerung als erhaltenswürdiges Baudenkmal längst anerkannt.

#### *Eisenbahnbrücke*

#### *über die Nagold bei Unterreichenbach*

Der Preußische Baudirektor Friedrich Wilhelm Schwedler (1823–1894) ist wohl einer der bekanntesten Brückenbauingenieure und Erfinder einer nach ihm benannten Eisenfachwerkbrückenkonstruktion, dem sogenannten Schwedler-Träger. Im 19. Jahrhundert war diese Bauart wegen ihrer Material- und Gewichtersparnis auch außerhalb des preußischen Einflussbereiches sehr verbreitet,

wurde aber bald im 20. Jahrhundert von anderen Eisenbrückensystemen wieder verdrängt.

Auch die Eisenbahnbrücke über die Nagold bei Unterreichenbach im von Preußen weit entfernten Schwarzwald ist ein Schwedler-Träger. Sie wurde von der Maschinenfabrik Esslingen 1875 gebaut und war für den zweigleisigen Betrieb mit schweren Dampflokomotiven vorgesehen, wurde aber zeitlebens nur eingleisig genutzt. Sie ist eine der ganz wenigen erhaltenen und sogar noch genutzten Brücken dieses Systems und wird – trotz ihrer vernachlässigten Erscheinung von vielen Technikbegeisterten und Eisenbahnfreunden aufgesucht. Obwohl die Brücke schon vor einiger Zeit vom Landesamt für Denkmalpflege in Karlsruhe unter Denkmalschutz gestellt wurde und zusammen mit dem direkt angrenzenden Bahnhof ein charakteristisches Ensemble im Ortsbild von Unterreichenbach bildet, plant auch hier die Deutsche Bahn einen Ersatzneubau in Form eines Brückenbalkens als Stahlvollwandträger. Inwieweit die beaufsichtigenden Denkmalpfleger und Interessengruppen sich gegen den Abriss durchsetzen können, ist derzeit unklar. Aber auch an diesem Beispiel zeigt sich, dass die Deutsche Bahn im Umgang mit den ihr anheimgestellten Baudenkältern die Minimierung des finanziellen Einsatzes über Tradition und auch über Nachhaltigkeit stellt.

#### Wie geht man in anderen Ländern mit historischen Eisenbrücken um?

Ein Blick in andere Länder zeigt einen sehr viel mehr wertschätzenden Umgang mit historischen Ingenieurbauten und eisernen Brücken: Das Stadtbild von Porto wird von zwei großen eisernen Bogenfachwerkbrücken mit 160 m und über 170 m Spannweite geprägt: von der Maria-Pia-Brücke über den Douro, errichtet von Eiffel & Cie. aus Paris zwischen 1875 und 1877 und von der Ponte Dom Luís I, er-

baut zwischen 1884 und 1886 durch die Société de Willebroeck. Beide Brücken wurden entworfen von Théophile Seyrig (1843–1923), dem ehemaligen Chefingenieur und Firmenpartner von Gustave Eiffel (1832–1923). Die Dom-Luís-I-Brücke ist als Teil der Altstadt von Porto UNESCO-Weltkulturerbe. Beide Brücken werden auch heute noch voll genutzt und sind in einem entsprechend gut erhaltenen und originalen Zustand.

Auch in Frankreich, einem Pionierland des Eisenbrückenbaus, sind noch viele Brücken aus dem 19. Jahrhundert erhalten und in Betrieb: Das französische Pendant und Nachfolgeprojekt der Firma Eiffel & Cie. zur portugiesischen Maria-Pia-Brücke, der Garabit-Viadukt aus dem Jahr 1884, war ein nationales Vorzeigeprojekt und steht auch heute noch symbolhaft für die technische Leistungsfähigkeit im Frankreich des 19. Jahrhunderts. Die Brücke ist in einem gepflegten Zustand. Sie wird vom TGV befahren und kann von einem Parkplatz der benachbarten Autobahn A 75 in ihrer ganzen Länge bewundert werden.

Auch andere historische und für die Infrastruktur bedeutende Brücken wie der Viaduc du Busseau im berghigen Limousin werden gewartet und weiter in Betrieb gehalten. Der Hauptträger ist ein dreigliedriges Fachwerk, das auf gusseisernen Pfeilern ruht, und von der Firma Cail aus Paris 1864 unter Leitung des aus Deutschland stammenden Ingenieurs Nördling (1821–1908) gebaut wurde.

#### Was kann man tun? Was muss sich ändern?

Muss altes Eisen nur Schrottwert haben? Diese Frage wird – sofern es sich wirklich um »altes Eisen« und Schrott handelt – weiterhin mit »Ja« zu beantworten sein. Die häufige Zurechnung von historischen Eisenbrücken und (eisernen) Eisenbahnbrücken zur Kategorie »Schrott« scheint aber eine vor allem in Deutschland vertretene Haltung zu sein. Schaut man in andere Länder in und außer-



5 Straßenbahn- und Straßenbrücke über den Douro in Porto/Portugal (Foto: M. Trautz)



6 Garabit-Viadukt über die Truyère, Zustand Mai 2012 (Foto: M. Trautz)



7 Viaduc du Busseau, Revision durch die SNCF, Mai 2012  
(Foto: M. Trautz)

halb Europas, dann trifft man dort auf einen sehr viel respektvolleren Umgang mit dieser Gattung von Ingenieurbauten und es erhebt sich die Frage, warum das in Deutschland anders gehandhabt wird? Natürlich implizieren die hier beispielhaft gezeigten Eisenbahnbrücken, die mehr oder weniger dem Abriss anheimgestellt waren oder es noch sind, eine Kritik an der Eigentümerin und Betreiberin, der Deutschen Bahn AG bzw. deren Teilgesellschaft, der DB Netz. Es ist aber nicht die Intention dieser Ausführungen, Schuldige zu suchen und zu identifizieren, sondern nach dem Hintergrund und den Ursachen für diesen unangemessenen Umgang mit historischer Bausubstanz zu suchen, um Vorschläge zur Abhilfe machen zu können.

Festzustellen ist, dass das öffentliche Interesse auch an historischer Ingenieurausubstanz steigt und damit auch der Bedarf, die verbleibenden Exemplare zu erhalten.

An der neuerlichen Restaurierung der Müngstener Brücke ist zu erkennen, dass sich die Deutsche Bahn bei Bereitstellung ausreichender Mittel bereitfindet, auch historische Brückenbauwerke zu erhalten. Die vergleichsweise umfangreichen und von ihrer Notwendigkeit nicht immer nachvollziehbaren Änderungen an der historischen Bausubstanz hingegen legen einen offensichtlichen Bedarf an denkmalpflegerischen Methoden offen, besonders für den Umgang mit historischen eisernen Brücken. Ferner zeigen sie aber auch eine im Vergleich zu den Untersuchungs- und Sanierungsmethoden, wie sie in der Schweiz an historischen Eisenbahnbrücken praktiziert werden [Brühwiler u.a. 2013], besonders konservative Herangehensweise.

Das Beispiel der Rheinbrücke bei Waldshut belegt, dass die Deutsche Bahn auch bereit ist, einen nachhaltigeren denkmalpflegerischen Umgang mitzutragen, wenn die dazu erforderlichen Untersuchungsmaßnahmen auf Basis von computergestütztem Monitoring von anderer Seite, hier der Schweizer Bahngesellschaft (s.o.), beige-steuert werden.

Aus dem Umgang mit der Nagoldbrücke bei Unterreichenbach wird deutlich, dass die Mittel, welche die Deutsche Bahn für die Wartung ihrer Brücken zur Verfügung hat, für die angemessene Erhaltung einer historisch bedeutsamen eisernen Fachwerkbrücke bei Weitem nicht ausreichend sind. Es wird demzufolge auf finanziell besonders aufwendige Maßnahmen der Erhaltung wie die Neubeschichtung der gesamten Eisenkonstruktion verzichtet und so das Bauwerk dem Verfall preisgegeben. Daraus ändert auch die Einstufung dieser Brücke als Denkmal durch das Landesamt für Denkmalpflege wenig, denn nur zum Abriss und zum Neubau einer Brücke im Interesse des Erhalts der Infrastruktur steuert derzeit der Bund Mittel bei oder übernimmt die Kosten ganz und nicht zu deren Sanierung und Erhalt. Es ist insofern nachvollziehbar, wenn die Deutsche Bahn auf den Abriss alter, auch historisch bedeutsamer Brückenbauten setzt.

Um solchen Absichten Nachdruck zu verleihen, bedienen sich die zuständigen Stellen der Bahn in der Öffentlichkeit offensichtlich gerne einer absolut klingenden und Befürchtungen erweckenden Rhetorik. So wurde ein Entscheidungsträger der Gemeinde Unterreichenbach betreffs des Abrisses der Nagoldbrücke dahingehend informiert, dass eine – so wörtlich – »reine Sanierung der Brücke wegen der Gefahr des Sprödbruches nicht in Frage kommt«. Ingenieurwissenschaftler und Fachleute hingenommen wissen, dass die Gefahr des Sprödbruches ein Phänomen moderner Stähle ist und in diesem Fall nicht relevant sein kann. Tatsächlich ist sogar das Eisen, aus dem Baukonstruktionen bis in die Neunzigerjahre des 19. Jahrhunderts gebaut wurden, hergestellt im sogenannten Puddelverfahren oder Herdfrischverfahren, ausgesprochen zäh (duktil) und bezüglich Sprödbruch vergleichsweise wenig empfindlich. Gerade auch aus diesem Grund ist es technisch gesehen durchaus sinnvoll, betagte Eisenbrücken – wie es in der Schweiz praktisch geschieht – weiter zu pflegen, zu warten und zu erhalten. Darüber hinaus erweist sich das »alte Eisen« als sehr viel robuster bezüglich Rostbildung im Vergleich zu modernen Stählen. Dies belegt die Nagoldbrücke selbst, zumal ihre farbliche Erscheinung inzwischen von Flugrost geprägt ist, nachdem der Anstrich wohl seit fast vierzig Jahren nicht mehr erneuert wurde.

Die drei Brückenbeispiele machen deutlich, dass für eine systematische Erhaltung denkmalwürdiger Ingenieurbauten und eiserner Brücken ein eigenes hierfür zu allozierendes Budget fehlt, aus dem Mittel für aufwendige Sanierungen beantragt werden können. Weil es sich hier-

bei um Objekte von bundesweitem Interesse handelt, sollten solche Mittel von einer Bundesinstitution, dem Bau- oder Verkehrsministerium vorgehalten werden.

Die Tatsache, dass Bundesmittel für den vollständigen Ersatz auch von historischen, durch die Denkmalämter unter Schutz gestellten Brücken verfügbar gemacht werden können, ist ein Hinweis darauf, dass hierbei der hoheitliche Wille eines Bundeslandes, repräsentiert durch den Denkmalschutz, durch die Verpflichtung zur Sicherung der Infrastruktur auf Bundesebene ausgehebelt werden kann. Die Lösung für derartige Konflikte könnte ein bundeseigenes Amt für Denkmalschutz sein, das auf Ministerialebene agiert. Einfacher wäre es, wenn das für ein Bauobjekt zuständige Ministerium, in diesem Fall das Verkehrsministerium, die Unterschutzstellung einer historischen Brücke oder eines anderen Ingenieurbauobjektes als Denkmal durch ein Bundesland respektieren und übernehmen würde. Es könnten dann die für den Ersatz eines Bauwerkes bereitzustellenden Mittel zugunsten einer erhaltenden Sanierung umgewidmet und gegebenenfalls aufgestockt werden. Dies wäre vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen eine sinnvolle Lösung und im Hinblick auf das gesellschaftliche Selbstverständnis, aber auch die Einsparung von Ressourcen zweifellos die nachhaltigste Lösung.

## Literatur

- [Brühwiler u.a. 2013]: Brühwiler, E.; Bosshard, M.; Steck, P.; Meyer, C.; Tschumi, M.; Haldimann, S.: »Fatigue safety examination of a riveted railway bridge using data from long term monitoring«, in: IABSE Symposium Report, Vol. 99, Nr. 25, S. 477–484, Zürich 2013.
- [Stiglat 2001]: Stiglat, Klaus: Brücken am Weg – Frühe Brücken aus Eisen und Beton in Deutschland und Frankreich, Verlag Ernst und Sohn, Berlin 2001.
- [Trautz 1991]: Trautz, Martin: Eiserne Brücken im 19. Jahrhundert in Deutschland, Werner-Verlag, Düsseldorf 1991.
- [Trautz 2002]: Trautz, Martin: »Maurice Koechlin – Der eigentliche Erfinder des Eiffelturms«, in: Deutsche Bauzeitung, Heft 4/2002, S. 105–110, Stuttgart 2002.
- [Trautz 2003]: Trautz, Martin: »Gustave Eiffel«, in: Lexikon der berühmten Wissenschaftler, Hg.: D. Hoffmann, H. Laitko, S. Müller-Wille, Bd. 1, S. 459–460, Spektrum-Verlag, Heidelberg 2003.
- [Trautz/Voormann 2012 a]: Trautz, Martin; Voermann, Friedmar: »Der Bau eiserner Brücken im Südwesten Deutschlands 1844 bis 1889«, in: Stahlbau, Hefte 1/2012 bis 3/2012, S. 57–62, S. 133–141 und S. 233–242, Verlag Ernst und Sohn, Berlin 2012.
- [Trautz/Voormann 2012 b]: Trautz Martin; Voermann, Friedmar: »Early Iron Bridge Construction for the Grand Duchy of Baden and for Central Europe«, in: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Congress on Construction History, Paris 2012.
- [Wetzk 2010]: Wetzk, Volker: Brückenlager 1850–1950, Cottbus 2010.
- [Wetzk 2012]: Wetzk, Volker: Talbrücke Müngsten, Strecke 2675 (km 10,782) – Gutachterliche Stellungnahme zum Zustand der Brückenlager, erarbeitet durch Dr.-Ing. V. Wetzk, BTU Cottbus, Cottbus April 2012.

## Frühe Bogenbrücken aus Beton

### Einleitung

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

### Die Brücke von Villemade in Frankreich 1835

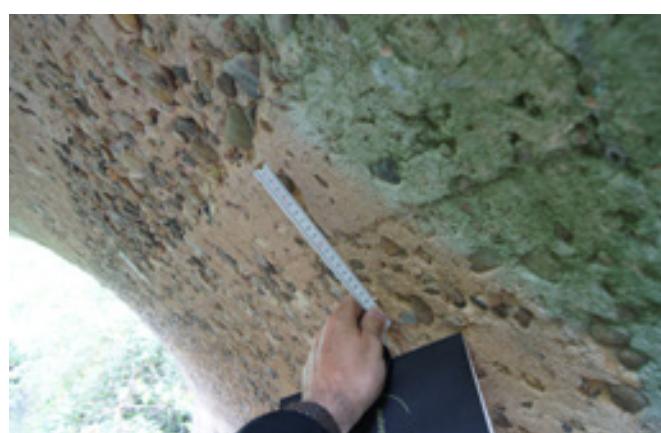
Im frühen 19. Jahrhundert fehlte es nicht an Versuchen, die seit Jahrhunderten im Hochbau bekannte Stampflehm-Bauweise (»Pisé«) wiederzubeleben. Die geringe Festigkeit des Bindemittels Lehm setzte der Anwendung des Pisé-Baustoffes allerdings enge Grenzen, sodass die Pisé-Technik zum Beispiel im Gewölbebau zunächst wenig Erfolg hatte. Auch die Verwendung von Luftkalk anstelle von Lehm (»Kalk-Sand-Pisé«), mit der man bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts experimentierte [Engel 1851], erbrachte keine wesentlichen Verbesserungen. Erst mit der Verwendung von hydraulischem Kalk als Bindemittel wurde die Tür zu anspruchsvolleren Konstruktionen geöffnet. Hydraulischer Kalk – also eine Art »natürlicher Zement«, der auch ohne  $\text{CO}_2$ -Zutritt erhärtete und höhere Festigkeiten als Luftkalk erreichte – war bis dahin nur zur Her-

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

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

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

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



1 Detail der Bogenundersicht der Brücke bei Villemade, 1835

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

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

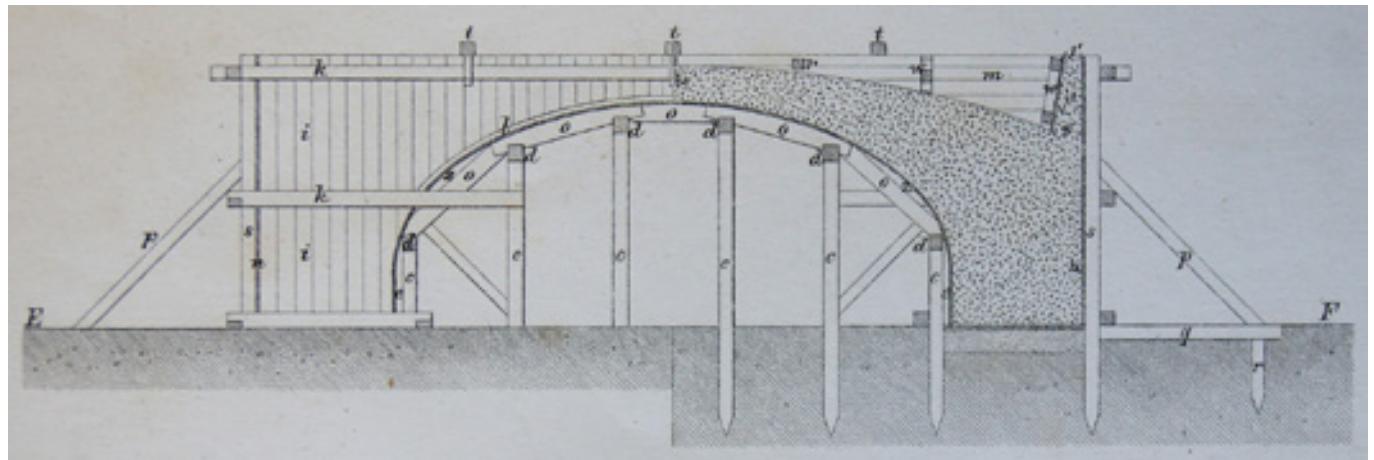
Die Spannweiten bei den allerersten Lebrun-Brücken waren noch beschränkt. Stoltz berichtete Lebrun [Lebrun 1843, S. 4] daher vor allem von der wesentlich größeren Betonbrücke, die er wenig später über den damals gerade entstehenden Garonne-Seitenkanal bei Grisolles errichtet hatte. Diese Brücke, die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

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

### Die erste Betonbrücke im deutschen Sprachraum 1855

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

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



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

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

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

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

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

### Die Beton-Brückenbauwerke des Vanne-Aquädukts 1866–74

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

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



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

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

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

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



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



5 Brücke bei Vorwohle, 1877

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

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

### Die Betonbrücke bei Vorwohle 1877

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



6 Brücke bei Vorwohle, 1877, Detail der Bogenundersicht

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

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

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

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

### Resümee

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

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

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

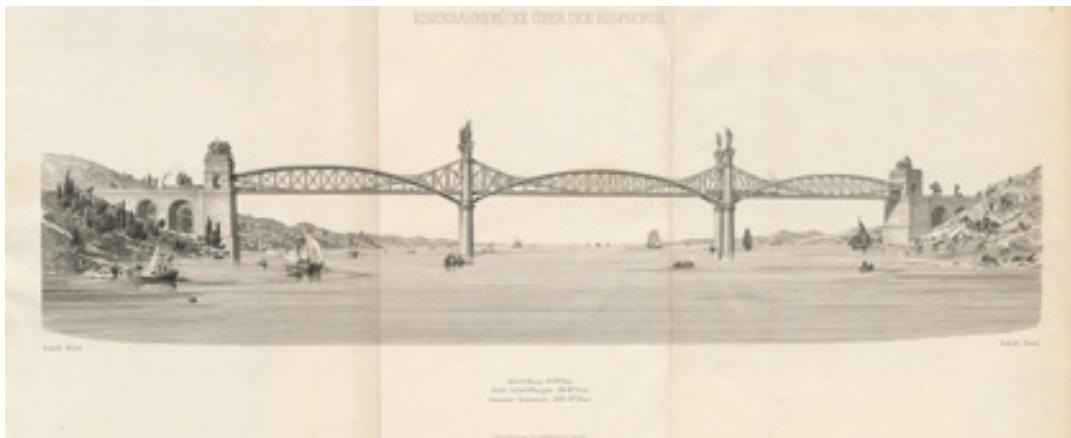
## Literatur

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

## Brücken für den Sultan – Eine Projektskizze

Unter den zahlreichen technischen Sensationen und Skurrilitäten auf der Weltausstellung 1867 in Paris befand sich die Zeichnung einer ungewöhnlichen Brückenkonstruktion. In der Kombination von Bogen- und Hängebrücke erinnerte sie an die rund zehn Jahre zuvor von Isambard Kingdom Brunel errichtete Royal Albert Bridge bei Saltash in Cornwall und wies doch ganz wesentliche Unterschiede

nen, so schien das Vorhaben zwanzig Jahre später, nach den großen Fortschritten im Brückenbau, zwar immer noch gewagt, aber durchaus realistisch. Die Forth Bridge in Schottland, die zwischen 1883 und 1890 als eines der wichtigsten Brückenbauvorhaben des ausgehenden 19. Jahrhunderts errichtet wurde, stellte unter Beweis, dass es nun möglich war, diese Distanzen zu überwinden.



1 Rupperts Entwurf für eine Eisenbahnbrücke über den Bosporus, 1864 [Carl von Ruppert, Neues System für Eisen-Brücken grosser Spannweiten, Wien 1867]

auf. Große Beachtung fand der »artistisch ausgestattete Entwurf« (so die Formulierung in einem Bericht der Pariser Weltausstellung) aber nicht nur wegen seiner konstruktiven Eigenheiten, sondern auch der geografischen Situation wegen, für die er entstanden war. Die ungewöhnliche und weit in die Zukunft gedachte Brücke sollte eine Überquerung des Bosporus per Eisenbahmlinie ermöglichen, mithin also eine Verbindung zwischen dem europäischen und dem asiatischen Schienennetz herstellen. Letzteres befand sich in den 1860er-Jahren noch in seinen bescheidenen Anfängen, erst in den 1870er-Jahren ist Konstantinopel an die anatolische Bahnlinie und an das europäische Netz angebunden worden. Entwickelt hatte das Brückenprojekt der badische und später österreichische Eisenbahningenieur Carl von Ruppert (1813–1881), der auch mit anderen unkonventionellen Brückenentwürfen für Diskussionen in der Fachwelt sorgte.

Galt es vielen Beobachtern in den 1860er-Jahren als geradezu fantastisch, den an dieser Stelle ca. 800 m breiten Bosporus mit einer Eisenbahnbrücke zu überspan-

Der letzte Sultan des politisch sehr geschwächten osmanischen Reichs, Abdülhamid II., hatte – sicherlich inspiriert von seinem Besuch auf der Weltausstellung in Paris 1867 – großes Interesse an einem solchen Prestigeprojekt und initiierte mehrere Entwurfsstudien.

In der Öffentlichkeit bekannt wurden vor allen Dingen die Planungen des im Bau von Hängebrücken und Schwebefähren sehr erfahrenen französischen Ingenieurs Ferdinand Arnodin (1845–1924). Ausgangspunkt seiner Überlegungen war ein weit um das europäische und asiatische Stadtgebiet geführter Eisenbahnring. Sein Verkehrskonzept sah die Überquerung des Bosporus an zwei Stellen vor. Zwischen der Saray-Spitze und Scutari auf der asiatischen Seite schlug Arnodin den Bau einer riesigen Schwebefähre vor. Die beiden Hauptspannweiten der Schwebefähre beliefen sich auf je 760 m. Sie sollte dem Personenverkehr und dem Transport von Pferdewagen dienen. Weiter im Norden, zwischen den mittelalterlichen Sperrfestungen Rumeli Hisarı auf der europäischen und Anadolu Hisarı auf der asiatischen Seite, ungefähr dort, wo sich heute die

2 Ferdinand Arnodin zugeschriebener Entwurf für eine Eisenbahnbrücke über den Bosporus 1900 [Siegmond Schneider, Die Deutsche Bagdad-Bahn und die projektierte Überbrückung des Bosporus in ihrer Bedeutung für Weltwirtschaft und Weltverkehr, Wien und Leipzig 1900]



Zweite Bosporus-Brücke befindet, plante Arnodin den Bau einer großen Eisenbahnbrücke. Der Brückenentwurf, der Arnodin zugesprochen wird, ist nicht nur bautechnisch, sondern auch gestalterisch höchst bemerkenswert. Die massiven Brückenpfeiler zeigen moscheeartige Überbauten. In der Nacht sollte die Brücke mit farbigem elektrischen Licht illuminiert werden.

Keiner der vielen Brückenentwürfe, die französische und deutsche Ingenieure in der zweiten Hälfte des 19. und der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts für den Bosporus entwickelten, wurden ernsthaft weiterverfolgt. Auch Paul Bonatz' Entwurf einer Hängebrücke 1951 und Ulrich Finslerwalders Entwurf einer Spannbandbrücke 1958 reihen sich in die lange Liste nicht realisierter Projekte ein. Erst 1959 beschloss die türkische Regierung den Bau einer Straßenbrücke über den Bosporus; sie wurde ab 1970 nach Plänen des Briten Gilbert Roberts aus dem Büro Freeman Fox & Partners gebaut. Seit den späten 1980er-Jahren gibt es eine zweite Hängebrücke über den Bosporus.

Am 29. Mai 2013, dem Jahrestag der Eroberung Konstantinopels durch die Osmanen, wurde der Grundstein für eine nunmehr dritte Bosporusüberquerung gelegt. Sie soll erstmals nicht nur für Kraftfahrzeuge, sondern zusätzlich von der Eisenbahn genutzt werden, so wie es die diversen Projekte der osmanischen Zeit bereits vorsahen. Dabei haben sich die Randbedingungen für solche Infrastrukturprojekte grundlegend gewandelt. Nicht wenige Fachleute bezweifeln heute die Nützlichkeit einer Eisenbahnüberquerung an dieser Stelle. Ganz offensichtlich gibt es einen starken politischen Willen für das Bauvorhaben. Dabei ist die kombinierte Straßen- und Eisenbahnbrücke nur eines von mehreren aktuellen Großprojekten für die Millionenstadt Istanbul, die bewusst auf historische Planungen aus der Zeit vor der Republikgründung 1923 Bezug nehmen. Die Planungen für die Rekonstruktion einer Kaserne aus dem späten 19. Jahrhundert auf dem Gelände des 1951

eingeweihten Gezi-Parks haben infolge der Proteste und Unruhen im Juni 2013 einen hohen Bekanntheitsgrad errengt. Dass andere, wesentlich größer angelegte Bauprojekte ebenfalls an eine vermeintlich osmanische Bautradition des ausgehenden 19. Jahrhunderts anknüpfen, wird in der internationalen Öffentlichkeit weitaus weniger realisiert.

Neben der Eisenbahnbrücke zählt hierzu das Projekt für einen Kanal für den Schiffsverkehr zwischen dem Marmarameer und dem Schwarzen Meer weit westlich der Stadt. Er soll den vielbefahrenen Bosporus entlasten und zugleich neue Impulse für die Stadtentwicklung setzen. Ähnliche Absichten verfolgte man bereits zur Regierungszeit Sultan Abdülaziz (1830–1876), dem Onkel Abdülhamids II. Der armenische Architekt Sarkis Baylan hatte damals einen Kanal im Bereich der Flusstäler in Verlängerung des Goldenen Horns bis zum Schwarzen Meer geplant. Nicht zuletzt kann auch der am 29. Oktober 2013, am 90. Jahrestag der Gründung der Türkischen Republik eingeweihte Eisenbahntunnel unter dem Bosporus als Realisierung viel älterer Pläne verstanden werden. Bereits in den 1890er-Jahren gab es Planungen für die Errichtung einer solchen Tunnelröhre aus vorgefertigten und dann auf den Meeresgrund abgesenkten Einzelementen. Eben dieses Bauverfahren hat man nun angewandt, wobei die Einzelemente nicht wie bei den älteren Vorschlägen aus Metall, sondern aus einem hochwertigen, wasserdichten Beton hergestellt wurden.

Soweit der Ausblick auf ein eng umrissenes Forschungsprojekt, das zunächst klären soll, welche Planungen es im 19. Jahrhundert für eine Überquerung oder Untertunnelung des Bosporus gab. An den einzelnen Projekten kann dann aufgezeigt werden, wie groß damals der Einfluss französischer und deutscher Architekten und Ingenieure auf das Baugeschehen in Konstantinopel war und in welchem Sinne umgekehrt der Bosporus den europäischen Planern als Stimulans diente.

## [www.hivobau.de](http://www.hivobau.de)

# Ein Online-Archiv für historische Vorschriften im Bauwesen – Aufruf zur Mitarbeit!

### Einleitung

Historische Vorschriften des Bauwesens sind von hohem Wert für die bautechnikgeschichtliche Forschung und darüber hinaus für die Ingenieurpraxis, erleichtert doch die Kenntnis des bauaufsichtlichen Kontextes ganz wesentlich die Planungen beim Bauen im Bestand.

Aktuell erschwert der schlechte Zugang die breite Verwendung historischer Vorschriften im Planungsprozess. Wenige nur wurden zeitgenössisch in der Fachliteratur veröffentlicht oder sind im Nachgang themenbezogen zusammengefasst worden, wie unlängst in Fingerloos' *Historische technische Regelwerke für den Beton- und Stahlbetonbau* [Fingerloos 2009]. Eine Recherchehilfe bieten auch vereinzelte, aber sehr spezifisch ausgerichtete Online-Portale, wie zum Beispiel eine Seite »Historische Dokumente« auf der Homepage des für DIN-Normen zuständigen Beuth-Verlags [[www.beuth.de](http://www.beuth.de)] oder ein Online-TGL-Archiv für Bauvorschriften aus der DDR [[www.tgl-archiv.de](http://www.tgl-archiv.de)]. Die große Masse an historischen Vorschriften bleibt nach wie vor schwer zugänglich. Insbesondere für ganz frühe Regelwerke, zum Beispiel aus der Zeit vor 1900, hilft oft nur der Weg ins Archiv – ein Aufwand, den sich Planungsbüros bestenfalls in Ausnahmefällen leisten können. Ein themenübergreifendes Online-Archiv für den schnellen Zugriff auf historische Regelwerke aller Art ist längst überfällig.

### [www.hivobau.de](http://www.hivobau.de)

Die Idee zum Online-Archiv für historische Vorschriften im Bauwesen (hivobau) kam dem Autor 2009 im Rahmen seiner Dissertation am Lehrstuhl Bautechnikgeschichte und Tragwerkserhaltung der BTU Cottbus. Es war die extrem zeitintensive Recherche nach historischen Vorschriften, die den Anstoß gab, solche sukzessive zu sammeln und anderen Wissenschaftlern sowie praktisch tätigen Ingenieuren online einfach und schnell zur Verfügung zu stellen.

In Abgrenzung zu den oben genannten Online-Recherchehilfen beabsichtigt [www.hivobau.de](http://www.hivobau.de), die Vielzahl und Vielfalt bauaufsichtlicher Dokumente wie Vorschriften, Standards, Erlässe etc. aus der Zeit zwischen circa 1850 und 1950 themenübergreifend zusammenzustellen. Das Ziel der Homepage soll es fürs Erste bleiben, Regelwerke beständig zu sammeln und chronologisch aufzufüllen, ohne dabei eine thematische Gliederung anzustreben. Nutzer haben so auf einfachstem Wege die Möglichkeit,

nach Vorschriften in einem bestimmten Zeitfenster zu recherchieren. Mittelfristig ist eine thematische Gliederung der Sammlung denkbar – je nachdem, wie sich der Fundus im Laufe der Zeit entwickelt. Langfristig ist eine Erweiterung der Homepage über den deutschsprachigen Raum hinaus vorstellbar.

Hivobau.de ist als Non-Profit-Projekt angelegt, das heißt, Nutzer sollen gebührenfrei recherchieren und bei Bedarf Regelwerke einsehen sowie herunterladen können. Die inhaltliche Verantwortung liegt beim Lehrstuhl Bautechnikgeschichte und Tragwerkserhaltung der BTU Cottbus-Senftenberg. Aus technischer Sicht liegt der Homepage das einfache Content Management System »Redaxo« zu Grunde. Hivobau.de ist bei einem deutschen Anbieter gehostet.

Das Portal ist in der aktuellen Fassung seit 2010 online. Die Startphase, in der im Wesentlichen der dem Autor zur Verfügung stehende Fundus an historischen Regelwerken eingearbeitet worden ist, kommt nun zum Abschluss.

### Aufruf zur Mitarbeit

Das Projekt will allen Interessierten eine Plattform geben, ihren eigenen Bestand an historischen Vorschriften aus dem Bereich des Bauwesens einzufügen zu lassen. Allein diese Kooperation mit Berufskollegen bietet die Möglichkeit, den online recherchierbaren Fundus sukzessive vergrößern und den Gebrauchswert von »Historische Vorschriften im Bauwesen« kontinuierlich erhöhen zu können.

Der Erfolg der nun anstehenden zweiten Phase des Projekts wird sich daran messen lassen, inwieweit es gelingt, Partner aus dem akademischen und ingenieurpraktischen Umfeld oder aus dem Verwaltungsbereich für [www.hivobau.de](http://www.hivobau.de) gewinnen zu können. Die Vorstellung des Projekts auf der 1. Jahrestagung der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte in Aachen gibt die Möglichkeit, zur Beteiligung am Online-Archiv aufzurufen:

Alle Interessierten sind herzlich eingeladen, einen gegebenenfalls vorhandenen eigenen Fundus an historischen Regelwerken dem Online-Archiv zur Verfügung zu stellen. Hierfür genügt die Zusendung eines Scans oder einer Kopie des Dokuments unter Angabe der Quelle an den Lehrstuhl Bautechnikgeschichte und Tragwerkserhaltung der BTU oder einfach an [volker.wetzk@tu-cottbus.de](mailto:volker.wetzk@tu-cottbus.de); das Einpflegen in das Online-Portal organisiert der Autor.

## **Resümee und Ausblick**

Das Online-Archiv [www.hivobau.de](http://www.hivobau.de) soll Wissenschaftlern, praktisch tätigen Ingenieuren und sonstigen Interessierten den schnellen Zugang zu historischen Vorschriften des Bauwesens ermöglichen. Um den recherchierbaren Fundus möglichst schnell zu erweitern, ist der Verfasser auf die breite Unterstützung von Berufskollegen angewiesen. Bei erfolgreicher Umsetzung könnte sich für alle Beteiligten eine Win-win-Situation ergeben – ein starkes und breit aufgestelltes Online-Archiv einerseits, ein hervorragendes Recherchetool andererseits.

Der künftig für das Projekt zur Verfügung stehende finanzielle Rahmen wird über den Umfang einer möglichen Strukturreform entscheiden. Die aktuelle chronologische und themenübergreifende Auflistung mag nicht optimal erscheinen, hinsichtlich Aufwand und Nutzen ist sie jedoch sehr effektiv.

Inwieweit sich die Idee des Online-Archivs exportieren lässt, bleibt abzuwarten. Der Verfasser beabsichtigt, [www.hivobau.de](http://www.hivobau.de) auf dem 5<sup>th</sup> International Congress on Construction History 2015 in Chicago vorzustellen. Eventuell finden sich Interessierte, welche die Idee des Online-Archivs aufgreifen und eigenverantwortlich für ihr Land umsetzen. Ein abgestimmtes Layout sowie eine abgestimmte Struktur der Homepage inklusive gegenseitiger Verlinkung könnten hier den gemeinsamen Nenner bilden.

Über diese technische Ebene hinaus sei auf die kulturhistorische Dimension des Archivs hingewiesen, leistet es doch einen ganz entscheidenden Beitrag zum Erhalt des »Intangible Cultural Heritage« – also einer Teilmenge des bautechnikgeschichtlichen Erbes jenseits von Brücken, Tunneln oder sonstigen Bauwerken. Vor diesem Hintergrund besteht geradezu eine Verpflichtung, historische Vorschriften des Bauwesens systematisch zu sammeln, um diese als Zeugnis früher bauaufsichtlicher Regelungsansätze zu bewahren.

## **Literatur**

[Fingerloos 2009]: Fingerloos, V.: Historische technische Regelwerke für den Beton und Stahlbetonbau. Berlin: Ernst & Sohn 2009.

[www.beuth.de](http://www.beuth.de)

[www.tgl-archiv.de](http://www.tgl-archiv.de)

## Autoren

Dr. Bill Addis | Happold Consulting Engineers  
bill.addis@cantab.net

Dipl.-Ing. Ulrich Boeyng | Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg  
boeyng@t-online.de

Dip.-Ing. Anke Fritzsch | FH Potsdam  
anke.fritzsch@web.de

Dipl.-Ing. Stefan Giese | BTU Cottbus-Senftenberg  
stefan.giese@b-tu.de

Dr. Antje Gillich | Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg  
Antje.Gillich@rps.bwl.de

Prof. Dr.-Ing. Stefan M. Holzer | UniBw München  
Stefan.Holzer@unibw.de

Dr.-Ing. Christina Krafczyk | TU Braunschweig  
c.krafczyk@tu-braunschweig.de

dott.arch. DI Mag. Phil. Barbara Lanz | Bauforschung-Tirol  
barbara.lanz@bauforschung-tirol.com

dott.arch. DI Sonja Mitterer | Bauforschung-Tirol  
sonja.mitterer@bauforschung-tirol.com

Prof. Dipl.-Ing. Frank Prietz | Beuth Hochschule für Technik Berlin  
fprietz@beuth-hochschule.de

Dr.-Ing. Dorothea Roos | Karlsruher Institut für Technologie  
dorothea.roos@kit.edu

Dipl.-Ing. (FH) Anja Säbel | UniBw München  
anja.saebel@unibw.de

Dr.-Ing. Klaus Stiglat  
klaus.stiglat@t-online.de

Prof. Dr.-Ing. Martin Trautz | RWTH Aachen  
trautz@trako.arch.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. Karen Veihelmann | UniBw München  
karen.veihelmann@unibw.de

Dr.-Ing. Friedmar Voormann | Karlsruher Institut für Technologie  
friedmar.voormann@kit.edu

Dr.-Ing. Volker Wetzk | BTU Cottbus-Senftenberg  
volker.wetzk@b-tu.de

## **Impressum**

**Aachen 2016**

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

### **Herausgeber**

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

### **Redaktion**

Rolf Gerhardt, Martin Trautz

### **Gestaltung**

Lehrstuhl für Tragkonstruktionen  
RWTH Aachen, Fakultät für Architektur

### **Lektorat und Satz**

Tanja Bokelmann

**Gefördert durch Mittel der  
Gesellschaft für Bautechnikgeschichte e.V.**

**ISBN 978-3-00-052737-1**