

03+04/13 steeldoc

**Historische
Stahlbrücken**



Inhalt

Editorial	3
Essay	
Vom Wert historischer Stahlbrücken	4
Einleitung	
Mit der Eisenbahn kamen die Stahlbrücken	8
Bietschtalviadukt, Hohtenn-Aussenberg	
Imposanter Brückenschlag im Gebirge	12
Aarebrücke, Koblenz	
Fünf Bogen in der Kurve	16
Brücke Unterstetten, Rigi Scheidegg	
Fast vergessen – und doch so wertvoll	20
Werkstoff Stahl	
Geschichte, Identifikation und Rekonstruktion	26
Verbindungstechnik	
Genietet, verschweisst und zusammengehalten	32
Brüggli, Unterägeri	
Filigranität und Leichtigkeit bewahrt	36
Aarebrücke, Aarwangen	
Eleganter Streckenzug in geschütztem Ortsbild	42
Thurbrücke, Gütighausen	
Originalgetreu verlängert	46
Buchbesprechung	
«Schweizer Bahnbrücken»	52
Anhang	54
Impressum	55

Kompetenz im Stahlbau

Das Stahlbau Zentrum Schweiz ist das Schweizer Kompetenz-Forum für den Stahlbau. Als Fachorganisation vereint das SZS die wichtigsten stahlverarbeitenden Betriebe, Zulieferfirmen und Planungsbüros der Schweiz und erreicht mit seinen Aktionen mehr als 8000 Architektinnen, Bauplaner, Entscheidungsträger und Institutionen. Das SZS informiert das Fachpublikum, fördert die Forschung, Entwicklung und Zusammenarbeit im Stahlbau, pflegt internationale Verbindungen und unterstützt die Aus- und Weiterbildung von Fachleuten. Seine Mitglieder profitieren von einem breiten Leistungsangebot zu günstigen Konditionen.

www.szs.ch

Stahlbau Zentrum Schweiz
Centre suisse de la construction métallique
Centro svizzero per la costruzione in acciaio

Editorial



Die Schweiz ist dank ihrer vielfältigen Landschaft mit Flüssen und Bergen ein ausgeprägtes Brückenland. Insbesondere für die Eisenbahn und die Durchquerung der Alpen wurden im 19. und 20. Jahrhundert hunderte von Brücken gebaut – viele davon in Stahl. Ein junger Pioniergeist, für den Schweizer Brückenbau des 19. Jahrhunderts war der Politiker und Unternehmer Alfred Escher. Er begründete und entwickelte das Schweizer Eisenbahnnetz und sorgte durch sein unternehmerisches und politisches Engagement für einen beispiellosen Aufschwung der Schweiz als moderne Industrienation. Um für den ambitionierten Brückenbau des nationalen Eisenbahnnetzes und der geplanten Gotthardlinie über fähige Ingenieure zu verfügen, begründete er beispielsweise 1854 das Eidgenössische Polytechnikum – heute Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.

Der Brückenbau gilt als Königsdisziplin der Ingenieurbaukunst und es wundert deshalb nicht, dass seit über 160 Jahren in der Schweiz eine ausgeprägte Kultur für das Bauingenieurwesen gedeiht. Paradoxerweise stellen sich die Protagonisten dieser Disziplin jedoch gerne in den Schatten ihrer Werke. Die vorliegende Nummer von *Steeldoc* ist dem Können dieser stillen Pioniere und ihren Meisterwerken gewidmet und denen, die sich auch heute noch an der frühen Raffinesse im Umgang mit den Kräften inspirieren wollen.

Viele der vorgestellten Stahlbrücken sind über hundert Jahre alt. Sie sind ein Beispiel dafür, dass der Stahlbau seine jugendliche Frische sowohl als Tragwerk als auch in seiner ästhetischen Ausprägung keineswegs verloren hat. Mit demselben feinen Gespür für das Gleichgewicht gehen die Ingenieure heute daran, die Werke ihrer Väter zu untersuchen und sie allenfalls zu verstärken und instand zu setzen. Diese Widmung ist jedoch auch ein Lehrstück – so wird oft erst bei einer sorgfältigen Diagnose des Tragwerkes klar, wie es funktioniert und was seine Besonderheit als technisches Kulturdenkmal ist.

Wir möchten uns deshalb bei Clementine van Rooden bedanken, die sich dieser umfangreichen Doppelnummer zum Thema der historischen Stahlbrücken redaktionell gewidmet hat. Als Bauingenieurin und Fachjournalistin hat sie zudem die meisten Fachtexte verfasst und die Verbindung geschaffen zu dem Hauptwerk, auf das sich diese Nummer bezieht und in dem sie selbst geschrieben hat. In der Reihe Architektur- und Technikgeschichte der Eisenbahnen in der Schweiz ist dieses Jahr das Buch «Schweizer Bahnbrücken» erschienen, mit Fotos von Georg Aerni. Aus den Recherchen für rund 100 wichtige Bahnbrücken haben wir eine Auswahl bedeutender Stahlbrücken getroffen, welche uns die SBB Fachstelle für Denkmalpflege freundlicherweise zur Verfügung gestellt hat. Ergänzt wurde diese Selektion durch weitere Brückentypologien sowie durch fachliche Hintergrundinformationen für den richtigen Umgang mit historischen Tragwerken in Stahl.

Evelyn C. Frisch

Vom Wert historischer Stahlbrücken

Clementine van Rooden*

In der Schweiz gibt es viele eindrucksvolle Stahlbrücken, die sowohl von ihrer Konstruktion her als auch in ihrem Kontext exemplarisch sind. Vor allem die historischen Stahlbrücken zeigen sich in einer unvergleichlichen Vielfalt, die zu erhalten sich lohnt. Denn jedes dieser Meisterwerke hat etwas Besonderes, auch wenn es sich manchmal nicht auf den ersten Blick erschliesst. Vorliegender Essay erörtert, was den Wert historischer Brückenbauwerke ausmacht.

Historische Brücken werden heute – unabhängig ihres Alters – nicht unbesehen rückgebaut oder abgebrochen. Zu oft gingen in der Vergangenheit materielle und immaterielle Werte verloren. Das hätte bei genauerer Betrachtung und Erwägung vermieden werden können. Das Spezifische und Erhaltenswerte einer Brücke ergibt sich aus ihrer Lage und ihrem Standort oder aus der Nutzung, der Bausubstanz oder den sozioökonomischen, wirtschaftlichen oder umweltspezifischen Aspekten. Ebenso wie die messbaren Werte, gehen auch immaterielle Werte verloren, die eine Brücke als Zeitzeuge, als beispielhaftes Exemplar einer Konstruktionsart oder als bautechnisches Vorbild auszeichnen.¹ Vor allem die vielen Bahnbrücken in der Schweiz stehen exemplarisch für diese Werte als technische und gesellschaftliche Zeitzeugen.²

In die Jahre gekommen – aber in bester Verfassung

Viele der bestehenden, oft über hundert Jahre alten Stahlbrücken sind aber in die Jahre gekommen, genügen als Bahn-, Strassen- oder Fussgängerbrücke in mancher Hinsicht den aktuellen Anforderungen nicht mehr und ihre Konstruktion ist oder scheint zumindest veraltet, instandsetzungs- oder ertüchtigungsbedürftig. Doch oft stellt sich bei genauerer Betrachtung heraus, dass der Schein trügt. Das Potenzial mancher historischen Brücke wird – trotz vorhandener Regelwerke zu deren Einschätzung – meist auch von Fachpersonen unterschätzt. Materielle und immaterielle Werte werden verkannt. Dabei liessen sich schon mit einer rudimentären, aber objektiven Bewertung des Erhaltenswerts denkmalpflegerische, betriebliche und tragwerkspezifische Ansprüche unter einen Hut bringen. Die SIA bietet hierzu beispielsweise das Merkblatt SIA 2017 «Erhaltungswert von Bauwerken» an. Eine ganzheitliche Betrachtung von materiellen und immateriellen Werten einer spezifischen Brückenkonstruktion kann ihre Erhaltung in vieler Hinsicht begründen – und nicht zuletzt liessen sich auf diese Weise auch emotionale Bindungen für spezifische Stahlbrücken mit ihren individuellen Tragkonstruktionen und Details wecken – ihre Wertschätzung sozusagen. Dies würde ihren Erhalt wiederum unterstützen. Denn, was wäre die Ingenieurbaukunst ohne ihre bestehenden und zu bestaunenden historischen Referenzen?

Wertschätzung in Zeiten des Wertewandels

Die Bandbreite der Begründungen, eine Brückenkonstruktion zu erhalten, ist gross. Ebenso zahlreich sind allerdings die Argumente, die für einen Rückbau oder Abbruch sprechen. Ein baulicher Eingriff impliziert oft Unvorhergesehenes, was manchen Baubeteiligten dazu bewegt, einen Ersatzneubau zu verfolgen. Vor allem dann, wenn vordergründig «nur» immaterielle oder emotionale Gründe für die Erhaltung sprechen. Viele Brücken sind Anwohnern und Brückenfans als Liebhaberobjekte ans Herz gewachsen. Doch die Bausubstanz einer Brücke lässt sich immer rational und vollständig analysieren, und in vielen Fällen begründen die Erkenntnisse aus den Überprüfungen einen Erhalt hinsichtlich tragwerkspezifischen genauso wie bezüglich historischen und/oder gestalterischen Aspekten. So stellen die Experten beispielsweise oft fest, dass die Brücke im sprachlich-gesellschaftlichen Sinne zwar «alt» ist, aus tragwerkspezifischer Sicht aber ihre maximale Lebensdauer noch lange nicht erreicht hat.³

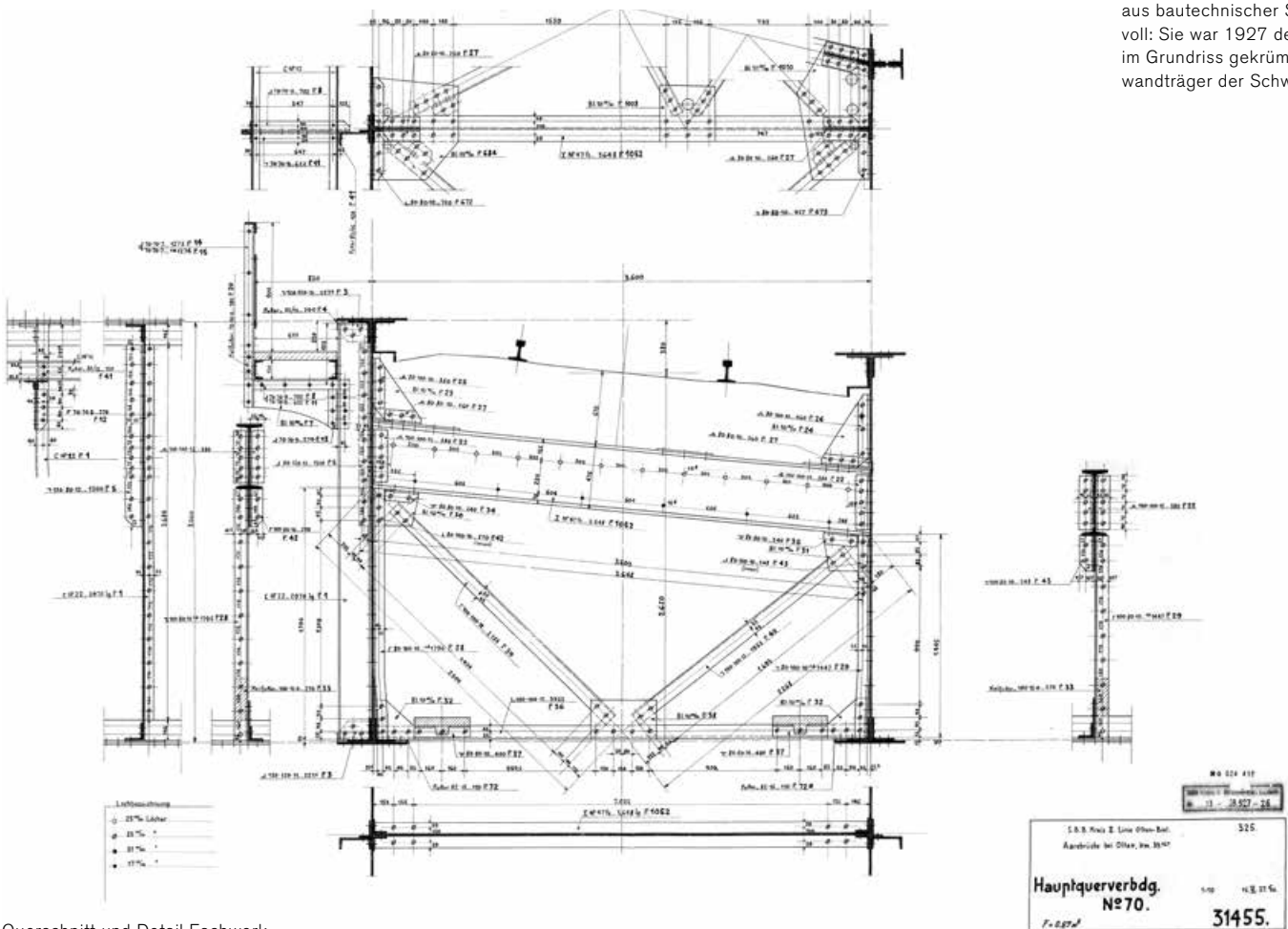
Gewichtige immaterielle Werte

So sind Brückentragwerke als wertvolle Ingenieurbaukunst nicht nur aus technischer und funktionaler, sondern auch aus historisch- und sozio-kultureller, gestalterischer oder emotionaler Sicht zu beurteilen. Erst dadurch lässt sich sein allenfalls vielschichtiges Entwicklungspotenzial offenlegen.⁴ Jede spezifische Brückenkonstruktion ist dabei in ihrem individuellen Kontext wieder neu zu beurteilen.

Der Erhaltenswert ergibt sich nicht alleine aus den festgelegten Kriterien (beispielsweise des Merkblatts SIA 2017), welche meist nicht genau definiert sind, sondern von Fall zu Fall interpretiert werden müssen. Die Werte einer Brücke sind also vielmehr immer wieder neu zu bestimmen und zu gewichten. Es kann durchaus sein, dass ein einziges, die Brückenkonstruktion auszeichnendes Merkmal entscheidend ist für die Erhaltung der gesamten Brücke. Vielleicht ist die Tragkonstruktion weder schön noch effizient oder wirtschaftlich tragbar, doch ist sie ein beispielhafter Zeuge ihrer Zeit, oder sie ist die letzte Ausführung in dieser Art. Dann ist das unter Umständen Grund genug, sie zu bewahren. Ebenso, wenn ihr Erbauer berühmt ist und das Bauwerk eine wichtige Arbeit



1 Die Aarebrücke der Gäubahn mitten im städtischen Umfeld von Olten ist vor allem aus bautechnischer Sicht wertvoll: Sie war 1927 der erste im Grundriss gekrümmte Vollwandträger der Schweiz.^{3,5}



Querschnitt und Detail Fachwerk der Aarebrücke mit geneigter Fahrbahn (SBB Historic)





in seinem Gesamtwerk darstellt. Oder ihre Formgebung, ihre Materialisierung oder ihr statisches System sind ihrer Zeit voraus oder waren für die Zeit typisch. Denkbar ist auch, dass es sich bei der Brücke sozusagen um einen erhaltenswerten Lehrpfad von spezifischen, vielleicht historischen und nicht mehr existierenden Konstruktionsdetails handelt.⁴

Ingenieurbaukunst als Zeitzeuge

Das Ziel jeder Beurteilung besteht jedenfalls darin, die Besonderheiten einer jeden Brücke mit ihrer spezifischen Tragkonstruktion und ihren für sie typischen und charakteristischen Details zu erkennen, damit man sie bei allfälligen Eingriffen respektieren und nach Möglichkeit bewahren kann. Es geht in vielen Fällen auch darum, das Erb- und Gedankengut, das in einer Brückenkonstruktion steckt als Anschauungsmaterial zu bewahren. Denn es kann Jahrzehnte später auch für neue, wiederum zeitgenössische Brückenkonstruktionen dienlich, ja gar vorbildlich sein.⁵

* Clementine van Rooden, dipl. Bauing. ETH; nach der Assistenz an der Professur für Tragkonstruktionen an der ETH Zürich und mehrjähriger Praxis als projektleitende Bauingenieurin war sie von 2006 bis 2013 Redaktorin der Fachzeitschrift Tec21, heute ist die freie Publizistin im Bereich der Ingenieurbaukunst.

Anmerkungen und Literatur

- 1 Merkblatt SIA 2017, «Erhaltungswert von Bauwerken», Ausgabe 2000
- 2 vgl. Einleitung S. 8 und Buchbesprechung S. 52
- 3 siehe Buchbesprechung auf S. 52
- 4 «Tragende Werte», TEC21 48/2013, Clementine van Rooden, Artikel «Wertvolle Tragwerke», S. 16–17
- 5 vgl. Verbindungstechnik S. 32

Bildnachweis

- 1 Clementine van Rooden
- 2 Georg Aerni

2 Nahezu im Originalzustand von 1917 spannt der filigrane, ausgefachte Dreigelenkbogen der Isornobrücke bei Intragna über die Schlucht und scheint mit der Landschaft und dem Ortsbild des Dorfs verwachsen zu sein.

Mit der Eisenbahn kamen die Stahlbrücken

Clementine van Rooden

Die Schweizer Brückenlandschaft ist vor allem von Bahnbrücken geprägt. Sie stehen markant in der Landschaft, beeindrucken durch die Sorgfalt und Kühnheit der Konstruktion und sind über die vielen Jahre fest mit dem Kontext des Ortes verwachsen. Viele von ihnen gelten deshalb bei Kennern der Ingenieurbaukunst und der Schweizer Landschaft als Liebhaberobjekte.

Es erstaunt nicht, dass die Landschaft der Schweizer Stahlbrücken vor allem von den Brücken der Schweizer Eisenbahngesellschaften geprägt ist. Diese waren eine der frühesten und ersten Auftraggeber für mehrere tausend Stahlbrücken, die alleine die Bahngesellschaften heute noch besitzen.

Die Eisenbahn hat den Weg in die Schweiz im Vergleich zu den Nachbarländern spät gefunden. Aus Sicht des Stahlbrückenbaus hatte das den Vorteil, dass die gusseisernen Konstruktionen der Pionierzeit, die den Ruf der Metallbrücken vor allem in England arg ramponiert hatten, praktisch übersprungen wurden. Der Stahlbrückenbau in der Schweiz konnte von Anfang an zumindest auf bekannte und erprobte Werkstoffe (Puddelstahl, Stahlguss), Erfahrungen im Ausland, eine Basis von theoretischen Grundlagen, eine hochstehende Zimmermannstradition und führende Ingenieure aus ganz Europa zurückgreifen.

Begünstigt durch das damalige liberale Eisenbahngesetz setzte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine geradezu fiebrige Eisenbahn- und damit auch Brückenbautätigkeit ein. In dieser frühkapitalistischen Phase wurden viele, ehrgeizige und kühne Stahlbrücken gebaut, denn Stahlkonstruktionen konnten schneller und kostengünstiger erstellt werden als gemauerte Brücken – und für die vielen privaten Bahngesellschaften war Bauzeit eben Geld.

Einflüsse aus Deutschland und Frankreich

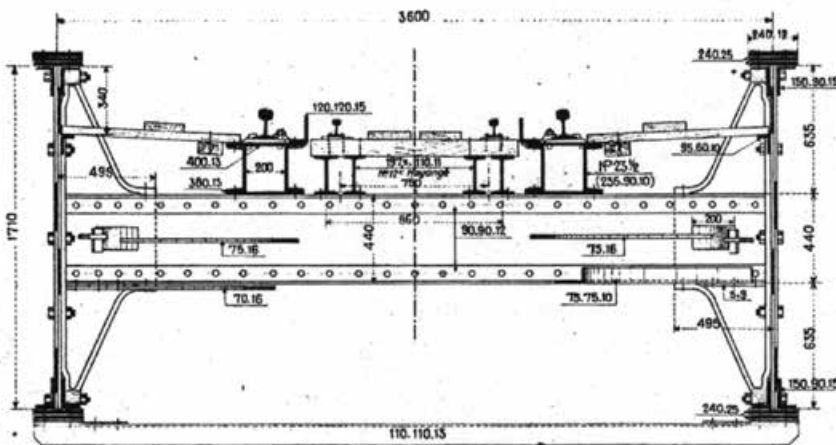
Ein typischer «Schweizer Stil» oder gar eine «Schweizer Schule» im Stahlbrückenbau hat sich in dieser Zeit – und auch später – nicht entwickelt; vielmehr haben Schweizer Ingenieure stets pragmatisch Entwicklungen aus dem Ausland aufgegriffen, adaptiert und optimiert und damit eine ganze Reihe bemerkenswerter Bauwerke geschaffen. Regionale bzw. nationale Präferenzen sind aber schon erkennbar:



1 Wartungsgang des Bahnviaduktes über die Sitter bei St. Gallen von 1919



2 Die Frenkebrücke in Liestal aus einem dreifeldrigen Gitterträger steht heute als Denkmal neben der Bahnlinie Basel – Olten. Im Querschnitt sind die beiden Gitterträger auf halber Höhe H-förmig miteinander verbunden.



In der Deutschschweiz dominierte naturgemäss die Deutsche Bauweise mit hohen, weit gespannten Gitterträgern – zum Beispiel die Frenkebrücke in Liestal –; auch diverse Träger der Gotthardbahn waren als Gitterträger ausgebildet (alle ersetzt). In der Westschweiz überwog der französische Einfluss, so dass an Stelle von Gitterträgern Vollwandträger eingebaut wurden – zum Beispiel der Viadukt über die Paudèze bei Pully vor ihrem Umbau.

Ein grosser Teil dieser frühen, relativ leicht konstruierten Träger war nach etwa einem halben Jahrhundert rasant vergrösserten Zuglasten nicht mehr gewachsen und konnte auch nicht mit vertretbarem Aufwand verstärkt werden – sie mussten ersetzt werden, häufig durch modernere Fachwerkträger. Glücklicherweise sind drei grosse Gitterträger auf wenig befahrenen Linien bis heute erhalten geblieben: die Rheinbrücke in Koblenz und die Thurbrücke in Ossingen oder nach der Stilllegung die Frenkebrücke in Liestal.



3 Der Bahnviadukt über die Sitter bei St. Gallen von der Südostbahn (SOB) – ehemals Bodensee-Toggenburg-Bahn – wurde 1910 fertig gestellt. Die Brücke ist mit 99 m Höhe die höchste und der Stahlfachwerkträger mit 120 m der weitest gespannte der Schweiz.

Pauliträger als eine wenig bekannte Konstruktion

Die Bauweise der Gitterträger stiess in den 1870er-Jahren an ihre Belastungsgrenzen; in dieser Zeit machte die Stahlindustrie entscheidende Fortschritte und konnte dem Brückenbau statt der schmalen Flachstähle stärkere und anspruchsvollere Profile zur Verfügung stellen. Verschiedene Nachfolger für die Gitterträger wurden ausprobiert, darunter die eleganten Pauliträger (nach dem deutschen Bauingenieur Friedrich August von Pauli, 1802 - 1885). Das waren Fachwerkträger, die mit Kreuzstreben ausgefacht und deren Ober- und Untergurt gekrümmt sind und dem Träger seine typische symmetrische Linsenform geben (1857 patentiert). Pauliträger wurden in der Schweiz nur in einer Eisenbahnbrücke, der Aarebrücke Brugg, eingesetzt, wo sie nach rund einem Vierteljahrhundert an ihre Belastungsgrenzen stiessen und ersetzt werden mussten. Das Prinzip des Pauliträgers lebte

aber in horizontal halbiert Form als Unterspannung von Balken und Trägern weiter. Zahlreiche Brücken, darunter viele Gitter- und Fachwerkträger der Gotthardbahn, sind bis in die 1950er-Jahre mit diesen so genannten Fischbäuchen verstärkt worden.

Schwedlerträger ist erhalten geblieben

Eine andere wenig bekannte Bauweise für Träger als Ablösung der Gitterträger war der Schwedlerträger (nach dem deutschen Bauingenieur Johann Wilhelm Schwedler, 1825 – 1894). Diese Trägerform lässt sich auf den ersten Blick kaum von einem Fachwerkbogenträger unterscheiden. Bei ihm sind die Streben aber stets auf Zug beansprucht. Eigentlich ergäbe sich nach diesem theoretisch ausgeklügelten Konzept für den Obergurt eine Linie, die sich aus zwei Hyperbeln zusammensetzt. Schwedler liess den Obergurt dennoch gerade durchlaufen und wich aus ästhetischen

und aufwandspezifischen Gründen von der theoretischen Ideallinie ab. Die Streben waren dadurch in diesem Bereich doch auf Druck beansprucht, weshalb Schwedler dort gegenläufige Streben einbauen liess. Auch für den Schwedlerträger blieb es bei relativ wenigen Anwendungen in der Schweiz, die immerhin heute noch in Betrieb sind – bei der Aarebrücke in Koblenz¹ und der Überführung über die Limmatstrasse in Zürich.

Vielfalt der Fachwerkträger

Seit den 1870er-Jahren haben sich die auf die Tradition des Holzbrückenbaus zurückgehenden Fachwerkträger mit ihren verschiedenen Ausführungen als vielseitigstes und meistverbreitetes Tragsystem für Eisenbahnbrücken etabliert: oberhalb oder unterhalb der Fahrbahn oder mittig angeordnet, parallelgurtig, polygonal oder halbparabelförmig, mit ein- oder mehrfachem Strebenzug, mit Pfosten oder pfostenlos. Fachwerkträger werden auch häufig in Viadukten zwischen Vorbrücken aus Mauerwerk eingesetzt; einige der gelungensten und bekanntesten Brücken der Schweiz sind mit dieser kontrastreichen und doch harmonischen Kombination aufgebaut – als typisches Beispiel sei hier der Sitterviadukt der Südostbahn (SOB) bei St. Gallen erwähnt.

Jede Konstruktion in ihrer Zeit und ihrem Kontext

Im Lauf ihrer über hundertjährigen Erfolgsgeschichte in der Schweiz haben die Fachwerkträger alle konstruktiven Entwicklungen, von den handgenieteten Verbindungen über die Verschraubungen bis zu den aktuellen vollverschweissten Kastenprofilen durchlaufen. Die Tragwerke sind dabei, dank den Fortschritten der Metallurgie² und der Verbindungstechnik³, immer einfacher und klarer geworden – heutige pfostenlose geschweisste Fachwerkträger aus glatten Kastenprofilen wirken schon beinahe abstrakt, wie es beispielsweise die rote RhB-Überführung über die Linien der SBB in Untervaz zeigt.

In den Bergen sind neben den Fachwerkträgern einige bemerkenswerte, eigenständige Stahlkonstruktionen entstanden, die im Detail wieder auf Fachwerke reduziert werden können. Eines der bekanntesten und interessantesten Unikate ist die Bietschtalbrücke auf der Lötschberg-Südrampe.⁴ Ebenso kühn angelegt, aber dank der filigranen Struktur fast schwerelos wirken die zwei beinahe identischen Bogenbrücken der Centovalli-Bahn – die Isornobrücke bei Intragna (siehe Foto S. 6) und die Ruinacci-Brücke östlich der Station Camedo. Die Stahltragkonstruktionen dieser drei Brücken sind bis heute ohne grössere Eingriffe in Betrieb.

Bemerkenswerte Unikate sind auch die geschweissten Langerschen Balken – heute ist dieses Tragsystem eher als Bow-String bekannt –, die die SBB-Linie Zürich-Chur über den Linth- und den Escherkanal führen (siehe Foto S. 54).

In den letzten Jahren erleben die Stahl-Vollwandträger eine Renaissance. Mit Windverbänden verstärkt, tragen sie unter anderem die Stahlbeton-Fahrbahnplatten einiger Brücken auf der Gotthard-Nordrampe, bei denen ab den 1960er-Jahren die originalen Fachwerkträger ersetzt werden mussten – so zum Beispiel bei der Intschireuss- und der Kärstelenbachbrücke. Derartige Stahl-Beton-Verbundkonstruktionen bieten für Eisenbahn und Strasse noch ein grosses Entwicklungspotenzial.

Anmerkungen und Literatur

- 1 vgl. Aarebrücke Koblenz, S. 16
- 2 vgl. Werkstoff Stahl S. 26
- 3 vgl. Verbindungstechnik, S. 32
- 4 vgl. Bietschtalviadukt, S. 12
- 5 siehe Buchbesprechung S. 52

Bildnachweis

- 1 Südostbahn SOB
- 2 Clementine van Rooden; Plan aus Baselbieter Heimatblätter, Jahresbericht der Kantonalen Denkmalpflege 2005
- 3 Südostbahn SOB
- 4 Historisches Foto: Theodor Bell & Co.



4 Das spektakuläre Lehrgerüst aus Holz für den Bau des Bahnviaduktes über die Sitter, konstruiert von Richard Coray.

Imposanter Brückenschlag im Gebirge

Bauherrschaft

BLS AG (ehemals Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn)

Ingenieure

Entreprise Générale du chemin de fer des Alpes Bernoises
Bern-Loetschberg-Simplon (EGL) (historische Brücke);
Jean Gut, Küsnacht ZH (Verstärkungen); Bloetzer + Pfammatter,
Visp (Stahlbeton)

Baujahr

Historische Brücke: 1913
Ausbau auf Doppelspur und Verstärkungen: 1986



Die Südrampe der 1913 eröffneten Lötschbergbahn ist dank ihrer zahlreichen Kunstbauten ohnehin schon beeindruckend. Der Bietschtalviadukt fällt dennoch besonders auf. Er überquert die Schlucht des Bietschbachs mit einer wuchtigen und einmaligen Konstruktion. Sie ist zwar weitgehend im Original von 1913 erhalten, wurde aber 1986 auf zwei Spuren ausgebaut – diese Erweiterung war bereits beim Erstbau eingeplant.

Der Bietschtalviadukt auf der Lötschberglinie Frutigen-Brig beeindruckt einerseits durch seine kühne Konstruktion, die schon für die damalige Zeit aussergewöhnlich war, andererseits durch seine spektakuläre Lage in der felsigen Berglandschaft des Wallis, die noch heute schwierig zugänglich ist – und damals erst recht.¹

Der 110 m lange Viadukt überspannt den in Richtung Raron ins Rhonetal fliessende Bietschbach in 78 m Höhe mit einem Zweigelenkbogen und zwei anschließenden Balkenbrücken von 35,5 m Spannweite. Der Bogen steht auf vier Stahlgusslagern mit Kugelgelenken, die in mit Naturstein verkleideten Fundamentsockeln aus Beton verankert sind. Die Spannweite zwischen den beiden Bogenkämpfern beträgt 95 m. Die beiden Balkenbrücken lagern an den Talflanken etwas weiter oben auf gemauerten Widerlagern mit je einem Gewölbebogen – von dort aus verschwinden die Gleise auf jeder Talseite jeweils in einen Tunnel.

Die Stahlkonstruktion aus Flussstahl ist im gleichmässigen Längsgefälle von 22 Promille erbaut und liegt in einer Kurve mit einem Radius von 300 m. Dieser Grundriss begründet die aussergewöhnliche Form des zentralen Bogens – seine Gurten spreizen sich nämlich gegen die Kämpfer und erhöhen so die Steifigkeit der Konstruktion: Regelrecht breitbeinig stellt sich der Zweigelenkbogen also in die Talflanken. Nur so liessen sich die Fliehkräfte fahrender oder bremsender Züge in der vorliegenden Kurve auffangen.

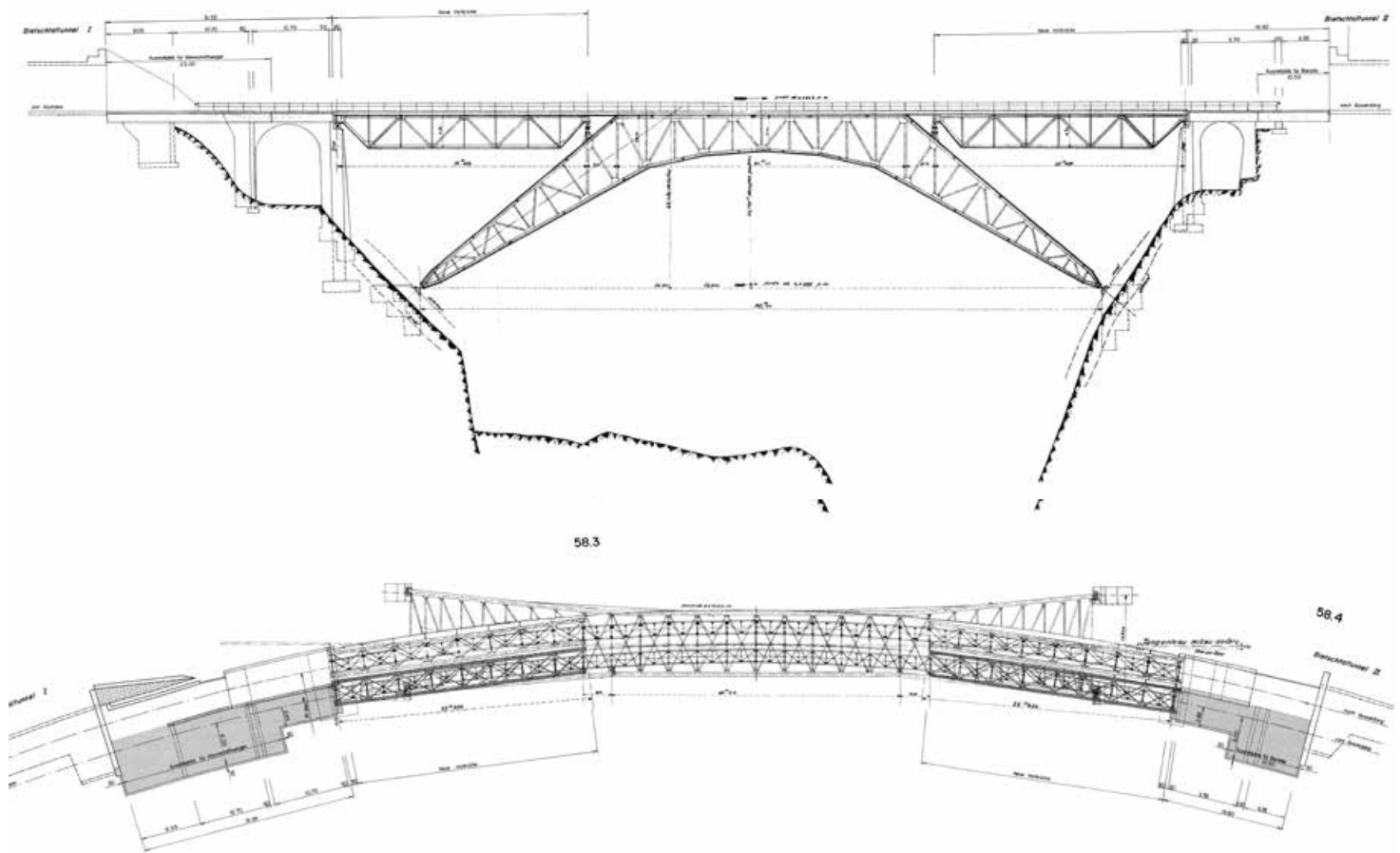
Der Aufbau des Bogens als räumliches Fachwerk erfolgte 1913 mit einem Lehrgerüst. Damit die Setzungen

bei diesem hohen Gerüst kontrollierbar blieben, liess man es hauptsächlich aus Eisen errichten; nur der oberste Teil bestand aus Holz. So liess sich das Tragwerk aus nahezu 491 Stäben und 171 Knoten passgenau konstruieren. Insbesondere beim Bogenschluss stellte man mit dieser Bauweise nur geringfügige Massdifferenzen fest – solch günstige Montageresultate wären vermutlich bei einem reinen Holzgerüst nicht erreicht worden.

Die Brücke wurde mit Derrickskränen montiert. Diese erstmals in der Schweiz eingesetzten Kräne, die nur auf Druck belastet werden, ermöglichten die Montage der schweren Stahlfachwerkbrücke. Eine separate Dienstbahn mit Tunnels und Holzbrücken erschloss die Strecke während der Arbeiten im unwegsamen Gelände.²

Zunächst eingleisig

Die Lötschbergbahn nahmen die Brücke wie geplant nur eingleisig in Betrieb. Allerdings war von Beginn an ein Ausbau auf Doppelspur vorbereitet worden. Dieser Ausbau erfolgte auf der gesamten Bergstrecke (Nord- und Südrampe) zwischen 1976 und 1992 – beim Bietschtalviadukt 1986. Dafür ergänzte man die damals über 70jährige Tragkonstruktion talseitig mit zwei konstruktionsgleichen Balkenbrücken. Der einzige Unterschied bestand darin, dass die Knoten nicht mehr genietet, sondern geschweisst waren. Wegen der wesentlich glatteren Flächen der Schweisskonstruktion verringerte sich der Unterhaltsaufwand an der moderneren Fachwerkkonstruktion der zwei neuen Anschlussbrücken.³



Um die zusätzlichen Lasten im Bogen aufnehmen zu können – insbesondere die erhöhten Fliehkräfte, die massgebend auch von der Ausbaugeschwindigkeit bestimmt werden und die von 60 auf 80 km/h erhöht wurde –, wurden die Windverbände nach eingehenden Überprüfungen und Nachrechnungen verstärkt und in vielen Knotenkonstruktionen die Niete durch hochfeste Passschrauben (HVP) ersetzt oder ausgewechselt – einige tausend in der Zahl. Dadurch erhielt man eine in etwa doppelt so hohe Tragsicherheit bezüglich Abscheren. Der Lochleibungsdruck blieb derselbe, doch war für die HV-Schrauben wegen des günstigen Druckspannungszustands aus der Vorspannung kein Ermüdungsnachweis zu führen⁴, wodurch man ebenfalls Tragreserven mobilisieren konnte.

Unter Betrieb erweitert

Für die Erweiterung baute man zuerst die Widerlager an den Tunnelportalen und ein Gerüstturm auf den schrägen Bogenbeinen der Stahlbrücke. Dieser diente während der Bauphase als Dienststeg und durfte auf der bestehenden Tragkonstruktion nur an die Fach-

werkknoten abgestützt werden. Dies war aus geometrischen Gründen nur mit kompliziert anzuschliessenden schrägen Stützen zu bewerkstelligen.

Alle Verstärkungsarbeiten wurden ausgeführt, während die Brücke stets eingleisig befahren wurde. Auch das Baumaterial musste über den Gleisweg auf die Baustelle geschaffen werden, so auch der Pneu Kran von 10 t Tragkraft. Nachdem also zuerst das zweite Gleis erstellt war, wurde das erste vorübergehend stillgelegt um auch sein Tragwerk zu verstärken.

Die Ingenieure mussten beim Einbau der Verstärkungen darauf achten, dass bei Zugüberfahrten die Tragsicherheit der Brücke immer gewährleistet war – insbesondere beim Wechseln der Verbindungsmittel. Sie legten deshalb einen genauen Ablauf fest: Niete wurden entfernt, die Löcher angepasst sowie aufgerieben und die neuen Verbindungsmittel eingebaut – im stetigen Hin und Her mit dem temporären Einbau der provisorischen Passdornen während jeder Zugüberfahrt, die die Kraftübertragung bei Zugüberfahrten

Der Bietschtalviadukt verdankt seine spezielle und markante Form der Statik. Weil die Stahlkonstruktion die infolge der Kurve entstehenden Fliehkräfte aufnehmen muss, spreizen sich die Gurten des Bogens gegen die Kämpfer hin. (© BLS)





2 Der Bietschtalviadukt auf der Lötschberg-Südrampe ist ein Dreigelenkträger, aufgebaut aus massiven vernieteten Stahlprofilen und von zahlreichen Fachwerkverstreben zusammengehalten.

3 Der Bietschtalviadukt im Bauzustand. Die Brückenkonstruktion wurde vorerst nur einspurig befahren, aber von Beginn an auf Doppelspur ausgelegt.



während des Auswechslens vorübergehend gewährleistet. Die BLS verfügte damals über eine Nietequipe, die das damals nahezu und heute praktisch ausgestorbene Handwerk des Nietschlagens noch beherrschte.⁵

Der Ausbau auf zwei Gleise hat das originale Erscheinungsbild der gesamten Tragkonstruktion kaum verändert. Allerdings ist der talseitige Anbau im Bereich der Widerlager zu auffällig ausgefallen. Dort verläuft das neuere Gleis auf Lehnenviadukten aus Stahlbeton, die den bestehenden Widerlagern vorgesetzt wurden. Dafür aber ist die Brückenkonstruktion seither öffentlich zugänglich und kann im Detail von sehr nahe bestaunt werden. Denn talseitig kragt von den Brückenträgern ein Steg aus. Er ist Teil des Wanderwegs entlang der Lötschberg-Südrampe, der zum Teil das Trasse der alten Dienstbahn benutzt.

Teurer aber lohnenswerter Umbau

Die Erweiterungsarbeiten waren vermutlich teurer als ein Neubau zu dieser Zeit gekostet hätte.⁴ Dennoch haben sie sich gelohnt, denn es wurde nicht nur der Betrieb der Bahn möglichst geringfügig behindert, sondern auch ein wertvoller und markanter Zeitzeuge der Ingenieurbaukunst erhalten. (cvr)

Anmerkungen und Literatur

- 1 Schweizer Bauzeitung, 19. April 1913, «Der Bietschtal-Viadukt der Lötschbergbahn», Adolf Herzog
- 2 Jubiläumsbuch der BLS «Pionierbahn am Lötschberg», Ueli Rüegsegger, S. 80
- 3 vgl. Verbindungstechnik, S. 32
- 4 Schweizer Ingenieur und Architekt 9/87, Band 105, «Die Bietschtalbrücke der BLS – Verstärkung und Ausbau auf Doppelspur», J. Gut, H. Schmitt und U. Graber
- 5 vgl. Brüggli, Unterägeri, S. 36

Bildnachweis

- 1 Georg Aerni, 2 Georg Aerni, 3 SBB Historic

Ort Raron (VS)

Bauherrschaft BLS AG (ehemals Lötschberg-Simplon-Bahn)

Ingenieure Entreprise Générale du chemin de fer des Alpes Bernoises Bern-Loetschberg-Simplon (EGL) (historische Brücke); Jean Gut, Küsnacht (ZH) (Verstärkungen); Bloetzer + Pfammatter, Visp (Stahlbeton)

Stahlbau Albert Buss & Cie, Pratteln (historische Brücke); Arge: Buss AG, Pratteln BL, Zschokke-Wartmann AG, Brugg, Nüssli Rohrkonstruktionen AG, Hüttwilen; Lederer + Eisenhut AG, Oensingen (Korrosionsschutz)

Konstruktionstypologie Zweigelenkbogen mit zwei Balkenbrücken

Abmessungen 95 m Spannweite Bogen, 2 x 35,5 m Spannweite Balken; Gesamtlänge 128 m; Höhe 78 m, Kurvenradius 300m

Stahlsorten Flussstahl; 125 000 Nieten; Verstärkung: 23 000 Passschrauben, 2 000 Nieten, 150 t Stahl

Baujahr 1913; Ausbau auf Doppelspur 1986; zwischen 1979 und 1987 diverse Verstärkungen

Fünf Bogen in der Kurve

Bauherrschaft

Schweizerische Nordostbahn

Ingenieure

Robert Moser; Arnold Bosshard & Cie (Ausführung)

Baujahr

1892



Die Aarebrücke in Koblenz ist ein wertvolles Werk der Ingenieurbaukunst. Sie ist in ihrer Konstruktion selten und zeigt zwei Besonderheiten von baugeschichtlich hohem Wert. Das Gleis liegt nicht auf einer offenen Fahrbahn sondern in einem schalldämpfenden Schotterbett. Und dank des Konstruktionsprinzips von Schwedler sind die Fachwerkdiagonalen nur auf Zug beansprucht und deshalb äusserst schlank.

Die linksufrige Rheintalbahn von Basel nach Romanshorn ist 26 km lang und die kürzeste und eine vergleichsweise flache Verbindung zwischen Basel und dem Eisenbahnknotenpunkt Winterthur. Die Linie zweigt bei Stein ab und folgt dem linken Rheintufer bis zur Einmündung der Aare bei Waldshut. Dann zieht sie sich für einen kurzen Abschnitt der Aare entlang und führt mit einer Kurve über den Fluss, um schliesslich in die Station Koblenz zu gelangen.

Linienführung bedingt individuelle Details

Die Aarebrücke von 1892 zwischen den beiden Stationen Felsenau und Koblenz ist die grösste Kunstbaute auf dieser Bahnstrecke. Sie hat eine Gesamtlänge von 236 m und die schweisseisernen Fachwerkträger mit unten liegender Fahrbahn sind maximal 6,5 m hoch. Im Grundriss folgt die Brücke einem Korbbogen, ihr Krümmungsverlauf verändert sich also von einem Radius von 500 m über einen solchen von 550 m zu einem von 270 m. Dabei waren die 270 m der Minimalradius der gesamten Strecke.¹

Der Schweizer Ingenieur und Eisenbahnunternehmer Robert Moser konstruierte die Brücke mit fünf Einfeldträgern und legte sie auf vier 10 m hoch gemauerte Flusspfeiler sowie zwei gemauerte Widerlager. Die Pfeiler richten sich nach der Fliessrichtung und sind wie die Widerlager 12 bis 15 m tief fundiert. Wegen der im Grundriss gekrümmten Linienführung der Fahrbahn stehen die Pfeiler also nicht rechtwinklig sondern 45° bis 65° zur Gleisachse.

Die Widerlager an beiden Aareufem stehen ebenfalls schief zur Brückenachse. Das grössere am rechten Aareufer ist wie die Pfeiler auf einem ausbetonierten Senkkasten gegründet und im hinteren Teil zusätzlich

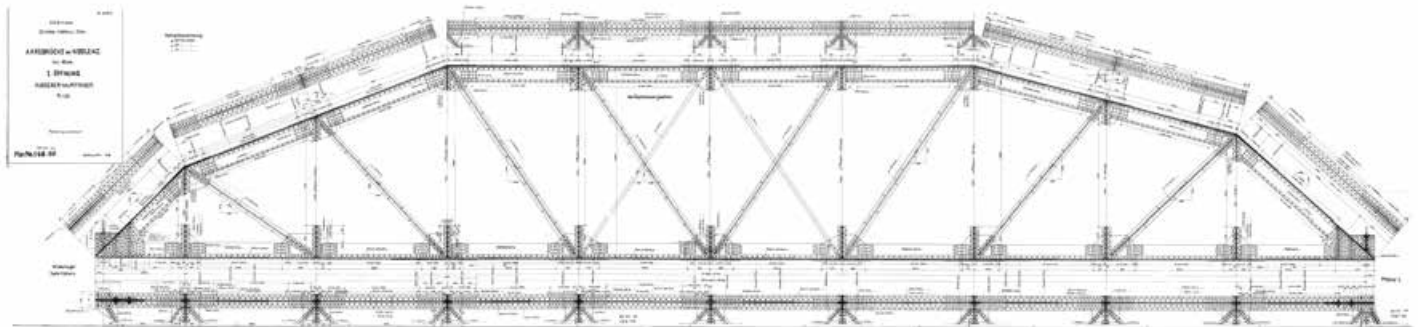
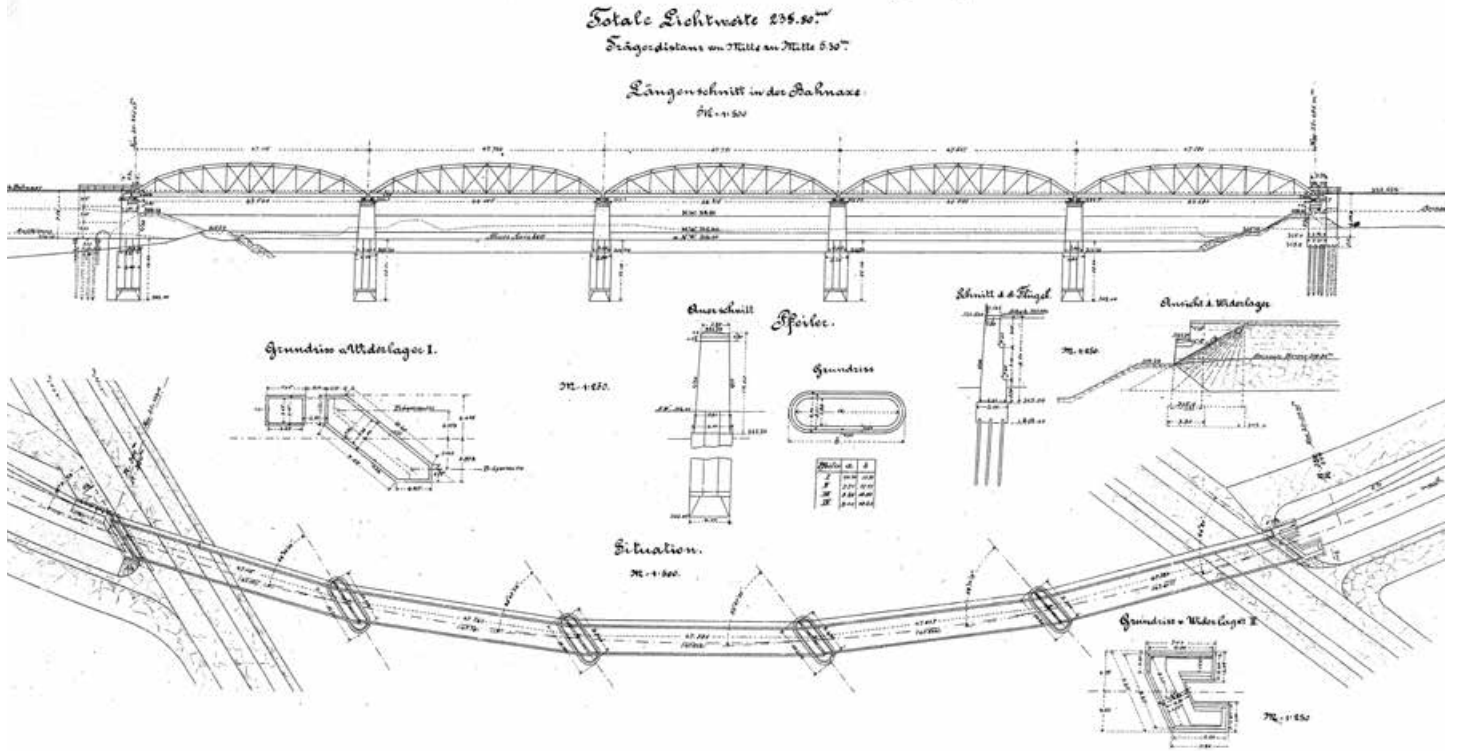
auf eingerammten Holzpfählen abgestellt. Für das einfachere linksufrige Widerlager genügte eine Pfahlfundation.

Charakteristische Konstruktion

Die Einfeldträger mit einer Spannweite von 47,1 bis 48 m bestehen aus zwei Hauptträgern, die im Achsabstand von 5,5 m angeordnet sind. Sie sind infolge der in Fliessrichtung ausgerichteten Flusspfeiler schief gelagert. Dennoch schliessen die Querträger rechtwinklig an die Gurten, was unterschiedlich lange Endfelder in jedem einzelnen Fachwerkträger bedingt. Dies zeigt sich in einer gewissen Dynamik im Erscheinungsbild der Brücke.

Die Hauptträger sind als abgewandelte Schwedlerträger ausgeführt – eine Trägerform, die der Ingenieur Johann Wilhelm Schwedler entwickelte und bei dem die Streben stets auf Zug beansprucht sind.² Bei der Aarebrücke Koblenz hat Moser die ausführungstechnisch eher schwierige Schwedlersche Bogenform vereinfacht. Er passte sie auf eine polygonale Form an: Während der Untergurt gerade blieb, ist der Obergurt nicht hyperbolisch geschwungen sondern knickt vom Auflager bis zur Mitte des Trägers am ersten und dritten Pfosten.

Die jeweils zehn Felder der Fachwerke sind mit schlanken fallenden Diagonalen ausgefacht, wobei die beiden mittleren Felder Andreaskreuze aufweisen. So bleiben alle Diagonalen trotz abgewandelter Form des Schwedlerträgers nur auf Zug beansprucht und konnten dennoch entsprechend schlank ausgeführt werden. Diese Konstruktion ist in der Schweiz selten wenn nicht gar einzigartig.



Situation und Ansicht (Abwicklung) der Aarebrücke: Die fünf Hauptträger überbrücken die Aare in einer Kurve, und die Flusspfeiler sind in der Flussrichtung angeordnet. (SBB Mikrofilmzentrale Bern)

Durchgezogenes Schotterbett

Zwischen den Hauptträgern liegt der stählerne Schottertrog für das eine Gleis.⁵ Die Schwellen lagen also nicht wie damals üblich auf einer offenen Fahrbahn direkt auf den eisernen Längsträgern, sondern im durchgehenden und Lärm dämpfenden Schotterbett. Diese Bauweise war neu und bezüglich der Unterhaltsarbeiten zudem vorteilhaft.

Verstärkt und aufgefrischt

1984 wurden die Hauptträger verstärkt und letztes Jahr die Pfeiler instandgesetzt. Es zeigten sich während einer Begehung im Jahr 2002, dass sich bei zwei Pfeilern bis 7 m tiefe Kolke gebildet hatten. Sie gefährdeten die Grundbruchsicherheit, weshalb sie sofort aufgefüllt wurden und ein Blockteppich um die Pfeilerfüsse erstellt wurde. Statische Nachrechnungen zeigten anschliessend, dass der Tragwiderstand der Pfeiler nicht mehr den aktuellen Normen entsprach – insbesondere bezüglich Anfahr- und Bremslasten. Seit Dezember 1984 zeigen sich die fünf Bögen über die Aare und ihr Unterbau wieder aufgefrischt.

Ziel über- und Werk unterschätzt

Die Aarebrücke ist erstaunlich wenig dokumentiert und hat die hohen Erwartungen der Bauherrschaft eines regen Bahnverkehrs nie erfüllt. Dennoch scheint ihr von Beginn weg viel Aufmerksamkeit geschenkt worden zu sein. Die Schweizer Post widmete ihr 1991 gar eine 80 Rappen Briefmarke. 1994 aber wurde der Personenverkehr zwischen Laufenburg und Koblenz eingestellt, seither verkehrt hier planmässig nur noch der Güterverkehr. Trotzdem ist die Brücke ein wertvolles Werk der Ingenieurbaukunst mit einem eigenen vom Kontext geprägten Charakter. (cvr)

Anmerkungen und Literatur

- 1 Schweizerische Bauzeitung 15–16/1890, «Der Bau der Normalbahn Stein-Coblenz», S. 87–88
- 2 vgl. Einleitung S. 8
- 3 siehe Buchbesprechung auf S. 52

Bildnachweis

- 1 SBB Historic
- 2 Georg Aerni

Ort Koblenz (AG)

Bauherrschaft Schweizer Nordostbahn, SBB

Ingenieure Robert Moser

Stahlbau Arnold Bosshard & Cie

Konstruktionstypologie 5 Schwedlerträger als einfache Balken

Abmessung 236 m Gesamtlänge; Spannweiten von 47,1 m, 47,7 m, 47,8 m, 47,8 m, 47,4 m

Stahlsorten Schweisseisen

Baujahr 1892; Instandsetzungsjahr 1984





2 Aarebrücke Koblenz von 1892: Fünf Schwedlerträger überbrücken die Aare. Unterwasserseitig ist auf Konsolen aussen an den Hauptträgern ein öffentlicher Fußgängersteg angebracht.

Fast vergessen – und doch so wertvoll

Bauherrschaft

Rigi Scheidegg AG

Ingenieure alte Brücke

Niklaus Riggenbach

Projekt Instandsetzung

Baumann Hedinger Zurfluh Bauingenieure

Baujahr

1874; Instandsetzungsarbeiten
voraussichtlich 2015

Das alte Trasse der stillgelegten Rigi-Scheidegg-Bahn von 1874 besteht noch, und die historischen Kunstbauten, die dafür notwendig waren, können bewandert werden. So auch die historische Brücke Unterstetten. Sie ist ein Ingenieurbauwerk von hohem kulturellen Wert und soll 2015 restauriert werden.

Die Brücke Unterstetten wurde 1874 gebaut, als man die Rigi-Scheidegg-Bahn erstellte – eine meterspurige Adhäsionsbahn, die am 1. Juni 1875 in Betrieb ging und bei Fertigstellung die höchstgelegene Adhäsionsbahn Europas war. Die Bahn und damit die Brücke blieben während mehr als 50 Jahren in Betrieb. Insgesamt sind die Rigi-Bahnen als erste Bergbahnen Europas im Inventar der historischen Verkehrswege aufgeführt. Am 20. September 1931 stellte die Rigi-Scheidegg-Bahn ihren Betrieb aber ein, weil sie unren-

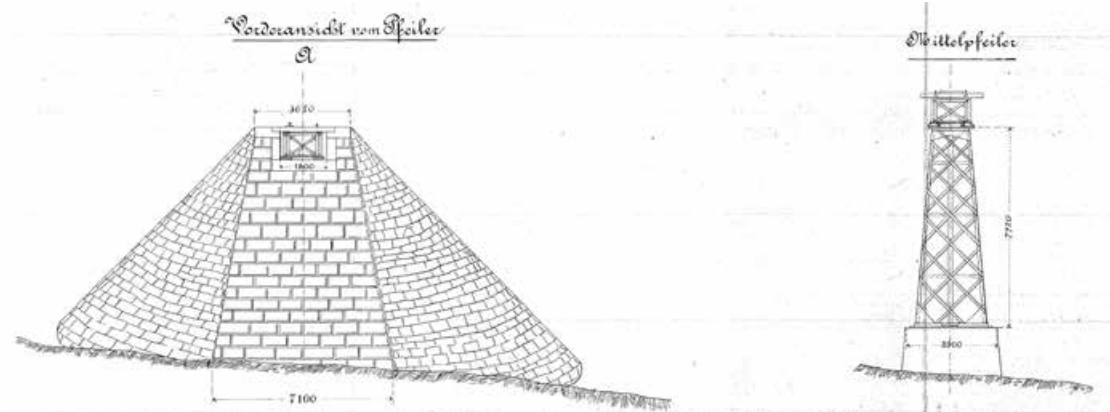
tabel war, und 1942 wurden die Schienen abgebrochen. Die Eigentümerin liess danach eine Betonplatte auf die Stahlkonstruktion setzen und machte die Brücke so für die Wanderer und für den einspurigen Landwirtschaftsverkehr nutzbar. Das gesamte Trasse der Rigi-Scheidegg-Bahn ist heute im Sommer ein Wanderweg und im Winter zusätzlich eine Langlaufloipe.

Zeitzeuge einer eingestellten Bahn

Dieses Ingenieurbauwerk hat Niklaus Riggenbach gebaut. Die «Maschinenfabrik Aarau» war die beteiligte Eisenbaufirma. Die Brücke Unterstetten ist eine wichtige Referenz im Werk des Rigi-Bahnerbauers und darüber hinaus – auch als relativ kleines Objekt – ein markanter Repräsentant aus der Bergbahnbauzeit des 19. Jahrhunderts. Sie überquert eine rund 100 m



1 Der 5,5 km lange Panoramaweg auf dem ehemaligen Bahntrasse der Rigi-Scheidegg-Bahn ist ein Höhenweg auf 1400 bis 1600 m. Teil dieses Wegs ist die Brücke Unterstetten.



2 Vollwandig, genietet und polygonal ist der Träger und filigran, konisch und aufgelöst sind die Pfeiler konstruiert. (Planausschnitt: Archiv Rigi Bahnen)

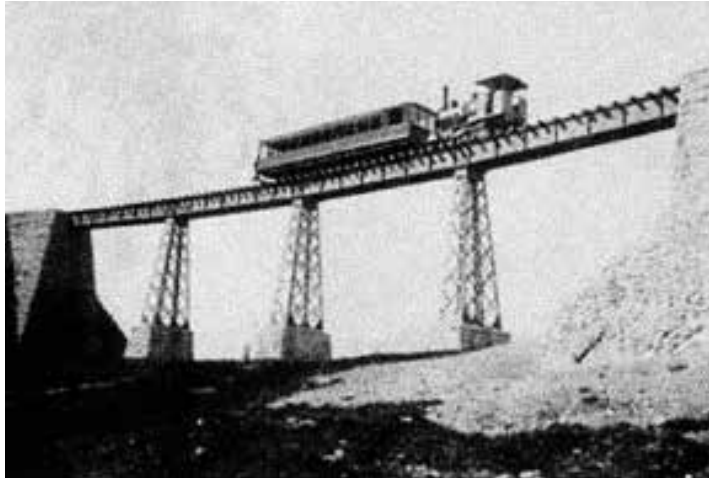
weite Öffnung eines Bergkamms, wobei die Zufahrt zur Brücke auf beiden Seiten über einen Damm erfolgt, der an die beiden Widerlagerpfeiler angeschüttet ist. Diese Dämme reduzieren die eigentliche Brückenspannlänge auf 50 m. Die besondere Stellung in der Landschaft bietet eine eindrucksvolle Tiefsicht auf den Vierwaldstättersee, das Luzerner Seebecken mit Pilatus, die Zentralschweizer Berge und die Rigi-Landschaft.

Detaillierte Konstruktion

Die Brückenkonstruktion besteht aus einem über vier Felder mit 12,5 m Spannweite durchlaufenden Träger in genietetem Eisenbauweise. Dieser ist auf drei Innenpfeiler – ebenfalls in Eisenbauweise – und zwei Randpfeiler als Widerlager aus Natursteinmauerwerk aufgelagert. Der Trägerbalken weist eine Neigung in Längsrichtung von Süden nach Norden von 50 Promille auf. Wie die Brücke gelagert ist, klären die mit dem Projekt für die Instandsetzung beauftragten Bauingenieure noch ab. Vermutlich hat die Stahlkonstruktion immer «schwimmend» funktioniert; allfällige Horizontalkräfte trug das Tragwerk über die einzelnen Stützen ab.

Der Brückenträger besteht aus zwei genieteten Vollwandträgern mit einer konstanten Höhe von 1,04 m. Sie sind mit einem untenliegenden horizontalen Windverband und mit Querträgern aus Diagonalkreuzen verbunden. Dieser im Grundriss polygonal verlaufende Balken – der Radius beträgt 105 bis 120 m – wirkt somit statisch wie ein steifer Kastenträger, der die Biege- und Torsionsbeanspruchungen aufnehmen kann. Alle drei Pfeiler bestehen hingegen aus einer etwa 8 m hohen Fachwerkkonstruktion. Sie stehen auf Sockeln aus Natursteinmauerwerk, die je nach Längsgefälle in ihrer Höhe variieren. Die Eisenkonstruktion ist, wie ähnliche Konstruktionen aus jener Zeit, aus Schweisseisen hergestellt. Schweisseisen ist ein Vorläufermaterial des ab 1890 verwendeten Flusstahls und besass bereits ähnliche Festigkeitseigenschaften wie Flusstahl.¹





3 Historische Aufnahme der Brücke Unterstetten von 1875 als die Rigi-Scheidegg-Bahn noch in Betrieb war. Das Trassee der Adhäsionsbahn hat mit 50 Promille ein nur kleines Längsgefälle.



4 Brückenuntersicht mit Holzschalung von 1942: Die filigrane Brücke erhält eine Fahrbahnplatte aus Beton, damit sie nach Stilllegung der Bahn von Fahrzeugen und Wandernern genutzt werden kann.

Wertvolles Objekt der Ingenieurbaukunst

Die Brücke Unterstetten ist die herausragendste Kunstbaute der Rigibahnen die den Bau der Bergbahnen in Europa überhaupt erst eröffneten. Neben seinem historischen Wert als Ingenieurbauwerk von Niklaus Riggenbach als einem der wichtigsten Schweizer Ingenieure, steht die Konstruktion für höchste Effizienz in allen Belangen: (vermutlich) extrem kurze Bauzeit, minimaler Materialeinsatz, minimierte Baukosten, einfaches und klares Erscheinungsbild. Das Tragwerk der Brücke überzeugt zudem durch die klare Form, die den Kraftfluss leicht verständlich macht. Die Eisenkonstruktion, die durch die Nietbauweise charakterisiert wird, wirkt trotz der kräftigen Erscheinung des Vollwandträgers filigran und kühn – vor allem als sie noch als Bahnbrücke genutzt wurde –, während die massiven Mauerwerkssockel der Innenpfeiler und die Widerlagerpfeiler wesentlich zum Eindruck von Stabilität beitragen. Die Ausbildung eines Vollwandträgers war damals entsprechend der relativ geringen Spannweiten logisch. Eine Fachwerkkonstruktion wäre erst bei grösseren Spannweiten wirtschaftlich gewesen.

Die leichte polygonale Krümmung des Trägerbalkens verstärkt den Eindruck von Kühnheit und macht die Konstruktion besser sichtbar. Ihre Schlankheit visualisiert technische Effizienz. Mit dem Aufbau der Betonplatte mit einem etwas massiven Randbord hat die Brücke allerdings etwas an Kühnheit verloren.

Die Symmetrie und die Wiederholung von gleichen Bauteilen tragen wesentlich zur Einheitlichkeit und Ordnung bei. Bei diesem funktionalen Bauwerk in natürlicher Umgebung wurde richtigerweise auf dekorative Elemente verzichtet. Die graue Farbe des Korrosionsschutzanstrichs ist als «Farbe des Eisens» richtig.

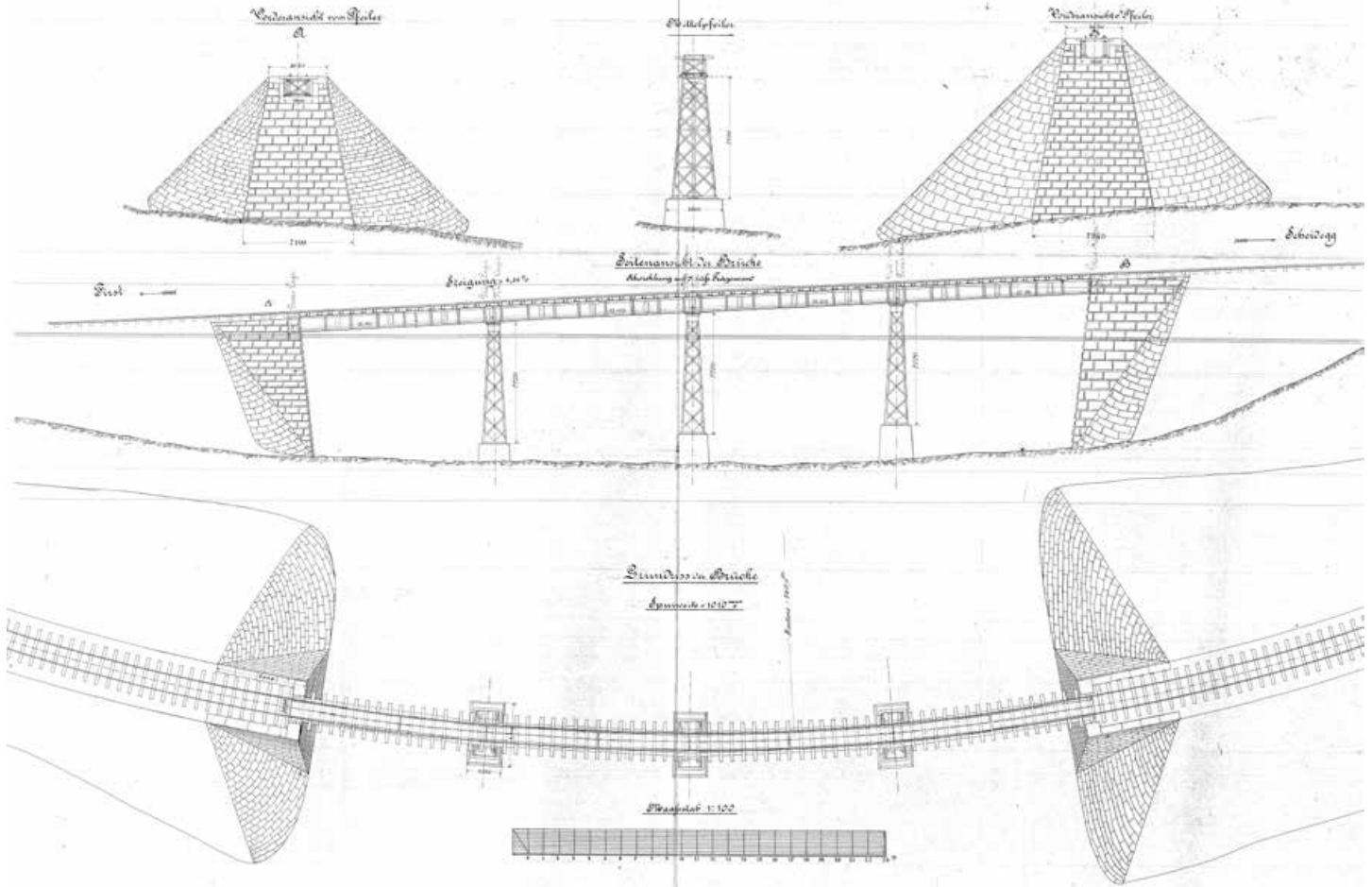
Die schlichte Balkenbrücke mit ihren strengen Linien steht im Kontrast zur eindrucksvollen Naturlandschaft. Die Widerlager aus Natursteinmauerwerk und der Erddamm schaffen einen harmonischen Übergang von der «naturfremden» technischen Eisenkonstruktion zur natürlichen Umgebung.

Schadensbild

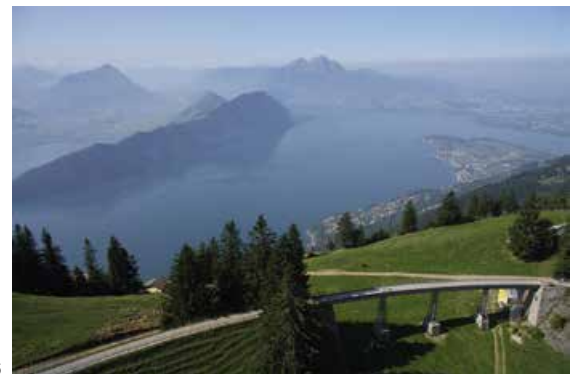
Die Eisenkonstruktion zeigt keine Schäden wie beispielsweise Verformungen oder eine wesentliche Querschnittsreduktion infolge Korrosion. Die Deckschicht des Korrosionsschutzes, die vermutlich letztmals vor mehr als 40 Jahren aufgetragen wurde, ist über die Jahre weitgehend abgetragen worden, was eine normale Erscheinung ist. Damit darf eine Schutzwirkung von nur noch 5 bis maximal 10 Jahren erwartet werden; danach kann es zu einem Materialabtrag infolge Korrosion kommen. Dennoch darf heute der Zustand der Eisenkonstruktion insgesamt als gut bewertet werden.

Die Fahrbahnplatte zeigt vereinzelt Abplatzungen der aufgetragenen Mörtelschicht als Überzug des Konstruktionsbetons. Dieses Schadensbild betrifft vor allem

Eisenbahnbrücke bei Unterstetten.



Historischer Plan der Eisenbahnbrücke bei Unterstetten mit Ansichten der Widerlagerpfeiler und eines Mittelpfeilers sowie Seitenansicht der gesamten Brücke inklusive der gemauerten Widerlager und Grundriss (Archiv Rigi Bahnen)



6



7 Sowohl der Vollwandträger als auch die aufgelösten Fachwerkpfiler sind genietet. Die 1942 aufgesetzte Betonplatte schützt die Eisenkonstruktion vor Witterungseinflüssen.

die Randabschlüsse und die Fugen und ist nach rund 60 Jahren Lebensdauer und für die damalige Betonqualität wenig fortgeschritten. Der Zustand der Fahrbahnplatte kann somit allgemein ebenfalls als gut bewertet werden.

Die Geländer weisen keine wesentlichen Schäden auf, die den Personenschutz vermindert hätten. Der Korrosionsschutz ist jedoch vereinzelt und vor allem im Bereich der Pfosteneinspannung im Randbord der Betonplatte abgetragen, und es könnten sich, falls man mit Instandsetzungsarbeiten zuwarten würde, Korrosionsschäden bilden. Dieses Ausrüstungsteil ist in einem noch befriedigenden Zustand.

Die Widerlagerpfiler in Mauerwerksbauweise zeigen ein sehr unterschiedliches Bild. Während das Mauerwerk des Widerlagerpfeilers Süd keine nennenswerten Schäden aufweist, ist beim Widerlager Nord das Mauerwerk unterhalb der Auflagerbank stark ausgebaucht und es zeigt sich ein klaffender vertikaler Riss, der eine Verschiebung der Widerlagerwand anzeigt.

Schadensmechanismus am Widerlager

Dieses Schadensbild lässt sich wie folgt erklären: Entscheidend für den Zustand von Bauwerken ist jeweils deren Entwässerung. Bei dieser Brücke ist zu vermuten, dass das Regenwasser, das von der Fahrbahnplatte aufgefangen wird, in Längsrichtung abfließt. Die Fahrbahnplatte funktioniert dadurch als Schutzdach für die darunterliegende Eisenkonstruktion. Bei normalem Regenfall bleibt diese trocken und einzig die unteren Pfeilerbereiche werden benetzt. Die Eisenbauteile sind somit gut vor Wasseraufschlag geschützt und können dank der natürlichen Durchlüftung recht schnell wieder trocknen. Dies erklärt weitgehend deren guter Zustand.

Hingegen fließt das Regenwasser auf der Fahrbahnplatte Richtung Tiefpunkt im Widerlager Nord, wo es ins Erdreich hinter dem Mauerwerkspfeiler versickert.

Dies ist ungünstig, denn bei sehr starker Bewässerung dieses Erdreichs sind Bewegungen (Setzungen) infolge Frost-Tau-Zyklen denkbar. Die dahinterliegende Erde konsolidiert und setzt sich, womit eine bleibende Verformung des Mauerwerks resultiert. Dieser Mechanismus stösst schliesslich die Steine aus dem Mauerwerk, was sich in der Auslenkung und Ausbauchung der Widerlagermauer zeigt.

Provisorisch gesichert

Eine provisorische Abfangung (Unterstützung) stützt momentan das letzte Feld. Das Brückenende schwebt somit über der abgesackten Widerlagerbank. Eine provisorische Holzüberbrückung ermöglicht aber den Zugang auf die Brücke, sodass Wanderer zur oder von der Rigi Scheidegg nach wie vor über die Brücke Unterstetten gehen können.

Im Jahr 2015 feiert der Zentralschweizer Tourismus sein 200-jähriges Bestehen. Dann soll die Brücke restauriert werden, als Schlussarbeit der Instandsetzungsarbeiten des gesamten ursprünglichen Trassees der Rigi Scheidegg Bahn mit seinen zahlreichen kleinen Kunstbauten wie Stützmauern, Tunnel und Brücken. Dass sich diese Arbeit lohnt, zeigt die ästhetische Brücke täglich in ihrem eindrücklichen Kontext. Sie ist von nationaler sowie regionaler Bedeutung und verdient es, der Öffentlichkeit besser bekannt gemacht zu werden. (eb, cvr)

Anmerkungen und Literatur

- 1 vgl. Werkstoff Stahl, S. 26
Bericht von Eugen Brühwiler, Brücke Unterstetten, Rigi (SZ), Juli 2008

Bildnachweis

- 1 Rigi Scheidegg AG; Gregory Kutti
- 2 Clementine van Rooden
- 3 Foto: Internet http://www.bahnen-und-mehr.de/ch_rigi.htm
- 4 G. Baggenstos
- 6 Rigi Scheidegg AG; Gregory Kutti
- 7-9 Clementine van Rooden

Ort Unterstetten (SZ, an der Kantonsgrenze zu LU)

Bauherrschaft Rigi Scheidegg AG

Ingenieure Niklaus Riggenschach; Baumann Hedinger Zurfluh Bauingenieure (Projekt Instandsetzung)

Stahlbau Maschinenfabrik Aarau

Konstruktionstypologie Durchlaufträger

Spannweite 4 x 13,2 m

Stahlsorten Schweisseisen

Baujahr 1874; Instandsetzungsjahr voraussichtlich 2015



8 Der Vollwandträger ist Innen mit Querträgern aus Diagonalkreuzen ausgesteift.

9 Das Widerlager Richtung First ist abgesackt. Das letzte Brückenfeld wird deshalb von einer provisorischen Unterstützung gehalten.

Geschichte, Identifikation und Rekonstruktion

Max Bosshard und Marlène Plätzer

Über die Jahrzehnte haben sich viele Begriffe rund um Eisen, Guss und Stahl verändert und können gerade im Zusammenhang mit historischen Stahlbrücken für Verwirrung sorgen. Die Kenntnis über die Entwicklung der Eisen- und Stahlherstellung verschafft die nötige Übersicht und ermöglicht den denkmalpflegerisch korrekten Umgang mit historischen Stahlbrücken.

Grundlage für die Instandsetzung sind die Eigenschaften des verwendeten Stahls, die für jeden Einzelfall experimentell zu bestimmen sind. Die Zusammensetzung und die technologischen Eigenschaften der heute im Brückenbau verwendeten Stähle sind, wie ein Blick in den Stahlschlüssel zeigt, durchgängig definiert und genormt. Die Einhaltung der Normwerte wird streng überwacht und schafft Sicherheit für projektierende Ingenieure. Reparatur, Umbau oder Ersatz heutiger Stahlkomponenten stellen deshalb im Normalfall keine ausserordentlichen materialtechnologischen Anforderungen.

Ganz anders sieht es für den Umgang mit über etwa 50jährigen Stahlkonstruktionen aus: Unklare, teilweise widersprüchliche, historisch begründete Materialbezeichnungen und Bedeutungen erschweren die Beurteilung der heute existierenden Bauwerke und vor allem ihre fachgerechte und denkmalpflegerisch angemessene Erhaltung und Instandsetzung. Dazu braucht es einerseits möglichst detaillierte Informationen über den konkret vorliegenden Baustoff und

andererseits Kenntnisse über dessen Entwicklungsgeschichte und –stand, um das Bauwerk in den Kontext der Technikgeschichte einordnen zu können. Eine ganzheitliche Betrachtung des Brückenbaus, insbesondere aus denkmalpflegerischer Sicht, muss also auch bei der Geschichte der Eisenwerkstoffe beziehungsweise des Stahls ansetzen, damit neben den konstruktiven auch angemessene werkstoffspezifische Interventionen vorgenommen werden können.

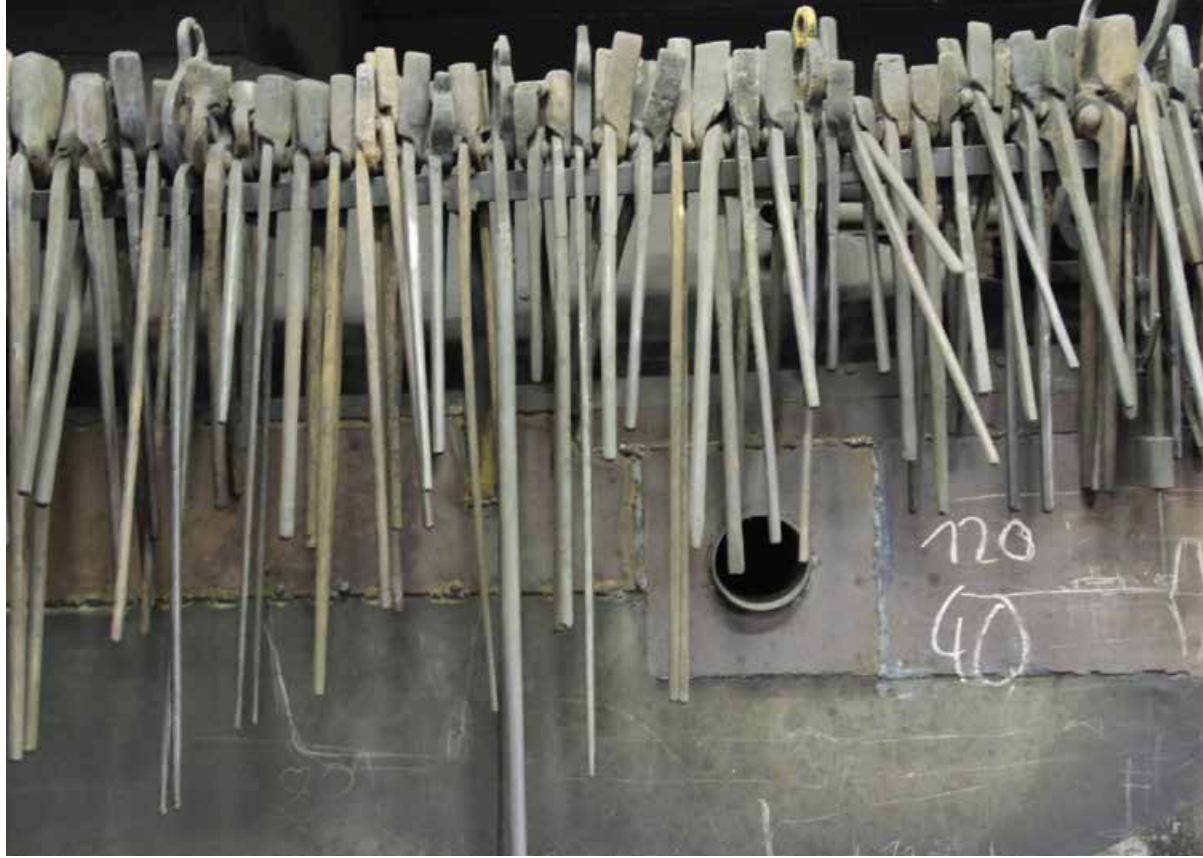
Planangaben sind nur Indizien

Die Angaben zum Material in historischen Beschreibungen und Plänen sind meist wenig hilfreich oder irreführend, denn die Bedeutung der häufig noch in vorindustrieller Zeit wurzelnden Bezeichnungen für die verschiedenen Eisenwerkstoffen hat sich im Lauf der Zeit gewandelt, viele davon sind heute auch nicht mehr gebräuchlich.

Vereinfacht betrachtet haben sich die Begriffe Eisen und Stahl seit Beginn des industriellen Zeitalters, abhängig von den technischen, das heisst metallurgischen Fortschritten, gewandelt: Begriffe wie «Flusseisen», «Gusseisen» und «Schmiedeeisen» sind aus heutiger Sicht keine eindeutigen Materialbezeichnungen und lassen im besten Fall eine Abschätzung des Kohlenstoffgehalts und des Verunreinigungsgrads des Werkstoffs auf Grund des Herstellungsverfahrens zu. Ebenso bestimmen das Herstellungs- und Giess-



1 Genietetes Stahl mit seinem typischen Erscheinungsbild.



2 Werkzeuge in der Kunstschlosserei von Moritz Häberling, der das Bogenbruggli in Unterägeri restauriert hat.⁵

verfahren sowie die weitere Behandlung und Bearbeitung des Werkstoffs (zum Beispiel das Walzen oder die verschiedenen Glühverfahren) die Eigenschaften der schliesslich in eine Brücke eingebauten Teile massgeblich mit.

Im Detail muss weitgehend offen bleiben, was ein Konstrukteur etwa am Ende des 19. Jahrhunderts unter diesen Materialbezeichnungen verstanden haben könnte. Historische Materialbezeichnungen geben keinen Aufschluss über allfällige Legierungsbestandteile (neben Kohlenstoff) und die Wärmebehandlung des Werkstoffs, sondern umschreiben lediglich dessen prinzipielles Herstellungsverfahren.

Eisen, Guss, Stahl und noch mehr Ungleiches

Im heutigen technisch-wissenschaftlichen Sprachgebrauch bezeichnet «Eisen» das reine, kristalline, kohlenstofffreie Eisen (Fe, Ferrit). Dieses Material hat keine grosse technische Bedeutung und wird nicht als Baustoff verwendet. Als «Stahl» werden schiedbare Legierungen von Eisen und maximal 2.06% Kohlenstoff (und meist noch anderen Elementen) bezeichnet. Dazu gehören die üblichen heute im Brückenbau verwendeten Stähle. Eisen-Kohlenstoff-Legierungen mit Kohlenstoffgehalten von 2.06% bis 6.7% werden als «Guss» (ohne «-eisen») oder Stahlguss bezeichnet. Sie werden im Brückenbau teilweise noch für Lager verwendet.

Verwirrung stiftet bis heute vor allem die unklare Abgrenzung zwischen «Eisen» und «Stahl» im Sprachgebrauch vor dem 1. Weltkrieg.¹ Im 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden Stähle mit weniger als 0.22% Kohlenstoff (nicht härtbare Stähle) und nicht

gehärtete Stahlgusswerkstoffe einfach als «Eisen» bezeichnet. Im Gegenzug wurden alle Stähle mit mehr als 0.22% Kohlenstoff und generell Stähle mit überdurchschnittlichen Festigkeitswerten als «Stahl» bezeichnet (entsprechend dem volkstümlichen Empfinden: Eisen = weich; Stahl = hart).

Gusseisen – unsicherer Bote des Industriezeitalters

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts kristallisierten sich die Eisenwerkstoffe Gusseisen und Schmiedeeisen als Leitmaterialien der industriellen Revolution in England heraus – mit einigen Jahrzehnten Verspätung auch im restlichen Europa und in den USA. Insbesondere das Gusseisen – eine hauptsächlich aus Eisen und Kohlenstoff bestehende Legierung mit einem Kohlenstoffanteil zwischen rund 2% und rund 6.7% – hat sowohl die Technik als auch die Architektur der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts weitgehend vorangetrieben und geprägt. Die Formgebung von Gusseisenteilen erfolgt, wie der Name impliziert, durch Giessen des flüssigen Metalls mit dem relativ tiefen Schmelzpunkt von rund 1150 °C in hitzebeständige Formen. Die guten Gieseigenschaften ermöglichten das Giessen fast beliebiger Formen, allerdings waren die Dimensionen der Teile begrenzt. Grössere Bauteile mussten aus vielen Einzelteilen zusammengesetzt werden, zudem lassen sich einmal gegossene Gusseisenteile weder verformen noch miteinander verschweissen. Sie wiesen zwar eine hohe Druckfestigkeit, aber praktisch keine nennenswerte Zug- und Biegezugfestigkeit auf.

Zunächst entwickelte sich eine eigentliche Gusseisen-Architektur, insbesondere für Fassaden. In den Zentren der englischen Eisenindustrie wurden schon früh

Versuche unternommen, die klassischen Brückenbaumaterialien Mauerwerk und Holz durch das industriell hergestellte, günstig verfügbare Gusseisen zu ersetzen. Das gelang erstmals 1779 mit dem Bau einer gusseisernen Strassenbrücke von 30 m Spannweite über den Fluss Severn, die «Iron Bridge» bei Coalbrookdale. Dass die konstruktiven Möglichkeiten des neuen Baustoffs Gusseisen noch nicht erkannt worden sind, zeigen sowohl die aus dem Mauerwerkbau übernommene Bauart des halbkreisförmigen Gewölbes als auch die dem Holzbau entlehnten Zimmermannsverbindungen zwischen den einzelnen, relativ kleinen Gussbauteilen. Die Brücke besteht noch heute weitgehend im Originalzustand, seit 1954 dient sie nur noch dem Langsamverkehr.

Grenzen des Gusseisens

Die Pioniere des Eisenbahnbaus misstrauten zunächst dem neuartigen Baustoff Gusseisen. Erst auf der 1850 eröffneten «Liverpool and Manchester Railway» findet sich auf einer Streckenlänge von rund 56 km neben

63 Brücken und Viadukten aus Backsteinmauerwerk eine einzige Brücke mit gusseisernen Trägern über die Water Street in Manchester. Diese Brücke bewährte sich und wurde erst 1900 abgebrochen.

In der Folge entstanden zahlreiche schon recht kühne gusseiserne Brücken mit Spannweiten, die mit Mauerwerksbögen nicht mehr einfach erreichbar gewesen wären. Bei fast allen dieser frühen Gusseisenbrücken wurden die Gusseisenteile nicht nur auf Druck, sondern auch auf Biegung oder gar auf Zug beansprucht (Balken statt Bögen). Die unvermeidliche Folge waren zunächst unerklärliche Versagensfälle, die häufig schwere Unglücke zur Folge hatten. Deshalb sind gusseiserne Tragkonstruktionen für (Eisenbahn-)Brücken aufgegeben worden.

Für Säulen, Stützen und Pfeiler blieb Gusseisen aber noch lange in Gebrauch; der Baustoff Gusseisen war aber unwiderruflich mit dem Makel der Unsicherheit behaftet. Deshalb wurden um 1900 beinahe alle

Tabelle 1

Übersicht Stahl/Eisen bis 1955

Bezeichnung	Zeitraum	$f_{yk}^{1)}$ [N/mm ²]	$\sigma_r^{2)}$ [N/mm ²]	$\sigma_{zul}^{3)4)}$ [N/mm ²]	Kommentar	Dokument gemäss Tab. 3 auf S. 54 [Jahr]
Gusseisen mit Lamellengraphit	vor 1900	+70/-200				
Gusseisen	um 1900			–	Gusseisen nur für Unterstützungen wie Säulen, Lagerplatten, Brückenausrüstung etc. zulässig	1892, 1895, 1913
				25 – 70		1892, 1895, 1913
Stahlguss				100		1913
Schweisseisen	1850–1900	220		50–90		1892, 1895
				50–90	Schweisseisen nur für Niete und Bolzen zugelassen	1913
				60–115	Für Schweisseisen vor 1894: Ermässigung bei Wechselbeanspruchung	1935
Flusseisen	1890–1900	220		55–105		1892, 1895
				50–95	Für genietete Flusseisensträger	1892, 1895
	1900–1940	235		60–115	Für Flusseisen vor 1894: Ermässigung bei Wechselbeanspruchung	1935
				70–130	Je nach Bauwerk: Eisenbahnbrücken, Strassenbrücken, Landungsanlagen, Hochbau	1913
Flussstahl	1925–1955	235				
				240	Je nach Lastfall und Konstruktion	1946
Gusseisen	ab ca. 1935			35–56	Für Zug, Biegung	1935
				60–168	Für Druck	1935
Flussstahl, Stahlguss	ab ca. 1942			84–224		1935
				84–224	Für geschweisste Vollwandträger unter gewissen Bedingungen +10%, für geschweisste fachwerkförmige Strassenbrücken Reduktion auf 70–100%	1942
Flussstahl	ab ca. 1942			84–180		1946, 1956
Stahlguss	ab ca. 1946		200–325			1946

Quelle: Zusammengestellt aus Buch «Tragwerksnormen 1892–1956», sia 1994

Stähle ab 1956 siehe Tabelle 3 auf Seite 54

¹⁾ gemäss Norm SIA 269/3 Tabelle 2, die angegebenen charakteristischen Werte sind grobe Richtwerte!

²⁾ Mindestwerte der Streckgrenze gemäss Definition der jeweiligen Norm.

³⁾ gemäss Verordnungen, Normen in rechter Spalte von 1 xzy = Jahr, Zulässige Spannungen sind rein informativ, diese können nur zusammen mit den jeweiligen Normen und zusätzlichen Materialuntersuchungen beurteilt werden, Referenz Tabelle 3 auf Seite 54.

⁴⁾ Spannungen abhängig von Belastungsfall, Bauwerksklasse, Grenzwerte der Beanspruchung, Schwellbelastung

noch existierenden Gusseisenpfeiler prophylaktisch durch Stahlpfeiler ersetzt, einbetoniert oder durch einen Neubau ersetzt. Vollständige Gusseisen-(Eisenbahn)Brücken, oder auch nur gusseiserne Pfeiler, sind heute deshalb eigentliche Raritäten.

Der späte Beginn des Eisenbahnbaus in der Schweiz war insofern ein Vorteil, dass in der Anfangszeit keine grösseren Brücken mit gusseisernen Trägern erstellt wurden. Mit dem Aufkommen der eisernen Gitter- und Fachwerkträger wurde Gusseisen in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts jedoch in grossem Umfang für Verbindungselemente und Sekundärbauteile, vor allem aber für Pfeiler und Stützen eingesetzt. Aufgeschreckt durch die Unglücksmeldungen aus England setzte gegen die Jahrhundertwende auch in der Schweiz eine radikale Abkehr vom Gusseisen ein. Heute findet sich Gusseisen an Schweizer Eisenbahnbrücken noch an einigen Sekundärbauteilen, vor allem Geländern und Konsolen, und unsichtbar in später einbetonierten Pfeilern, wie etwa beim Grandfey-Viadukt bei Freiburg von 1862, der 1925/26 in ein Betonbogen-Viadukt umgebaut wurde.

Schmiedeeisen – noch nicht der ideale Baustoff

Neben dem verhältnismässig leicht herzustellenden Gusseisen stand zu Beginn der industriellen Revolution um 1750 für höhere mechanische Anforderungen – insbesondere bezüglich der Zugfestigkeit – nur das in kleinen Öfen gewonnene und handwerklich geschmiedete Schmiedeeisen zur Verfügung. Dieser Baustoff war uneinheitlich und in keiner Weise mit dem heutigen Stahl vergleichbar; jedes Bauteil war praktisch ein Unikat.

Da kein anderer Baustoff mit hoher Zugfestigkeit verfügbar war, wurden für die ersten Eisenbahnbrücken neben Gusseisen teilweise Träger und Zugstangen aus Schmiedeeisen verwendet. Da die Dimensionen der geschmiedeten Teile naturgemäss beschränkt waren, mussten sie, meist auf der Baustelle, zusammenschmiedet (traditionell «verschweisst») oder mittels Nieten oder Bolzen und Ösen miteinander verbunden werden. Deshalb ereigneten sich in der Pionierzeit des Eisenbahnbrückenbaus zahlreiche Einstürze, die eiserne Brücken gegenüber Mauerwerkbrücken generell in Misskredit brachten.

In der Schweiz wurden dank dem späten Einstieg in den Eisenbahnbau nur wenige, kleinere Brücken mit tragenden Elementen aus Schmiedeeisen erstellt; diese sind inzwischen durch neuere Konstruktionen aus «modernem» Stahl oder auch Beton ersetzt worden.

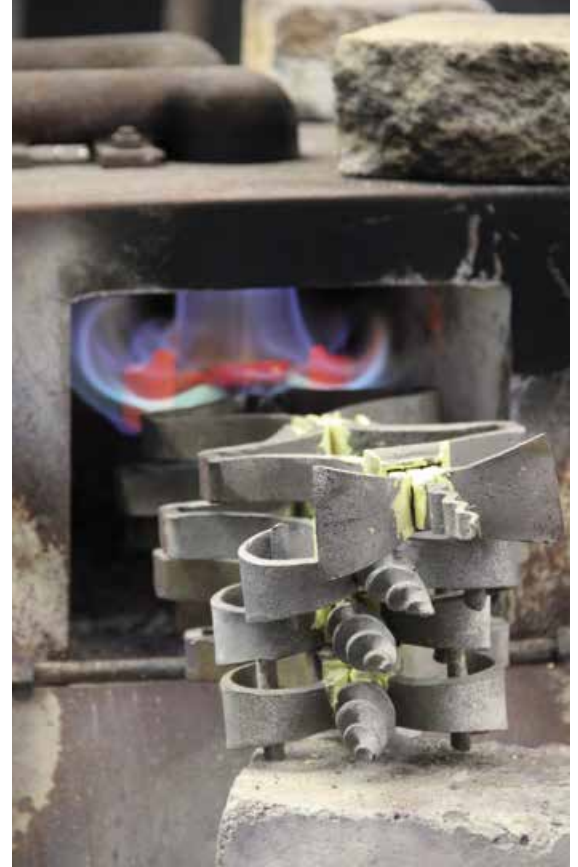
Stahl – der «richtige» Brückenbaustoff

Das Schmiedeeisen war noch ein weitgehend handwerkliches, nur in begrenzten Mengen herstellbares

und starken Qualitätsschwankungen unterworfenes Produkt – was nicht ausschloss, dass in einzelnen Fällen auch hochwertiges Material produziert wurde.

Der Begriff «Stahl» für schmiedbare Eisen-Kohlenstoff-Legierungen hoher Festigkeit mit Kohlenstoffgehalten bis rund 2% etablierte sich aber erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts, als die aufkommenden grosstechnischen Herstellungsverfahren konstante Zusammensetzung und Eigenschaften des Materials garantierten. Das Hauptproblem bei der Stahlherstellung war die Einstellung des Kohlenstoffgehalts, der für die mechanischen Eigenschaften entscheidend ist; in der Regel muss dazu der Kohlenstoffgehalt des im Hochofen erschmolzenen Roheisens reduziert werden; der Prozess wird als «Frischen» bezeichnet.

Die Entwicklung des modernen Baustahls begann gegen Ende des 18. Jahrhunderts, als der Engländer Henry Cort das Puddelverfahren entwickelte; damit konnten mit enormem manuellem Arbeitsaufwand aus der halb erstarrten Roheisenschmelze einige 100 kg eines stahlartigen, schmied- und schweisbaren Werkstoffs, das «Puddeleisen» beziehungsweise der Puddelstahl, hergestellt werden. Endlich verfügten die Brückenbauer über einen für Brückenträger geeigneten, gleichermassen zug- und druckbeständigen, zuverlässigen Werkstoff. Puddeleisen ist das älteste in Schweizer Brücken verbaute stahlartige Material. Daraus liessen sich insbesondere zugbeanspruchte Streben für Gitterträger herstellen. Die Materialbezeichnung Puddel-Eisen (auch Puddel-Stahl) wurde bis etwa 1860 verwendet.



3 Öfen in der Kunstschlosserei von Moritz Häberling, der das Bogenbruggli in Unterägeri restauriert hat.⁶ Zum Glühen gebracht werden hier die Geländerpfosten des Zauns der Villa Patumbah.

Auf das Puddel-Verfahren folgten diverse, zu immer besseren Materialqualitäten führende Herstellungsverfahren. Die daraus entstandenen Produkte näherten sich immer mehr den heutigen, seit Beginn des 20. Jahrhunderts gültigen Stahlsorten. Die Voraussetzung dafür war die Ablösung des noch halb handwerklichen Puddelverfahrens durch das industrielle, 1864 erstmals angewendete Siemens-Martin-Verfahren für die Reduktion des Kohlenstoffgehalts (Frischen). Der damit erzeugte Siemens-Martin-Stahl, meist als Flussstahl oder Flusseisen bezeichnet, war der erste moderne schweißbare Massenstahl mit konstanter Qualität. Gegen Ende der 1860er Jahre standen auch weiterentwickelte Umformverfahren (Walzwerke) zur Verfügung, die die Herstellung von langen Trägern und dicken Blechen ermöglichten. Damit konnten anstelle der aufwendigen Gitterträger nun die im Wesentlichen noch heute gebauten Grundtypen der Fachwerk- und der Vollwandträger realisiert werden. Für nach dem Siemens-Martin Verfahren erzeugte Produkte wurden noch oft parallel die Begriffe «Flusseisen» und «Flussstahl» verwendet. Diese Bezeichnungen taugten nicht zur Unterscheidung – nach heutigem Sprachgebrauch handelte es sich in jedem Fall um Stähle. Der Begriff «Fluss-» bezog sich darauf, dass diese Werkstoffe in flüssiger Form erzeugt wurden, im Gegensatz zum dickflüssigen, mit Klumpen durchsetzten Brei beim Puddelverfahren. Von da an wurden alle Stähle in dünnflüssiger Form erzeugt, und der Zusatz «Fluss-» wurde hinfällig. Parallel dazu verschwanden Materialbezeichnungen mit «-eisen» aus dem technischen Vokabular, es gibt nur noch Stähle.

Der Weg zum modernen Stahl

Eine noch bessere Stahlqualität als das Siemens-Martin-Verfahren lieferte das bereits 1856 erprobte Verfahren von Henry Bessemer, der das flüssige Roheisen statt

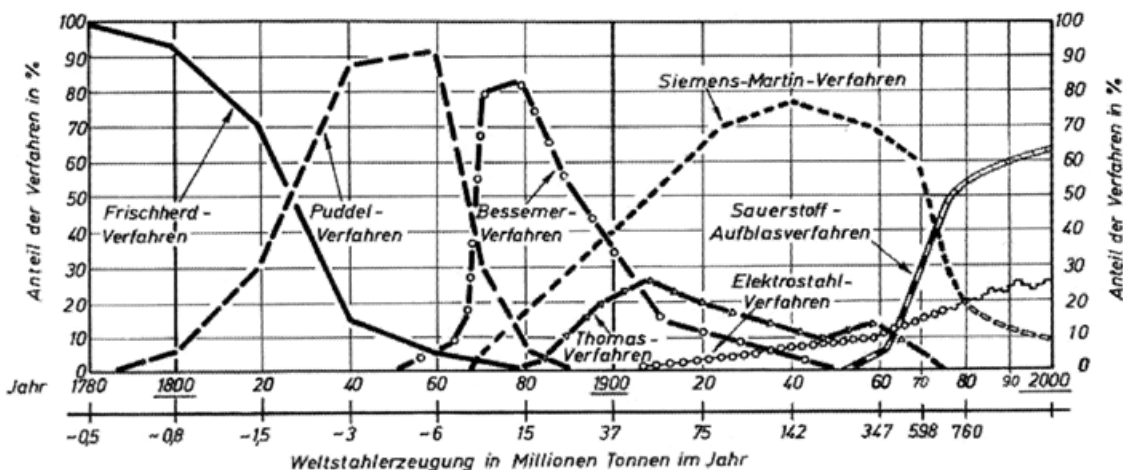
in eine flache Wanne in ein zylindrisches, kippbares Gefäß (als Bessemerbirne oder Konverter bezeichnet) füllte und unter Druck Luft hindurchblies. Der gelöste Kohlenstoff reagierte heftig mit dem Luftsauerstoff und verbrannte zu Kohlendioxid; zurück blieb flüssiger Stahl mit dem gewünschten Kohlenstoffgehalt.

Weiterentwicklungen des Bessemer-Verfahrens sind das seit 1880 eingeführte Thomas-Verfahren (benannt nach dem britischen Metallurgen Sydney Thomas) und das heute meistverwendete, 1959 in Österreich eingeführte Linz-Donawitz-Verfahren (LD-Verfahren), das mit reinem Sauerstoff arbeitet und hohe Temperaturen des Stahlbads erreicht. Rund zwei Drittel der Weltstahlproduktion werden heute damit erzeugt.

Seit dem Zweiten Weltkrieg hat im Übrigen das Recycling von Stahlschrott zunehmend an Bedeutung gewonnen. Mit den nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelten Elektro-Lichtbogenöfen lässt sich Stahlschrott rasch, effizient und ohne Verbrauch von fossilen Brennstoffen einschmelzen. Die für das Schmelzen des Stahls erforderliche Wärme wird durch elektrische Lichtbögen erzeugt, die Temperaturen von bis zu 3000 °C erreichen. Rund ein Drittel der Weltstahlproduktion ist heute im Elektro-Lichtbogenofen aus Stahlschrott erschmolzen worden, der Anteil dürfte in den nächsten Jahren noch weiter zunehmen.

Schweissen ist nicht gleich Schweissen

Missverständlich ist auch die Bedeutung des Zusatzes «Schweiss-» zu Eisen oder Stahl. Ursprünglich bedeutete «Schweissen» das Zusammenfügen verschiedener Metallstücke zu einer homogenen Einheit – eine klassische Tätigkeit der Schmiede bereits in vorindustrieller Zeit (Feuerschweissen). Puddelstahlbeziehungsweise -eisen wurde deshalb ebenfalls als



Übersicht der Anteile einzelner Herstellungsverfahren für Eisen und Stahl. (aus «Vom Eisen zum Stahlbau»⁴⁾)

Schweisstahl oder -eisen bezeichnet, weil die halb erstarrten Klumpen aus dem Puddelofen noch manuell zusammengeschiedet werden mussten. Dieses «Schweissen» hatte also nichts mit der heutigen Schweissttechnik zu tun, die Bezeichnung hat sich mit dieser Bedeutung aber bis 1920 gehalten – obwohl die betreffenden Materialien aus heutiger Sicht kaum schweisssbar gewesen wären.

Die moderne Schweissttechnik ist erst ab etwa 1920 entstanden. Erst seither bezieht sich der Zusatz «Schweis» bei Stahl auf die Eignung zum Schweißen, und nicht mehr auf die Art der Erzeugung. Die Schweisseignung wurde im Namen hervorgehoben, weil ursprünglich nur bestimmte Stahlsorten geschweisst werden konnten. Seit etwa 1950 lassen sich praktisch alle wichtigen Stahlsorten schweißen, was unter anderem dem Stahlbrückenbau entscheidende Impulse verliehen hat.² Der Zusatz zur Schweisseignung in der Materialbezeichnung ist deshalb obsolet geworden und wird nicht mehr verwendet. Bezeichnungen wie «Schweisseisen» oder «Schweisstahl» deuten im heutigen Sprachgebrauch meist auf historisches Material im Sinn von Puddelstahl hin.

Die Zusammensetzung ist nicht alles

Aus den vorangegangenen Betrachtungen zur Geschichte der Eisen-Kohlenstoff-Werkstoffe folgt, dass eine bestimmte chemische Zusammensetzung eines Bauteils in verschiedenen Epochen und mit unterschiedlichen Methoden entstanden sein konnte. Die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung allein ergibt in der Regel aber die ersten Informationen über einen unbekanntem Werkstoff. Dieser erste Schritt ist mit den heutigen Analysemethoden praktisch zerstörungsfrei und rasch möglich. Nur ist damit der Werkstoff noch keineswegs vollständig erfasst, denn

bei Stahl und Guss spielt das Gefüge (der innere, mikroskopische und submikroskopische Aufbau) eine entscheidende Rolle – dieses kann nach wie vor nur durch die mikroskopische Untersuchung von Materialproben zuverlässig bestimmt werden. Aber auch aus einer Gefügeanalyse können noch nicht zuverlässig die Gebrauchseigenschaften eines Werkstoffs abgeleitet werden.

Die zentrale Kenngrösse, sowohl für die Identifizierung und Klassierung von Eisen- beziehungsweise Stahlbauteilen, als auch für die Beurteilung der Tragsicherheit älterer Brücken und gegebenenfalls deren Rekonstruktion, ist die Zugfestigkeit beziehungsweise das Verhalten des Materials im Zugversuch. Um diese Frage seriös zu klären, ist die Durchführung zumindest eines Zugversuchs am Originalmaterial erforderlich.⁵ Die Herstellung der entsprechenden normkonformen Proben bedingt einen gewissen Aufwand und es muss zwangsläufig Originalmaterial aus dem Bauwerk entnommen werden, das durch die Präparation und Messung zerstört wird und nicht einfach nach dem Versuch wieder eingesetzt werden kann. Wenn das nicht möglich ist, können die mechanischen Kennwerte ohne Materialentnahme indirekt mittels punktuellen Messungen an der Oberfläche abgeschätzt werden; die Oberfläche muss dazu aber lokal präpariert (zumindest geschliffen und poliert) werden, was ebenfalls einen unvermeidlichen Eingriff ins Bauwerk bedingt.

Bildnachweis

- 1–3 Clementine van Rooden
- 4 Schweissarbeiten in den 30er Jahren (Archiv SZS)

Anmerkungen/Literatur

- 1 Im Bauwesen hat sich diese Unschärfe bis lange nach dem 2. Weltkrieg gehalten: So war der Begriff «Eisenbeton» bis in die 1970er-Jahre in Gebrauch, obwohl es sich dabei stets um Stahlbeton handelte. Bei vorgespannten Konstruktionen wurde von Anfang an der Begriff «Spannstahl» verwendet, obwohl die Kohlenstoffgehalte der Stähle je nach Qualität in derselben Grössenordnung liegen. Offenbar wurde «Stahl» selbstredend mit höherer Festigkeit als «Eisen» assoziiert.
- 2 vgl. Verbindungstechnik S. 32
- 3 Eine ähnliche Situation besteht beim etwas jüngeren Baustoff Beton: Auch hier sind Angaben zu Festigkeit und Zusammensetzung, die vor dem 1. Weltkrieg datieren, aus heutiger Sicht wenig aussagekräftig, da unter anderem die Klassifizierung des verwendeten Zements (und der Bewehrungsstähle) geändert wurde. Dazu kommt beim Beton noch, dass seine Hydratisierung («Aushärtung») nach dem Ausschalen nicht beendet ist und seine Eigenschaften, insbesondere die Druckfestigkeit, sich über Jahrzehnte noch verändern (in der Regel noch zunehmen). Ausserdem kann Beton durch langfristige, in den ersten Jahren oder Jahrzehnten nicht erkennbare Zersetzungsprozesse geschädigt werden und seine Anfangsfestigkeit reduzieren oder sogar verlieren. Für eine aktuelle Beurteilung älterer Betonbauten müssen deshalb Proben aus dem Bauwerk entnommen und im Labor auf ihre relevanten Eigenschaften, vor allem die Druckfestigkeit, untersucht werden.
- 4 Ines Prokop: «Vom Eisenbau zum Stahlbau – Tragwerke und ihre Protagonisten in Berlin, 1850–1925», mbvBerlin. Berlin
- 5 vgl. Brüggl, Unterägeri, S. 36



Genietet, verschweisst und zusammengehalten

Clementine van Rooden

Das Erscheinungsbild von Stahlbrücken ist stark geprägt von den Verbindungen der einzelnen Tragelemente. Waren die ursprünglichen Stahlbrücken noch genietet, so wandelten sich mit der Schweissttechnik nicht nur die Profilformen, sondern mit ihnen auch die Formgebung der gesamten Tragstruktur.

Beim Bau der ersten eisernen bzw. gusseisernen Brücken in England gegen Ende des 18. Jahrhunderts existierte noch keine angepasste Technologie für die Verbindung der einzelnen, relativ kleinen Bauteile zu einer tragfähigen Struktur. Gusseiserne Komponenten liessen sich praktisch nicht metallurgisch verbinden, man behalf sich mit kraft- oder formschlüssigen Verbindungen ähnlich den im Holzbau bekannten Zimmermannsverbindungen.¹

Nieten statt schmieden

Bauteile aus Schmiedeeisen wurden mittels geschmiedeten Bolzen und Augen miteinander verhängt oder in traditioneller Technik durch Feuerschweissen verbunden. Dabei wurden die Metalle, im Gegensatz zum modernen Schweißen, nicht über die Schmelztemperatur erhitzt, sondern lediglich warm durch Hämmern aufeinandergepresst – mit aus heutiger Sicht meist unbefriedigenden Ergebnissen.

In der Schweiz sind keine Eisenbahnbrücken aus dieser frühen Phase vorhanden beziehungsweise erhalten; der Brückenbau setzte erst ein, als die (im Prinzip schon in vorindustrieller Zeit bekannten) Nietverbindungen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts der Industriestandard für die Verbindung von Eisen- und Stahlteile geworden waren.² Während rund einem Jahrhundert waren praktisch alle Tragkonstruktionen – inklusive der Eiffelturm – aus Eisen beziehungsweise Stahl genietet.

Eine Vorstellung vom Umfang der Nietverbindungen an einer grossen Stahlbrücke gibt ein Bericht über die 1873/75 erstellte Thurbrücke Ossingen.⁵ Mit rund 330 m Länge war die eingleisige Brücke bei ihrer Eröffnung nach dem Grandfey-Viadukt über die Saane bei Freiburg die zweitlängste eiserne Brücke der Schweiz. Ihr durchlaufender Gitterträger wird bis heute von rund 180 000 Nietverbindungen zusammen-



1 Die Aarebrücke der Gäubahn in Olten mit gekrümmten Vollwandträgern; links genietet, rechts verschweisst.

2 – 3 Die Halbparabelträger über die Landquart sind Ständerfachwerke mit fallenden Streben; das ältere, eingleisige Fachwerk von 1911 ist genietet (rechts), beim jüngeren (links), zweigleisigen von 1972 sind Profile und Gurte verschweisst und die Pfosten- und Strebenanschlüsse geschraubt.

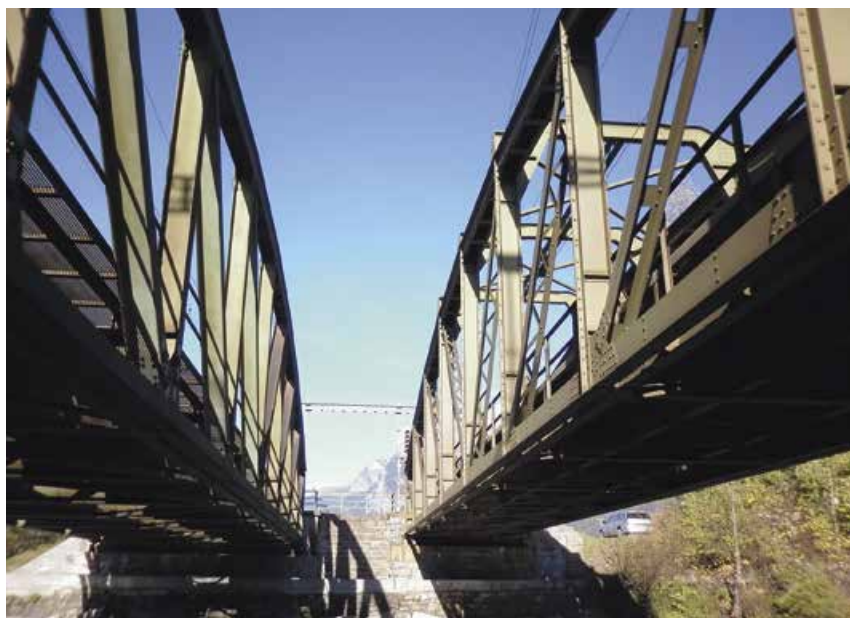
gehalten. Zwei Drittel davon wurden von fünfköpfigen Nietkolonnen auf der Baustelle in Handarbeit, mit Hammer und Hebelpresse, ausgeführt. Eine gut eingespielte Equipe schlug in einer Stunde etwa 75 Nieten; sie hätte allein unter günstigen Bedingungen etwa ein Arbeitsjahr für das Zusammennieten der Brücke benötigt. Später haben dampf- oder druckluftbetriebene Niethämmer die Arbeit am Bauwerk etwas erleichtert, genietete Konstruktionen waren und blieben aber sehr arbeitsintensiv und aufwendig, da ein Großteil der Verbindungen auf der Baustelle hergestellt werden musste.⁴

Schwer und unterhaltsintensiv

Genietete Brücken gelten auch als relativ schwer. Da die Dimensionen der einzelnen Nieten begrenzt sind, müssen grosse Kräfte mittels Knotenblechen, Überlappungen und Aufdoppelungen übertragen werden, was einen zusätzlichen Materialaufwand und ein entsprechendes Gewicht bedingt. Ein weiterer Nachteil genieteter Konstruktionen hat sich erst im Lauf der späteren Nutzung gezeigt: Die Unterhaltskosten sind relativ hoch, da bei Inspektionen jede einzelne Niete überprüft und die Erneuerung des Korrosionsschutzanstrichs über jeder Niete sorgfältig ausgeführt werden muss, um Spalteffekte unter den Nietenköpfen zu verhindern. Trotz diesen Nachteilen haben sich genietete Brücken über mehr als ein Jahrhundert gut gehalten.

Weiter mit Bolzen und Muttern

Die nach dem 1. Weltkrieg im Brückenbau eingeführten Schraubverbindungen mit Bolzen und Muttern sind eine Weiterentwicklung der Nietverbindungen; sie haben zu konstruktiven Vereinfachungen und schnellerer Montage geführt, stellen aber kein grundsätzlich anderes Verbindungskonzept dar. Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang die Notbrücken der Armee, die in kleine Einzelteile zerlegt eingelagert wurden und bei Bedarf innert weniger Tage in unterschiedlichen Längen zusammengeschraubt werden konnten. Einige davon sind in den letzten Jahren als zivile Brücken für Industriegleise eingesetzt worden, eine dieser (normalspurigen) Notbrücken steht seit 2002 auf der meterspurigen Berninalinie der Rhätischen Bahn als Ersatz für eine beschädigte Steinbogenbrücke in Betrieb⁵ – die Gleise der Rhätischen Bahn konnten entsprechend ergänzt werden. Zwei weitere



Notbrücken stehen bei Erstfeld; sie wurden mit der Erneuerung des Krafwerks Amsteg von 1992 für ein Werkgleis erstellt.

Schweissen als echte Innovation

Eine tiefgreifende konstruktive Innovation brachten hingegen ab den 1950er-Jahren die Schweissverbindungen im Brückenbau. Die Schweissttechnologie für das Verbinden von Stahlteilen (nicht mehr Schmiedeeisen!) wurde nach dem 1. Weltkrieg insbesondere in Deutschland zur Serienreife entwickelt, da sie gegenüber Nieten und Schrauben eine signifikante Gewichtsreduktion ermöglichte.⁶ Es dauerte aber bis in die 1950er-Jahre, bis die Schweissttechnik auch im Eisenbahnbrückenbau Fuss fasste – vorher bestanden schwerwiegende Vorbehalte bezüglich der Dauerfestigkeit geschweisster Verbindungen unter schwingender Beanspruchung.

In der Folge wurden einige bemerkenswerte geschweisste Stahlbrücken realisiert, darunter die als Langersche Balken ausgebildeten Brücken über den Escherkanal und über den Linthkanal von 1958 bzw. 1968.⁷ Bei diesen auf wenig tragfähigem ehemaligem Sumpfboden erstellen Brücken spielte das geringe Gewicht eine entscheidende Rolle – geschweisste Träger waren zu dieser Zeit aber auch ohne Gewichtsbeschränkung zum Standard der Brückenbautechnik geworden.

Bei der jüngeren Brücke über den Linthkanal wurden zusätzlich für die wenigen geschraubten Verbindungen vorgespannte hochfeste Schrauben verwendet, denn die Brücke musste ja vor Ort aus wenigen grossen Einzelteilen zusammgebaut werden, die nicht auf der Baustelle verschweisst werden konnten. Damit konnte die Anzahl Schraubverbindungen und damit die Komplexität und das Gewicht der Konstruktion weiter reduziert werden. Die Kombination von geschweissten Stahlträgern und wenigen Verschraubungen mit hochfesten vorgespannten Schrauben ist bis heute die effizienteste Bauart für Stahlbrücken, wobei die Träger in den letzten Jahren häufig aus Kastenprofilen zusammengesetzt sind.

Anmerkungen und Literatur

- 1 vgl. Werkstoff Stahl S. 26
- 2 vgl. Einleitung, S. 8
- 3 IN.KU Informationsbulletin der Gesellschaft für Industriekultur, Dezember 1993
- 4 vgl. auch Brüggl, Unterägeri, S. 36
- 5 Aldo Rota, «Die Brücke aus der Kiste», TEC21 45/2002, S. 6–11
- 6 Die deutsche Industrieproduktion war zu dieser Zeit durch internationale Verträge mengenmässig begrenzt, so dass der Stahl-Leichtbau eine strategische Bedeutung erhielt.
- 7 Vgl. «Schweizer Bahnbrücken»: Buchbesprechung auf S. 52

Bildnachweis

- 1–4 Clementine van Rooden
- 5 Eugen Brühwiler



4 Die gerade, zweigleisige Stahlbrücke bei Ziegelbrücke ist von 1968. Mit einer Spannweite von 76 m überquert sie den Linthkanal in einem Winkel von 40 Grad. Der Langersche Balken lehnt sich an die ein Jahrzehnt früher erbaute Gäsibrücke über den Escherkanal vor dem Walenseetunnel an. Dank Fortschritten in den Berechnungsverfahren, der Stahlqualität und der Schweissttechnik hat die Linthbrücke – auch Biberlikopfbrücke genannt – noch einfachere Querschnitte als die Gäsibrücke.⁷

5 Die Militärbrücke über die Reuss bei Erstfeld.



Filigranität und Leichtigkeit bewahrt

Bauherrschaft

Gemeinde Unterägeri

Ingenieure

Staubli Kurath und Partner, Zürich / Zug

Kunstschlosser

Moritz Häberling, Uerzlikon

Baujahr

Historische Brücke: 1908 (durch Gebrüder Gysi, Baar)
Restaurierung, Instandsetzung: 2013

Die Fussgängerbrücke in Unterägeri direkt am Auslauf der Lorze aus dem Ägerisee ist von 1908 und wurde im Rahmen der Instandsetzungsarbeiten am Seeufer restauriert. Die neuen Stahlelemente ersetzen die alten so, dass sie kaum als neue Teile zu erkennen sind. Das denkmalgeschützte Brüggl bewahrt sein ursprüngliches Erscheinungsbild und seine originale Tragwirkung – nur mit einem neuem Anstich.

Das Ufer des Ägerisees in Unterägeri zwischen Schiffsteg und dem Abfluss der Lorze war instandsetzungsbedürftig. Der Wellenschlag hatte der 100-jährigen Ufermauer zugesetzt; sie war unterspült und zerfiel stellenweise. Im Rahmen der Instandsetzungsarbeiten sollte auch das Bogenbrüggl direkt am Auslauf der Lorze restauriert werden. Es ist eine Fussgängerbrücke aus dem Jahr 1908, die aus einer eleganten, filigranen genieteten Eisengitterkonstruktion besteht. Die beiden Stahlfachwerke bilden zugleich die Geländer, und unterhalb der Brücke sind bei jedem Pfosten Quertträger – ebenfalls als Fachwerke ausgebildet – angeordnet. In Querrichtung wird die Brücke durch einen untenliegenden Verband stabilisiert. Die verschiedenen Teile der Stahlkonstruktion wurden ursprünglich mit Nieten verbunden. Später angebrachte Elemente sind verschraubt.

Bogenbrüggl von hohem Wert

Das Bogenbrüggl wurde Ende 2011 unter Schutz gestellt und ins Inventar der schützenswerten Denkmäler aufgenommen, denn es ist – so im Bericht der Denkmalpflege – von hohem kulturellen, heimatkundlichen und bautechnischen Wert.

Die Fussgängerbrücke Birkenwäldli am Strandweg – wie das Brüggl offiziell heisst, nach deren Namen sie aber kaum jemand benennt – steht als Baudenkmal für den industriellen Aufschwung im zweiten Drittel des 19. Jahrhunderts, als die heimindustrielle Seidenweberei und ab 1834 die Spinnerei zusätzliche

Verdienstmöglichkeiten und eine entsprechenden Bevölkerungszunahme brachten. Mit dieser Industrialisierung und dem Neuentdecken der Landschaft und dem aufkommenden Tourismus gewann die Uferzone am Ägerisee an Bedeutung. Die Bogenbrücke ist somit eng mit dem industriellen Aufschwung vor Ort verknüpft. Ausserdem prägt sie das Ortsbild und in vielen Details erkennt man noch die Handarbeit der früheren Erbauer, wie beispielsweise die Hammerschläge auf die Stege der Gurtungen, womit man ihnen die Bogenform gab. Das Brüggl ist schliesslich als Stahlkonstruktion mit Nietverbindungen für den Kanton Zug ein wertvolles und seltenes Industriedenkmal, das der Umgebung und der Gesellschaft möglichst als typische Stahlkonstruktion ihrer Zeit erhalten bleiben soll.

Geschützt aber verrostet

Die Begehung durch eine Expertenrunde vom Januar 2012 ergab allerdings, dass sich die Fussgängerbrücke in einem schlechten Zustand befand. Die Verantwortlichen der Denkmalpflege und die beteiligten Bauingenieure stellten sich daher die Frage, wie die Konstruktion instandgesetzt werden konnte, ohne dass dabei die Substanz der wertvollen Stahlkonstruktion verloren ginge.

Es standen zwei Varianten im Vordergrund. Die erste Variante hatte die Konservierung des Ist-Zustands zum Ziel. Durch das Umschweissen sollte die Korrosion gestoppt werden, indem der Sauerstoff entzogen würde.



In der zweiten Variante sollten die korrodierten Verbindungen gelöst sowie instandgesetzt und anschliessend wieder mit neuen Nieten zusammengefügt werden. Man beschloss, beide Varianten auszuschreiben und entsprechend den eingereichten Offerten mit den preislichen und technischen Argumenten den Entscheid zu fällen.

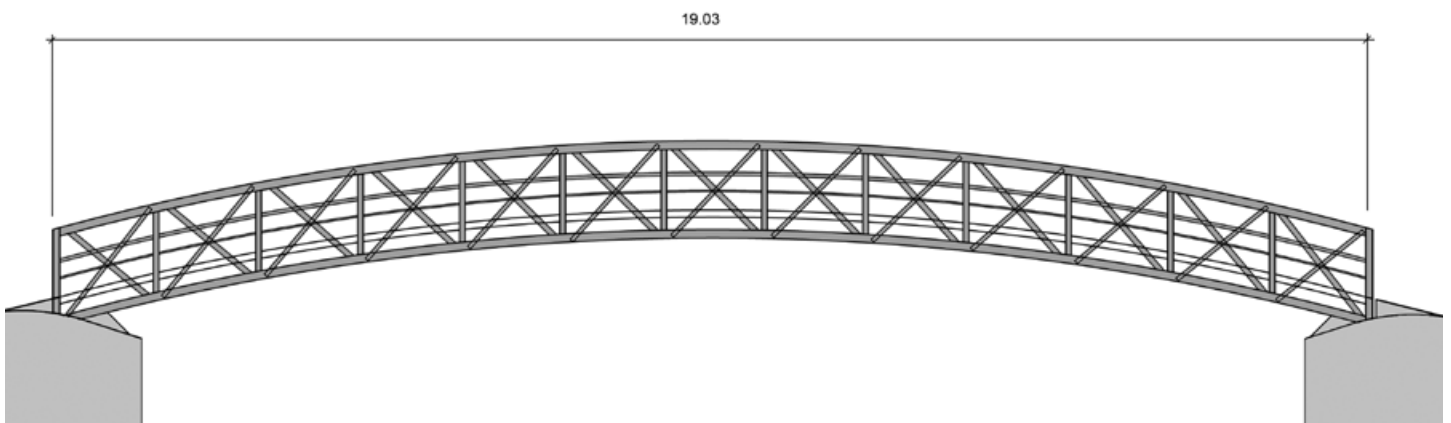
Machbarkeit der Instandsetzungsvarianten

Staubli Kurath und Partner klärte die bestehende Tragkonstruktion und die möglichen Restaurationsarbeiten vertieft ab. Sie konsultierten die SIA-Norm 269/3 «Erhaltung von Tragwerken – Stahlbau», in der Instandsetzungsmassnahmen an Stahlbauten geregelt sind. Folgende Punkte sind dieser Norm entnommen:

- 7.1.2.2 «Werden neue Verbindungen an altem Bau-
stahl ausgeführt, sind Schraubverbindungen den
Schweissverbindungen vorzuziehen.»
- 7.2.2.1 «Mangelhafte Nieten werden in der Regel
durch hochfeste vorgespannte Schrauben ersetzt.
Wenn sich weitere Nieten durch das Vorspannen der
Schrauben lösen, werden auch diese ersetzt.»
- 7.2.2.2 «Hybridverbindungen zwischen Nieten und
Schweissnähten sind in der Regel aufgrund ihres
unterschiedlichen Tragverhaltens zu vermeiden.»

Ausserdem besprachen die Bauingenieure die Massnahmen beider Varianten bezüglich Machbarkeit mit dem Schweizerischen Verein für Schweissttechnik (SVS), der von der Eidgenössischen Materialprüfan-

1 Das instandgesetzte Brüggl steht wieder an seinem ursprünglichen Ort auf neuen Widerlagern. Man erkennt konstruktiv keinen Unterschied, nur wo nötig wurden die bestehenden Nieten durch neue ersetzt. Der Stahl ist aber neu angestrichen.





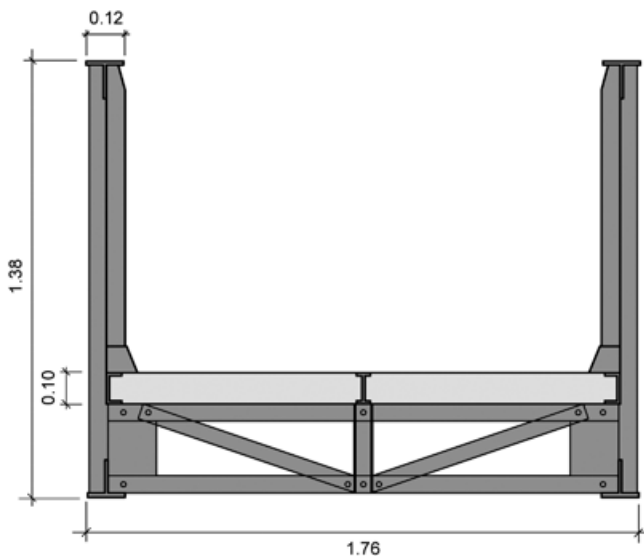
2 Die geschützte Fussgängerbrücke Birkenwäldli am Strandweg in Unterägeri vor der Restauration.



3 Brücke nach dem Entfernen des Betonbelags: Die Stahlkonstruktion ist vor allem im Untergurtbereich stark an- oder durchgerostet.

stalt EMPA als Ansprechpartner für Fragen zur Schweissttechnik empfohlen wird. Es stellte sich heraus, dass die Brücke wahrscheinlich aus Flusstahl gebaut sei, entsprechend der typischerweise eingesetzten Werkstoffs seines Jahrgangs. Flusstahl ist aber eine Bezeichnung für eine ganze Gruppe von alten Stählen.¹ Die genaue Zusammensetzung ist nicht bekannt und kann stark variieren. Auch die Qualität des Stahls ist unbekannt. Der Phosphorgehalt kann hoch sein, was das Schweißen des Stahls erschwert. Ohne die genaue Stahlzusammensetzung vorgängig zu prüfen, kann man auf keinen Fall Schweissarbeiten am Bauwerk vornehmen lassen.

Bei der Ausführung der Schweissung hätten die beiden zu verbindenden Bauteile zudem blank sein müssen, was bei der Fussgängerbrücke mit ihren bestehenden Knoten nicht zu bewerkstelligen gewesen wäre. Die Qualität der Schweissnaht hätte infolge der vorhandenen Korrosionsprodukte abgenommen. Bei Feuchtigkeit in der Fuge zwischen dem Nietkopf und dem Träger hätte schliesslich auch das Risiko bestanden, dass der entweichende Dampf die Schweissnaht weiter geschädigt hätte (Poren und Einschlüsse). Die Schweissverbindungen wären dadurch nicht vollständig dicht geworden. Hingegen sah es der SVS als problemlos machbar an, die bestehenden Nieten durch neues Nietmaterial zu ersetzen.





4–5 Einzelne durchrostete Stahlprofile (links) der Ausfachung der Fachwerke wurden durch neue Profile (rechts) ersetzt.

Nicht oder nur bedingt schweisbar

Das Institut für Werkstofftechnologie (IWT) untersuchte darauf hin die Brücke vor Ort, um den verwendeten Stahl und seine Schweiseseignung exakt zu bestimmen. Mit der mobilen Untersuchung liessen sich an der Brückenkonstruktion Stahlbauteile nachweisen, die aufgrund der chemischen Zusammensetzung und der gemessenen Wirbelstromsignale als versprödete Thomasstähle zu identifizieren waren. Bei den Verbindungsplatten wies man die Verwendung von Puddelstahl nach, und bei allen untersuchten Bauteilen fanden sich Anstriche mit Bleimennigen.

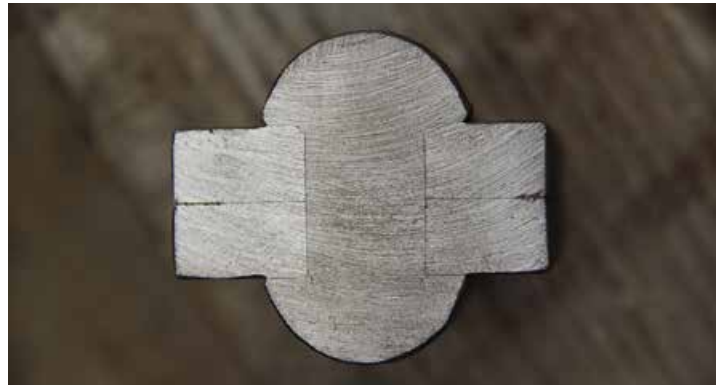
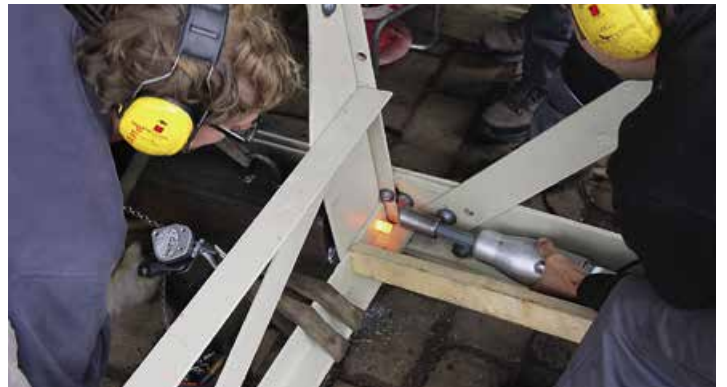
Thomasstähle haben einen teilweise stark erhöhten Phosphor- und Schwefelgehalt. Dies galt es hinsichtlich der Schweisbarkeit der Profile zu berücksichtigen. Zudem wies man am Obergurt eine ausgeprägte Schwefelsteigerung (Einschlüsse von Schwefel) nach, die die Werkstoffeigenschaften lokal verändern und bei den statischen Nachweisen entsprechend beachtet werden mussten. Denn sowohl die Schwefelsteigerungen wie auch die erhöhten Schwefel- und Phosphorgehalte bewirken eine erhöhte Gefahr der Terrassenbruchbildung und der Erstarrungsrissbildung beim Schweißen. Aufgrund ihrer besonderen Gefügeausbildung und der chemischen Zusammensetzung gelten Thomasstähle daher als nur bedingt schweisbar. Trotzdem konnten an der bestehenden Tragkonstruk-

tion Schweisarbeiten vorgenommen werden. Die Voraussetzung dafür sind erfahrenes Schweisspersonal und möglichst gute Schweisbedingungen, also beispielsweise keine Zwangslagen zum Beispiel über Kopf. Bei einzelnen Verbindungsplatten wurden Puddelstähle nachgewiesen. Sie gelten aufgrund ihrer ausgeprägten Inhomogenität als nicht schmelzschweisbar.

Wieder nieten statt schweißen

Die Abklärungen ergaben also, dass von einer Instandsetzung des Bogenbrüggelis durch Verschweißen der Verbindungsstellen abgeraten werden musste. In diesem Fall musste beim Verschweißen davon ausgegangen werden, dass die Naht nicht dicht geworden wäre und die Korrosion dadurch nicht hätte gestoppt werden können. Im Gegenteil, die Schweisarbeiten hätten die Brücke beschädigen können.

Ausserdem handelte es sich bei den Knotenschweißungen um einen irreversiblen Eingriff, der das Tragverhalten der Brücke grundlegend verändert hätte. Zwar hätten so die bestehenden und originalen Nieten bewahrt werden können, was aus denkmalpflegerischen Gründen wertvoll gewesen wäre. Doch mit dem Verlust der ursprünglichen Tragwirkung wäre auch die Funktion der Nieten obsolet geworden; sie wären nur pro forma erhalten geblieben. Nicht zuletzt wäre auch jede künftige Instandsetzung erschwert worden.



6 Aufwendige Arbeitsschritte von Hand, mit Presslufthammer und mit Schweissbrenner ermöglichen es, die alten Nieten durch neue zu ersetzen.



7 Genietet Stahlverbindung am Bogenbrüggli vor der Restauration. Der Schutzzumfang betrifft den Standort der Baute, seine äussere, historische Erscheinung und die ursprüngliche Konstruktion.

Aufwändige Restaurationsarbeiten

Die Instandsetzungsarbeiten aller Stahlbauteile führte ein auf Restaurierungen spezialisierter Kunstschlosser aus. Um die Nietkonstruktion zu erhalten, führte er zahlreiche und aufwendige Arbeitsschritte durch – zumeist von Hand oder mit eigens dafür gefertigten Apparaturen wie Hydraulikpressen. Die Schlosser zerlegten die gesamte, noch in einem Stück angelieferte Brückenkonstruktion in der Werkstatt, mit Ausnahme des Obergurts; aber auch dort die Stösse. Alle Teile wurden sandgestrahlt und schliesslich mit neuen Nieten wieder verbunden. Indem die Nieten praktisch alle ersetzt wurden, stellte man sicher, dass die Korrosion in den Verbindungen optimal beseitigt wurde und dass die Tragkonstruktion der Brücke weiterhin wie bis anhin funktionierte.

Durch die erfolgten Massnahmen behielt man das originale Aussehen der Brücke und ihre originale Tragwirkung. Ihre Lebensdauer hingegen hat sich wesentlich verändert. Durch die Entfernung der Korrosion in den Verbindungen, den Ersatz der einzelnen durchgerosteten Stahlprofilen, die Neuvernietung, den Grundanstrich und die Verzinkung ist die Brücke fit für einen weiteren Lebensabschnitt von 100 Jahren.

Neue Umgebung für die Brücke

Die Fussgängerbrücke ist seit Ende November wieder an ihrer ursprünglichen Stelle auf neuen Widerlagern und mit ihrem neuen Belag eingebaut. Während die ursprüngliche Brückenplatte noch in Ortbeton zwischen zwei U-Profilen, die in die beiden Stahlfachwerke

eingebunden sind, gegossen war, besteht der neue Belag aus schlanken, kohlefaserbewehrten Betonbohlen. Sein Gewicht ist kleiner als das des ursprünglichen Belags, womit die Auflast des Brüggli reduziert wird. Die gleichen Betonbohlen werden auch für den neuen Laufsteg verwendet, der über das neue Flachufer mit Schilfbepflanzung führen wird. Damit schaffen die Planenden einen Bezug von der historischen Bogenbrücke zur neuen Ufergestaltung. Abgeschlossen wird die erneuerte Promenade mit einem Seezugang in Form von Sitzstufen. Die Abschlussarbeiten der Ufergestaltung und damit die Veränderungen des Naherholungsgebiets rund um die restaurierte Brücke wird im Frühling 2014 abgeschlossen sein. (cvr)

Anmerkungen

1 vgl. Werkstoff Stahl S. 26

Bildnachweis

- 1 Clementine van Rooden
- 2–3 Staubli Kurath und Partner
- 4–6 Clementine van Rooden
- 7 Staubli Kurath und Partner (Foto und Pläne)

Ort Unterägeri (ZG)

Bauherrschaft Gemeinde Unterägeri

Ingenieure Staubli Kurath und Partner, Zürich (Instandsetzung)

Stahlbau Gebrüder Gysi, Baar (historische Bücke)

Kunstschlosser Moritz Häberling, Uerzlikon (Restauration Brücke)

Landschaftsarchitekt OePlan, Balgach

Konstruktionstypologie Bogenbrücke

Spannweite 19 m

Stahlsorten Thomasstähle

Baujahr 1908; Instandsetzungs- und Restaurationsjahr 2013

Eleganter Streckenzug in geschütztem Ortsbild

Bauherrschaft

Aare Seeland mobil (asm)

Ingenieure

historische Brücke: Zschokke, Döttingen
neues Projekt: Fürst Laffranchi Bauingenieure GmbH, Wolfwil

Architekten

Ilg Santer Architekten GmbH, Zürich

Baujahr

1907

Viele historische Bahnbrücken in der Schweiz erfordern eine Überprüfung ihrer Tragkonstruktion. Dabei stellt sich heraus, ob die Brücke instandsetzungsbedürftig ist oder gar ersetzt werden muss. Für manche Brücke ergibt sich aus wirtschaftlichen oder betriebstechnischen Gründen ein Ersatzneubau. Der Ersatz eines industriellen Zeitzeugen ist immer schmerzvoll. Im vorliegenden Fall aber überzeugt das neue Projekt so sehr, dass keine Wehmut aufzukommen vermag.

Die 106 Jahre alte Bahnbrücke führt von Niederbipp her kommend über die Aare beim Schloss Aarwangen und dem früher als Zollhaus dienenden Gasthaus Bären nach Langenthal. Sie liegt direkt neben der Strassenbrücke – ein Ersatzneubau des Ingenieurbüros Hartenbach & Wenger aus Bern aus dem Jahre 1997, der aus einem Wettbewerb hervorging und dessen

unter der Fahrbahn liegende Tragkonstruktion aus einem räumlichen Fachwerk aus zusammengeschweissten Stahlrohren besteht. Der parallel der Strassenbrücke geführte Gehweg ist an die Stahlkonstruktion der Strassenbrücke angehängt und schwingt über dem Mittelpfeiler flussabwärts weg.

Die drei Brücken bilden zusammen ein Ensemble des Aareübergangs. Diese Situation im nördlichen Ortsteil von Aarwangen ist im Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz als Sonderfall von «nationaler Bedeutung» verzeichnet. Die Bahnbrücke selbst ist im Bauinventar des Kantons Bern als erhaltenswertes Baudenkmal (K-Objekt, Baugruppe C) notiert.





2-3 Die bestehende Stahlbrücke über die Aare bei Aarwangen der Aare Seeland mobil; die Fachwerkkonstruktion soll ersetzt werden.

Zweifeldträger mit fallenden Streben

Die historische Bahnbrücke ist 1907 parallel zur Strassenbrücke gebaut worden, als die damalige Langenthal-Jura-Bahn (LJB) zwischen Langenthal und Oensingen den Betrieb aufnahm. In Anlehnung an die bereits bestehende Strassenbrücke baute die Firma Zschokke aus Döttingen AG – eine der damals führenden Stahlbauunternehmen in der Schweiz – ebenfalls eine genietete Eisenkonstruktion in Fachwerkbauweise mit obenliegendem Haupttragwerk und als Durchlaufträger mit zwei Spannweiten von je 48 m. Die Diagonalen nehmen die Schubkraft auf und sind so angeordnet, dass sie unter gleichmässig verteilter Linienlast und Eigenlasten auf Zug beansprucht sind; entsprechend wechselt die Neigung der fallenden Streben bei diesem Zweifeldträger in etwa beim 2/3-Punkt, wo das grösste Feld- und Stützmoment und damit keine Schubkraft auftritt.

Die eingleisige Fahrbahn befindet sich in etwa auf halber Höhe des Fachwerkträgers und ist offen, d.h. das System bestehend aus Gleis und Schwellen ist direkt auf der Stahlkonstruktion befestigt. Diese ruht wiederum auf massiven Widerlagern aus Naturstein (Kalkstein) sowie auf einem Mittelpfeiler und den Widerlagern der benachbarten Strassenbrücke. Im Jahre 1979 wurden die Längs-, Quer- und Hauptträger sowie der

Windverband der genieteten Eisenkonstruktion durch zusätzliche Stahlprofile verstärkt, welche mit HV-Schrauben mit der ursprünglichen Konstruktion verbunden wurden. Das Original wurde damit deutlich verändert, was die Ästhetik der Details beeinträchtigt.

Vertreter der Nietbauweise

Die Nietkonstruktion steht wie die Brücke Unterstetten¹ für höchste Effizienz in allen Belangen: (vermutlich) extrem kurze Bauzeit, minimaler Materialeinsatz, minimierte Baukosten, einfaches und klares Erscheinungsbild. Die genietete Eisenkonstruktion war beim Bau eine von vielen Ausführungen einer Konstruktionsart, die 1907 bewährt war und häufig gebaut wurde. Auch hier visualisiert die Schlantheit der Konstruktion die technische Effizienz, und dass die Ingenieure hier gleiche Bauteile wiederholt und auf dekorative Elemente verzichtet haben, trägt zur Einheitlichkeit und Ordnung bei.

Das Brückenbauwerk ist ein Zeuge des Eisenbaus des frühen 20. Jahrhunderts. Allerdings ist es keine herausragende Referenz auf dem Gebiet der genieteten Brücken. Der historisch-kulturelle Wert ist daher nicht herausragend. Die ästhetische Qualität der filigranen Eisenkonstruktion hingegen ist hoch. Ebenso der Situationswert der Brücke und des gesamten

1 Die Brücken über die Aare bilden mit dem Schloss Aarwangen am südlichen Ufer ein geschütztes Ortsbild, das es zu bewahren gilt.

Aareübergangs für Bahn, Strasse und Fussgänger. Denn die «Torsituation» mit dem Schloss und dem Gasthof stellen zusammen mit den Brücken ein Ortsbild von hohem Wert dar.²

In die Jahre gekommen

2008 untersuchte das Ingenieurbüro Trachsel, Schibli, Walder + Partner die Tragsicherheit der Konstruktion. Die Nachweise zeigen, dass die Trag- und Ermüdungssicherheit für alle Bauteile genügend ist, ausser für die unverstärkten Bereiche der Längsträger. Der Mittelpfeiler, die Widerlager und der Baugrund sind in einem befriedigenden Zustand.

Die Eisenkonstruktion zeigt heute vereinzelte Korrosionsschäden – manchmal durch eine starke Querschnittsreduktion oder gar durch Lochfrass gekennzeichnet. Der Korrosionsschutz – letztmals wurde er 1998 erneuert – ist insgesamt noch in einem annehmbaren Zustand, benötigt aber eine Instandsetzung und eine Erneuerung seiner Deckschicht. Dennoch darf der heutige Zustand der Eisenkonstruktion insgesamt als befriedigend bewertet werden.

Vollwandträger über zwei Felder

Die historische Bahnbrücke soll nun aus wirtschaftlichen, betrieblichen und einzelnen technischen Gründen ersetzt werden, weshalb die Aare Seeland mobil (asm) vier Ingenieurbüros einlud, eine Offerte

für eine Studie eines Ersatzneubaus einzugeben. Drei Teams arbeiteten schliesslich in einem mehrstufigen Verfahren ein Projekt aus, das bezüglich Gestaltung und Einpassung in das bestehende Ortsbild anspruchsvoll ist. Alle drei Teams reichten schliesslich Lösungen mit Stahlvollwandträgern ein. Aus dem zunächst scheinbar wenig vielfältig ausgefallenen Studienauftrag ergab sich aber ein interessanter Vergleich. Denn es liessen sich drei vom statischen System ähnliche Konstruktionen direkt miteinander vergleichen. Die gestalterischen Unterschiede sind offensichtlich und markant, und es wird deutlich, wie wichtig die formale Ausarbeitung und die eigenständige Formgebung bei einem Ingenieurbauwerk ist.⁵

Referenz an Gitterträger

Im Siegerprojekt der Ingenieure Fürst Laffranchi und der Ilg Santer Architekten überquert die neue Bahnbrücke die Aare als Zweifeldträger mit Spannweiten von je 48 m. Das Gleis befindet sich als offene Fahrbahn auf halber Höhe zwischen den beiden 3.1 m hohen dopsymmetrischen Hauptträgern der Stahlkonstruktion. Die Stegbleche der Hauptträger sind perforiert. Die rautenförmigen Öffnungen, welche Spannungskonzentrationen möglichst klein halten, sind in einem Raster angeordnet, das entsprechend der Schubbeanspruchung variiert. Diese Profilierung des Trägerstegs ist inspiriert von den genieteten Gitterträgern des 19. Jahrhunderts und führt zu einem consequen-



4–5 Jede Stahlkonstruktion überzeugt für sich: Die noch bestehende genietete Stahlbaubrücke für die Eisenbahn von 1907 und die moderne geschweisste räumliche Fachwerkkonstruktion der Strassenbrücke von 1997 (rot).



ten Zusammenspiel von statischer Funktion und Ästhetik.

Die elegante Konstruktion weist vergleichsweise wenige Schweissnähte auf und ist damit tendenziell ermüdungsgerechter als konventionelle geschweisste Konstruktionen. Mit der relativ leichten Konstruktion lassen sich umfangreiche Eingriffe in den Unterbau mit dem Pfeiler und den Widerlagern vermeiden. Der Unterhaltsaufwand – in diesem Zusammenhang ist der Korrosionsschutz wesentlich – dürfte günstig sein, da die Anzahl Steifen und insgesamt die Stahlflächen

auf ein Minimum reduziert sind. Der Rückbau der bestehenden Brücke und die Montage der neuen Konstruktion sind mit Pnekranen von der Strassenbrücke aus vorgesehen. Dazu werden zwei Hilfsjoche im Fluss als zusätzliche Abstützung gerammt. Das Bauprogramm sieht im Jahr 2014 eine Vollsperrung des Bahnbetriebs von drei bis vier Wochen vor (eb, cvr).

6 Siegerprojekt von Fürst Laffranchi Bauingenieure und Ilg Santer Architekten: Die neue Bahnbrücke bekommt ihren angemessenen Platz im Ensemble mit dem Schloss und dem ehemaligen Zollhaus.



Literatur

- 1 vgl. Unterstetten, Rigi-Scheidegg, S. 20
- 2 Bericht der Begleitgruppe des Studienauftrags mit Beurteilung der Projekte
- 3 TEC21 45/2013, Wettbewerbsbeitrag «Ersatzneubau Aarebrücke Aarwangen»
Gutachten «Bahnbrücke in Stahlbauweise über die Aare, Aarwangen BE, Beurteilung der Erhaltenswürdigkeit und -fähigkeit», Eugen Brühwiler

Bildnachweis

- 1 Eugen Brühwiler
- 2–3 Clementine van Rooden
- 4–5 Eugen Brühwiler
- 6 Fürst Laffranchi Bauingenieure und Ilg Santer Architekten (Visualisierung)

Ort Aarwangen (BE)

Bauherrschaft AareSeeland mobil (asm)

Ingenieure Laffranchi Bauingenieure, Wolfwil (Siegerprojekt Ersatzneubau)

Architekten Ilg Santer Architekten, Zürich (Siegerprojekt Ersatzneubau)

Stahlbau Zschokke, Döttingen (Flussstahl)

Konstruktionstypologie Zweifeldträger

Spannweite 2 x 48 m

Stahlsorte Flussstahl

Baujahr 1907; Ersatzneubau noch nicht bestimmt

Originalgetreu verlängert

Bauherrschaft

Kanton Zürich

Ingenieure

historische Stahlbrücke: Löhle & Kern, Zürich
Verlängerung der Stahlbrücke (Replikat): Flückiger + Partner

Baujahr

historische Stahlbrücke: 1914/1915
Verlängerung der Stahlbrücke (Replikat): 1988

Seit 1915 überquert eine Stahl-Fachwerkbrücke den untersten Abschnitt der Thur zwischen Gütighausen und Ossingen, die als Ersatz der eingestürzten Brücke von 1880 erstellt wurde. Bis 1988 wies das Bauwerk nur ein Feld über dem Fluss auf; in dem Jahr wurde die Brücke um ein Feld verlängert, um im Talgrund einen grösseren Durchflussquerschnitt zu schaffen. Das Erscheinungsbild der Verlängerung der Brücke wurde soweit möglich dem Original angeglichen.

Die Thur ist nach dem Rhein der zweitlängste Fluss der Ostschweiz. Im unteren Teil ihres rund 135 km langen Laufs, vom Ursprung am Fuss des Säntis bis zur Mündung in den Rhein zwischen Ellikon am Rhein und Flaach, fliesst sie durch eine sanfte Hügellandschaft mit einigen ausgedehnten Talebenen mit Auen und Altläufen. Bedingt durch ihr voralpines bis alpines Quellgebiet und das Fehlen von Seen als natürliche Retentionsbecken ist ihr Abflussverhalten insbesondere in den letzten, im Kanton Zürich liegenden 20 km unregelmässig und durch ausgeprägte

Hochwasser gekennzeichnet. Die Flusscharakteristik hat auch zur Folge, dass die Thur bis heute gelegentlich grössere Mengen Schwemmholtz bis in den Rhein mitführt und im Winter Eisgang auftritt – Faktoren, die etlichen Brücken mit Flusspfeilern zum Verhängnis geworden sind. Furten und später Brücken sind deshalb seit dem Mittelalter nur wenige, auf günstig, das heisst ungefähr quer zum Flussbett, gelegenen Felsrippen angelegt (die wohl bekannteste ist die 1487 erbaute und bis heute erhaltene achtjochige Steinbogenbrücke von Bischofszell).





Brücken widerspiegeln regionale Entwicklung

In den ebenen Talabschnitten hielt man sich wegen der latenten Hochwassergefährdung (und wegen des bescheidenen Verkehrsaufkommens in dieser kaum industrialisierten Gegend) mit dem Bau von Brücken bis in die Neuzeit zurück. Das erklärt, dass zwischen den Gemeinden Ossingen und dem zur Gemeinde Thalheim gehörenden Dorf Gütighausen erst 1862 eine einfache Holzbrücke für die Verbindungsstrasse erstellt wurde. Dass die Hochwassergefährdung nicht zu vernachlässigen ist, zeigte sich bereits 14 Jahre später, als die erste Brücke von den Fluten mitgerissen wurde. Offenbar war die verkehrspolitische Bedeutung der gütighausener Brücke damals nicht übertragend, denn sie wurde erst 1880 durch einen Neubau jetzt aus Stahl ersetzt.

Inzwischen hatte das Industriezeitalter auch in diesem beschaulichen Winkel des Kantons Zürich mit dem Bau von Eisenbahnlinien Einzug gehalten: wenige km flussabwärts von Gütighausen überquert die 1875 eröffnete Linie Oberwinterthur–Etzwilen (die ursprüngliche Fortsetzung nach Singen in Deutschland ist nicht mehr in Betrieb) das Thurtal in der Höhe auf der bekannten Thurbrücke Ossingen (vgl. Foto S. 53), bis heute einer der grössten Stahlbrücken in der Schweiz. Bereits seit 1857 führt, noch wenige km weiter in Richtung Rhein, die ebenfalls bemerkenswerte eiserne Thurbrücke Andelfingen die Linie Winterthur–Schaffhausen über die Thur.

Verhängnisvolle Verstärkungsarbeiten

Im Hinblick auf die Gefährdung durch Hochwasser und Schwemmholz wurde 1880 eine einfeldrige Brücke als Fachwerkträger mit unten liegender Fahrbahn gebaut. Um das Gerinne möglichst frei zu halten, lag die Fahrbahn rund 5 m über dem Thurbett. Die zwei

6.5 m hohen Hauptträger mit einfachem Strebenzug ohne Pfosten überspannten im Abstand von 4.0 m eine 67.5 m weite Öffnung. Sie waren oben und unten durch Querträger und Windverbände verbunden. Für das begrenzte Verkehrsaufkommen genügte eine 3.7 m breite hölzerne Fahrbahn. Mit der allmählichen Ablösung der Fuhrwerke durch Lastwagen wurde das filigrane Tragwerk jedoch zusehends als etwas zu leicht beurteilt, zudem soll es auch konstruktive Mängel aufgewiesen haben. Die Regierung des Kantons Zürich beschloss daher 1915, die Brücke zu verstärken.

Die Verstärkungsmassnahmen umfassten unter anderem den Ersatz der Längsträger unter der Fahrbahntafel, das Aufnieten diverser zusätzlicher Lamellen an den Gurten und verschiedenen Trägern sowie den Ersatz der Windverbände. Die im März 1915 begonnenen Verstärkungsmassnahmen waren im Mai bereits weit fortgeschritten; nur noch die oberen Gurtungen und der obere Windverband waren zu verstärken beziehungsweise zu ersetzen. In dieser letzten Umbauphase stürzte die Brücke am 14. Mai 1915 völlig überraschend und ohne Vorzeichen im unbelasteten Zustand ein, wobei zwei der sieben auf der Brücke beschäftigten Arbeiter schwer verletzt wurden. Offenbar war, wie spätere Untersuchungen gezeigt haben, die Knickstabilität der oberen Gurte auch im unbelasteten Zustand nicht mehr ausreichend, nachdem der obere Windverband im Verlauf des Umbaus teilweise demontiert worden war.

Das Original von 1914/1915

Die 1915 eingestürzte Thurbrücke bei Gütighausen liess sich nicht mehr reparieren, zu stark waren alle Träger geknickt und verbogen. Sie wurde deshalb bis zum Frühjahr 1915 an der gleichen Position durch

Die Gütighausener Strassenbrücke mit der Erweiterung um ein Feld, das als Replikat der grösseren Spannweite von 1914 konstruiert wurde – mit moderner Verbindungstechnik.

eine neue, schwerer und stabiler ausgeführte Stahlbrücke ähnlicher Bauart ersetzt.

Die 1914/15 erbaute Brücke überquert die Thur rechtwinklig mit einem Feld mit einer Spannweite von rund 67.5 m. Ihr Fahrbahnträger ist ein oben liegender, als einfacher Balken wirkender Fachwerkträger mit einfachem Strebenzug und Pfosten (im Unterschied zur pfostenlosen eingestürzten Vorgängerbrücke von 1880), der durch einen unteren und einen oberen Windverband stabilisiert wird. Dieses Konzept gewährleistet einen hindernisfreien Durchflussquerschnitt bis auf Höhe der Dammkronen. Der Pfostenabstand von 4.825 m gliedert die Brückenlänge in 14 Fachwerkfelder, wobei sich der Obergurt nur über die 12 Innenfelder erstreckt. Die Trägerhöhe beträgt 6.5 m, die Breite 4.4 m und die lichte Durchfahrthöhe ca. 4.9 m. Die Pfosten werden auf Höhe des Untergurts durch Querträger verbunden, die ihrerseits drei über die Brückenlänge durchgehende Längsträger für die Fahrbahn tragen. Die äusseren Ränder der Fahrbahn beziehungsweise der Gehwege bilden U-Profile, die an den Pfosten fixiert sind.

Der Fachwerkträger ruht am Widerlager Seite Ossingen auf Linienkipplager- und Rollenlagern, am Widerlager Seite Gütighausen auf festen Linienkiplagern. Die genietete Tragkonstruktion aus Flussstahl widerspiegelt den zeitgenössischen Stand des Stahlbrückenbaus und wirkt im Vergleich zu älteren Tragwerken leicht, relativ modern und schnörkellos.

Die Fahrbahn bestand ursprünglich aus quer zur Brückenachse auf die drei Längsträger aufgelegten

Zoresprofilen NP11. Darauf war für die 2.50 m breite Strassenfahrbahn ein dünner Strassenkoffer aufgebracht, der einen mehrschichtigen Gussasphaltbelag mit gepflasterten Randstreifen trägt. Die beidseitigen, je 0.95 m breiten Gehwege waren ähnlich, aber einfacher aufgebaut, durch niedrige Randsteine abgegrenzt und mit eisernen, 1 m hohen Staketengeländern gesichert.

Aufgrund der «Verordnung betreffend Berechnung und Untersuchung der eisernen Brücken und Hochbauten der der Aufsicht des Bundes unterstellten Transportanstalten vom 7. Juni 1913», Art. 8, wurde eine gleichmässig verteilte Belastung von 400 kg/m², bzw. ein Wagengewicht von 14 t, oder eine «Walze» von 18 t Gewicht (was wohl als Sondertransport zu verstehen sein kann) als maximale Belastungen festgelegt. Die Fahrbahn war für einspurigen Betrieb im Gegenverkehr ausgelegt, was angesichts des bescheidenen Verkehrsaufkommens ausreichend war. Die Gesamtbreite von 4.4 m und die niedrigen, abgerundeten Randsteine ermöglichen aber dennoch das Kreuzen von kleineren Fahrzeugen auf der Brücke – was häufig auch getan wurde.

Erste Fitnesskur nach 67 Jahren

Seit ihrer Inbetriebnahme stand die Thurbrücke Gütighausen während fast 70 Jahren ununterbrochen unter Verkehr. Die auch in dieser peripheren Region spürbare Zunahme des motorisierten Verkehrs nach dem 2. Weltkrieg und damit verbunden die zunehmende Verwendung von Tausalz hatten die noch eher für Fuhrwerke ausgelegte Fahrbahnplatte zunehmend überbeansprucht. So wurden 1981 die Zoresprofile



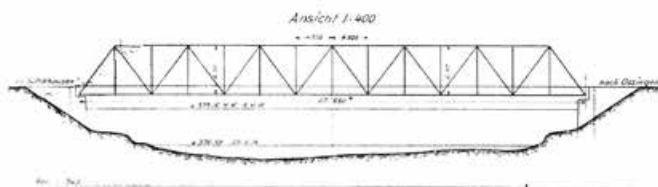
Die Thurbrücke bei Gütighausen ist eine Strassenbrücke, die nur einspurig befahrbar ist. Sie wurde 1988 verlängert.

mit dem gesamten Fahrbahnaufbau ausgebaut und durch eine monolithische, schlaff bewehrte, direkt auf die unteren Längs- und Querträgerbetonierte Stahlbetonplatte ersetzt. Die Fahrbahn- und Gehwegbreiten blieben dabei unverändert, die Asphaltbeläge und Randsteine wurden gemäss dem damaligen Stand der Technik eingebaut. Dieser Umbau tangierte die Stahl-Tragkonstruktion nicht, und auch die Eisen-geländer blieben erhalten. Die Brücke wäre, so die Planung, mit der neuen Fahrbahnplatte während wei-terer Jahrzehnte ohne grössere Interventionen nutz-bar gewesen.

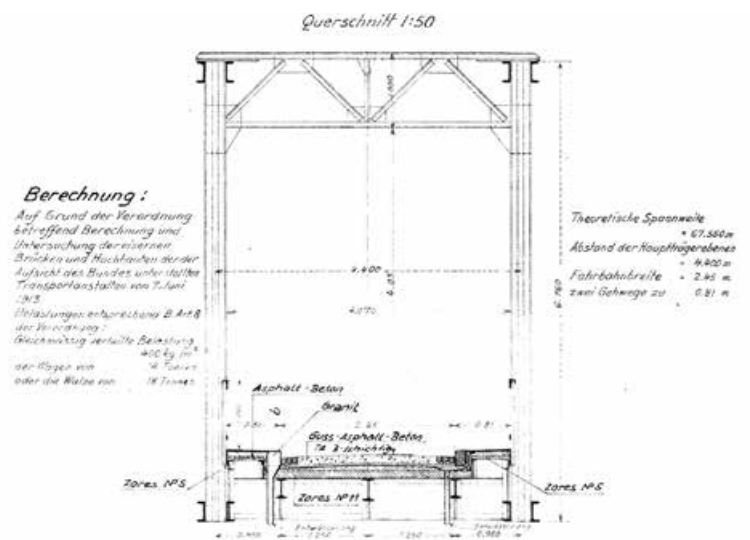
Der widerspenstigen Zähmung folgend

Das ungebärdige Verhalten der Thur (grosse Überschwemmungen sind etwa für 1664, 1755, 1789, 1852, 1876, 1881 und 1883 belegt) liess schon früh Projekte für die Korrektion des unteren Flusslaufs entstehen. Die betroffenen Thurgauer und Zürcher Gemeinden realisierten gemeinsam bereits zwischen 1874 und 1895 eine umfassende Thurkorrektion, die das bis heute bestehende Flussbett in diesen zwei Kantonen fest-legte. Die Dämme dieser grossen Korrektion ragten teilweise wenige Meter über das Umland auf und be-stimmten dann auch die Situation der 1914/1915 erstel-ten neuen Stahlbrücke bei Gütighausen. Dabei musste die Strasse auf der Ossinger Seite auf einem Damm auf Höhe der Dammkrone über das Vorland geführt werden, während das Dorf Gütighausen mit seiner Strassenkreuzung unmittelbar am Flussbett etwas er-höhrt bereits auf Höhe der Dammkrone gelegen ist.

Die Thur war damit aber noch nicht endgültig gebän-digt, denn bei Hochwassern im 20. Jahrhundert (1910,



Ansicht und Querschnitt aus dem historischen Plan von 1914 (Archiv Flückiger + Bosshard).





Der ursprüngliche Damm musste 1988 durch eine Vorlandbrücke ersetzt werden. Das neu gewonnene Land bleibt im Normalfall trocken und kann landwirtschaftlich genutzt werden.

Da zwischen den Enden der Untergurte der beiden Fachwerkträger auf dem neuen Mittelpfeiler nur ein minimaler Abstand besteht, wirken die beiden Brücken optisch wie ein durchgehender Träger.

Die neue Brücke ist aus modernen Walzstahlprofilen, die möglichst ähnliche Proportionen wie die Originalträger aufweisen, aufgebaut. Die Verbindungen wurden im Werk geschweisst, die grösseren Teile auf der Baustelle mit Schrauben verbunden. Das schafft naturgemäss eine etwas andere Optik als für die ursprünglichen genieteten Träger, auch die Knotenbleche und andere Verbindungsteile sind verschieden ausgebildet. Dennoch ist der Gesamteindruck ähnlich.

Die Geländer sind soweit möglich reproduziert worden. Die Fachwerkträger ruhen beim Neubau auf vier Punktlagern – die Reproduktion der ursprünglichen Lager wäre nicht sinnvoll gewesen. Für den Gesamteindruck sind diese wenig einsehbaren Komponenten nicht relevant. Eine weitere Vereinfachung ist, dass die Fahrbahnplatte des neuen Teils nur noch auf zwei statt drei Längsträgern aufliegt – auch diese Komponenten sind wenig einsehbar und für den visuellen Gesamteindruck nicht relevant.

Die Fahrbahnplatte ist auch beim Neubau aus schlaff bewehrtem Stahlbeton ausgeführt. Sie ist rund 10 cm breiter, insgesamt aber gleich unterteilt wie bei der alten Brücke. Bei der Verlängerung der Brücke war der Umbau des alten Widerlagers Seite Ossingen in einen Mittelpfeiler bautechnisch anspruchsvoll. Die alte, flach fundierte Stampfbetonkonstruktion wurde in eine teilweise auf Pfählen fundierte Stahlbetonstruktur umgebaut, und auf der Seite Ossingen musste ein neues Widerlager in Stahlbeton erstellt werden.

Beide Brücken sind 1997/98 umfassend überprüft worden. Dabei stellte sich heraus, dass an der über 80jährigen alten Brücke der Korrosionsschutz das Ende seiner Nutzungsdauer erreicht hat und einige Korrosionsschäden aufgetreten sind. Generell war die Stahlkonstruktion in Anbetracht ihres Alters aber noch in gutem Zustand. In der Folge ist der Korrosionsschutz der alten Brücke vollständig ersetzt worden. An der neuen Brücke wurde der Deckanstrich erneuert. Mit diesen Massnahmen konnte die Farbe der beiden Brücken angeglichen werden, so dass ein auffälliger Unterschied zwischen den beiden Bauwerken weggefallen ist. (mb)

Literatur

Schweizer Bauzeitung, «Einsturz der eisernen Strassenbrücke bei Gütighausen», Nr. 21 1913, S. 283 / Nr. 22 1013, S. 298; «Neubau der Thurbrücke bei Gütighausen», Nr. 14 1916, S. 172–173, Prof. A. Rohn

Bildnachweise

Dietrich Michael Weidmann, Uster (wikimedia.commons)

Ort Thalheim an der Thur (Teilort Gütighausen) (ZH)

Bauherrschaft Kanton Zürich

Ingenieure Löhle & Kern, Zürich (Brücke von 1915); Flückiger + Bosshard, Zürich (Brücke von 1988)

Stahlbau Löhle & Kern, Zürich (Brücke von 1915); Tuchschild, Frauenfeld (Brücke von 1988)

Konstruktionstypologie Fachwerk als einfacher Balken

Spannweite 67,5 m (Brücke von 1915); 29 m (Brücke von 1988)

Stahlsorten Flussstahl (Brücke von 1915); Walzstahl (Brücke von 1988)

Baujahr 1915; Erweiterungsjahr 1988

«Schweizer Bahnbrücken»

Der Schweizer Brückenbau geniesst höchstes internationales Ansehen. Das bei Scheidegger-Spiess erschienene Buch «Schweizer Bahnbrücken» der SBB Fachstelle für Denkmalpflege und der Gesellschaft für Schweizerische Kunstgeschichte GSK stellt rund 100 der wichtigsten Bahnbrücken vor. Sie zählen zu den wichtigsten Kulturgütern der Schweiz.

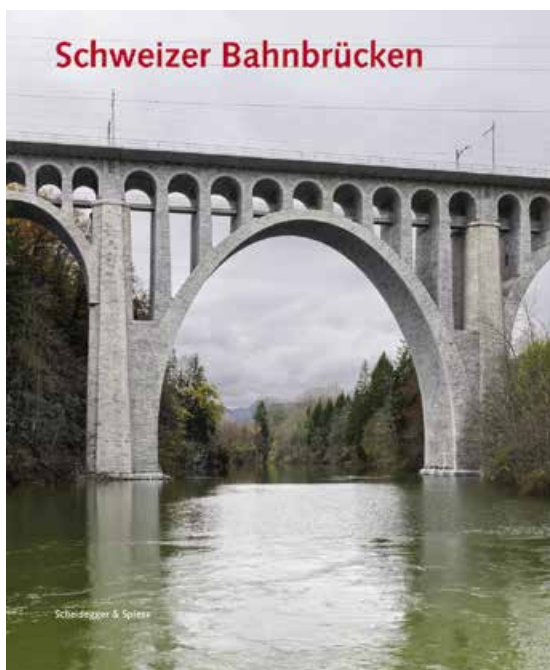
Die Schweiz mit ihrer typischen Topografie und ihrem dichten Verkehrsnetz ist ein Brückenland, das höchstes internationales Ansehen geniesst. Allein die SBB besitzen 6000 Brücken, von denen manche zu den besten Bauten gehören, die in den letzten 160 Jahren in der Schweiz entstanden. Alle diese Brücken zeugen von der Geschichte des Ingenieurwesens. Sie zeigen auf, wie sich konstruktives Wissen, der Umgang mit Materialien, die industrielle Produktion und ästhetische Auffassungen entwickelt haben. Damit sind die Brücken ein lebendiges Archiv, ein «Genpool» von Konstruktionsarten sozusagen, die es lohnt, genauer anzuschauen. Gerade dieser Aspekt macht das Buch «Schweizer Bahnbrücken» nicht nur für Fachleute aus der Planerschaft, sondern auch für interessierte Laien, Studierende im Bauingenieurwesen oder Unternehmen im Bereich des Stahlbaus wertvoll.

Das Buch «Schweizer Bahnbrücken» präsentiert rund 100 wichtige Eisenbahnbrücken, 21 davon umfangreich beschrieben und mit neuen Fotografien von Georg Aerni dokumentiert. Mehr als die Hälfte der Brücken-

auswahl besteht aus einer reinen oder im Verbund konstruierten Stahlkonstruktion – und viele der heute als Stein- oder Betonkonstruktion gebauten Brücken waren ursprünglich aus Stahl konstruiert.

Ergänzt mit Plänen, Archivbildern sowie technischen und geografischen Angaben, zeichnet das Buch die Geschichte des Bahnbrückenbaus in der Schweiz nach, beschäftigt sich mit Fragen der Denkmalpflege und enthält ein Glossar der technischen Begriffe. Ein Augenöffner: Wer das Buch gelesen hat, wird die Schönheit der Brücken neu wahrnehmen.

Beispielhaft für die präsentierten Brücken und ihre ausführlichen Texte stehen in diesem steeldoc zwei Stahlbrücken: der Bietschtalviadukt (S. 12–15) und die Aarebrücke in Koblenz (S. 16–19). Wir durften sie in diesem steeldoc ausführlich aufnehmen und ausserdem auch die Fotos von Georg Aerni verwenden (vgl. Editorial). Zu Georg Aernis schönen Fotos gehören auch die Isornobrücke auf S. 6 und die Ossingerbrücke rechts. (cvr)



Schweizer Bahnbrücken

1. Auflage, 2013; gebunden, 240 Seiten, 160 farbige und 171 sw Abbildungen und Pläne
Format 22 x 27 cm
ISBN 978-3-85881-393-0
Architektur- und Technikgeschichte der Eisenbahnen in der Schweiz, Band 5
Scheidegger-Spiess Verlag / www.scheidegger-spiess.ch

Mit Beiträgen von Jürg Conzett, Jean-Jacques Reber und Ruedi Weidmann, Eugen Brühwiler, Helmut Heimann und Lorenzo Sabato, Aldo Rota und Clementine van Rooden.
Fotografien von Georg Aerni.

Buchcover (Scheidegger-Spiess Verlag)



Die Thurbrücke Ossingen von 1875 ist die letzte Schweizer Bahnbrücke mit eisernen Pfeilern, die noch in Betrieb ist. Sie ist zudem mit einer Gesamtlänge von 332 m und einer Höhe von 42 m die grösste historische Stahlbrücke der Schweiz. (Foto: Georg Aerni)

Übersichtstabellen

Das Eisenbahndepartement erliess 1892 die ersten eidgenössische Brückenbauverordnung, die als Auslöser der Schweizer Normierung im Bereich der Tragwerke und als Vorläufer der heutigen SIA-Normen betrachtet werden kann.

Nach dieser strengen Verordnung mussten sämtliche Eisenbrücken nachgerechnet werden, was zu umfangreichen Verstärkungen und konstruktiven Änderungen an bestehenden Brücken führte. Ausgelöst wurde diese Massnahme ein Jahr zuvor durch den

Einsturz der Birsbrücke bei Münchenstein von 1875. Dieses Unglück schreckte auch die Fachwelt auf. Es wurde daraufhin verstärkt Forschung betrieben (Tetmajers Knickversuche) und bestehende Bauten wurden intensiver überwacht. (cvt)

Tabelle 2

Übersicht Stahlbaunormen und -verordnungen aus der Schweiz

Jahrgang	Titel	Nachweisverfahren
1892	Verordnung betr. Berechnung und Prüfung der eisernen Brücken- und Dachkonstruktionen auf den schweizerischen Eisenbahnen	Zulässige Spannungen
1895	Allgemeine Bedingungen und Technische Vorschriften für die Berechnung von eisernen Brücken- und Dachkonstruktionen	Zulässige Spannungen
1913	Verordnung betr. Berechnung und Untersuchung der eisernen Brücken und Hochbauten der der Aufsicht des Bundes unterstellten Transportanstalten	Zulässige Spannungen
1935	SIA 112, Normen für die Berechnung, Ausführung und den Unterhalt der Bauten aus Stahl, Beton und Eisenbeton	Zulässige Spannungen je nach Lastfall
1942	SIA 112, Normen für die Berechnung, Ausführung und den Unterhalt der Bauten aus Stahl, Beton und Eisenbeton; Abänderungen Art. 67, 87, 109, 110 und 112	Zulässige Spannungen je nach Lastfall
1946	SIA 112/II Entwurf Normen für die Berechnung, die Ausführung und den Unterhalt der Bauten aus Stahl, Beton, Eisenbeton und Holz	Zulässige Spannungen je nach Bauwerksklasse und Belastungsfall
1956	SIA 161, Normen für die Berechnung und die Ausführung von Stahlbauten	Zulässige Spannungen je nach Bauwerksklasse und Belastungsfall
1974	SIA 161, Stahlbauten	Zulässige Spannungen je nach Bauwerksklasse und Belastungsfall
1979	SIA 161, Stahlbauten	Tragfähigkeit, Gebrauchsfähigkeit, Alternativ: Anhang III Zul. Spannungen analog zu 1974
1990	SIA 161, Stahlbauten	Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit
2003	SIA 263, Stahlbau	Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit
2013	SIA 263, Stahlbau	Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit

Quelle: Buch Tragwerksnormen 1892 – 1956 SIA

Vorgehen für die Erhaltung von Tragwerken gemäss Norm SIA 269, 269/1 und 269/3, Überprüfung, Werkstoffe, Nachweisverfahren, Anforderungen
Beschreibung der Stähle siehe auch Anhang A Norm SIA 269/3

Weitere Informationen: Forschungsbericht 271 der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin, 2005
Buchhinweis: Ines Prokop, Vom Eisenbau zum Stahlbau – Tragwerke und ihre Protagonisten in Berlin 1850 – 1925, 2012

Tabelle 3

Übersicht Stahl ab 1956

Stahlbezeichnung	Norm SIA [Jahr (Norm)]	f_{yk} ³⁾ [N/mm ²]	σ_{zul} ^{4) 5)} [N/mm ²]	Nachweisverfahren
St 37	1956 (161)	235	84 – 180	Zulässige Spannung (je nach Bauwerksklasse und Belastungsfall)
St 52		355		Erhöhung im Verhältnis entsprechend der Zunahme der Streckgrenze und Ursprungsfestigkeit
St 24/37	1974 (161)	235	86 – 180	Zulässige Spannung (je nach Bauwerksklasse und Belastungsfall)
St 36/52		355	94 – 270	
Fe 360	1979 (161)	235	86 – 180	Beide Verfahren: Tragfähigkeit und Gebrauchsfähigkeit / Zul. Spannungen möglich (Alternativ)
Fe 510		355	94 – 270	
Fe E 235	1990 (161)	235		Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit
Fe E 355		355		
S 235	2003 (263)	235		Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit
S 355		355		
S 235	2013 (263)	235		Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit
S 355		355		

³⁾ Werte jeweils für $t \leq 40$ mm, gemäss Norm SIA 269/3

⁴⁾ Zulässige Spannungen sind rein informativ, diese können nur zusammen mit den jeweiligen Normen beurteilt werden.

⁵⁾ Spannungen abhängig von Belastungsfall, Bauwerksklasse, Grenzwerte der Beanspruchung, Schwellbelastung

Impressum

steeldoc 03+04/13, Dezember 2013
Historische Stahlbrücken
Doppelnummer

Herausgeber:
SZS Stahlbau Zentrum Schweiz, Zürich / www.szs.ch
Evelyn C. Frisch, Direktorin

Redaktion und Layout:
Clementine van Rooden; Evelyn C. Frisch (Schlussredaktion),
Antonio Ferrarese (technische Ergänzungen und Tabellen)

Texte:
Clementine van Rooden (cvr), dipl. Bauing. ETH, Fachjournalistin
BR; Eugen Brühwiler (eb): Prof. Dr. dipl. Ing. ETH/SIA/IVBH,
Professur für Erhaltung und Sicherheit von Bauwerken, EPF
Lausanne, Vize-Präsident der Gesellschaft für Ingenieurbaukunst
(www.ingbaukunst.ch); Max Bosshard (mb): dipl. Bauing. ETH
SIA; Marlène Plätzer (mp), dipl. Bauing. FH

Bild- und Plannachweise:
Titel: Georg Aerni
Editorial: Clementine van Rooden
Einzelne Artikel: siehe Anhang der Artikel bzw. Planlegenden

Quellen:
Dokumentation der Eisenbahnbrücken Bietschtalviadukt und
Aarebrücke Koblenz (mit Fotos von Georg Aerni) mit freundlicher
Genehmigung SBB Fachstelle für Denkmalpflege und der Gesell-
schaft für Schweizerische Kunstgeschichte GSK aus «Schweizer
Bahnbrücken», Verlag Scheidegger-Spiess, 2013.
Die übrigen Informationen und Pläne stammen von den Planungs-
büros.

Designkonzept:
Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zürich

Administration, Abonnemente, Versand:
Stahlbau Zentrum Schweiz, Zürich

Druckvorstufe und Druck:
Kalt Medien AG, Zug

ISSN 0255-3104

Jahresabonnement Inland CHF 48.– / Ausland CHF 60.–
Einzelexemplar CHF 15.– / Doppelnummer CHF 25.–
Preisänderungen vorbehalten.

Bauen in Stahl / steeldoc© ist die Bautendokumentation des
Stahlbau Zentrums Schweiz und erscheint viermal jährlich
in deutscher und französischer Sprache. Mitglieder des SZS
erhalten das Jahresabonnement und die technischen
Informationen des SZS gratis.

Die Rechte der Veröffentlichung der Bauten bleiben den
Architekten vorbehalten, das Copyright der Fotos liegt bei den
Fotografen. Ein Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit
schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und bei deutlicher
Quellenangabe gestattet.



Stahlbau Zentrum Schweiz
Centre suisse de la construction métallique
Centro svizzero per la costruzione in acciaio

Seefeldstrasse 25
CH-8008 Zürich
Tel. 044 261 89 80
Fax 044 262 09 62
info@szs.ch | www.szs.ch