

SPEZIAL

DRUNTER UND DRÜBER



Brücken für Modellbahner

**GRUNDLAGEN ● VORBILD + MODELL ● AUSFÜHRLICHE
PLÄNE ● SELBSTBAU ● ÜBERBLICK: BRÜCKENBAUSÄTZE**

DRUNTER UND DRÜBER

Modellbahner brauchen Brücken. Aber welche? In ihrer Konstruktion sollten Modellbahnbrücken den Vorbildern entsprechen, obwohl für sie andere Konstruktionsprinzipien gelten könnten als im großen. Außerdem haben Modellbahnbrücken in der Regel bescheidene Spannweiten, 40 Zentimeter in H0 wirken schon recht mächtig. Ganz alltägliche Brücken, vorbildähnlich konstruiert und auf geringem Platz optisch überzeugend postiert: Das wünscht der Modellbahner, der nicht unbedingt ein spezieller Brückenfan ist. Für ihn haben wir dieses Heft gemacht.

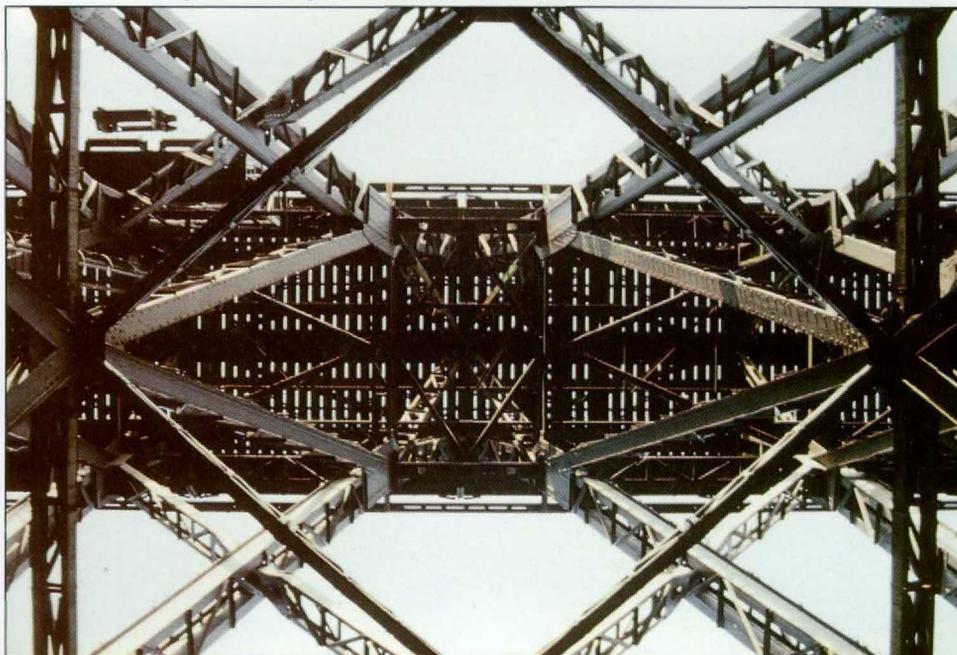
Grundlagenartikel, verschiedene Bauanregungen und Berichte aus der Selbstbaupraxis bestimmen das Gesicht der MIBA-Spezial-Ausgaben. Ab diesem Heft kommt eine ständige Rubrik hinzu: Im „Spezial-Service“ geben wir eine Übersicht über handelsübliche Produkte, hier über Brückenbausätze.

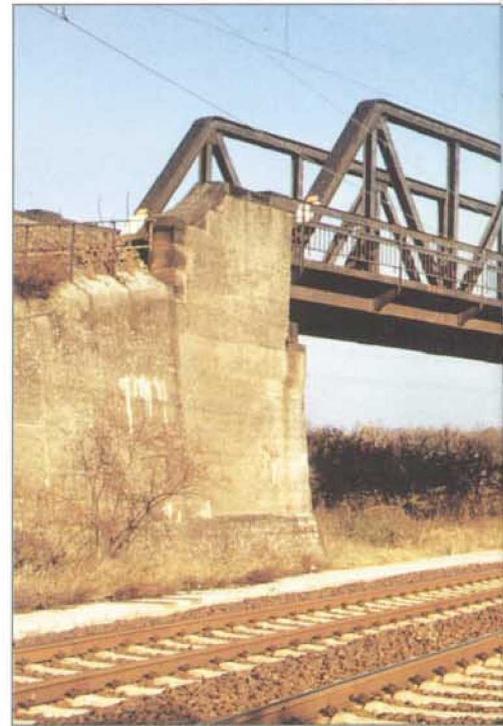
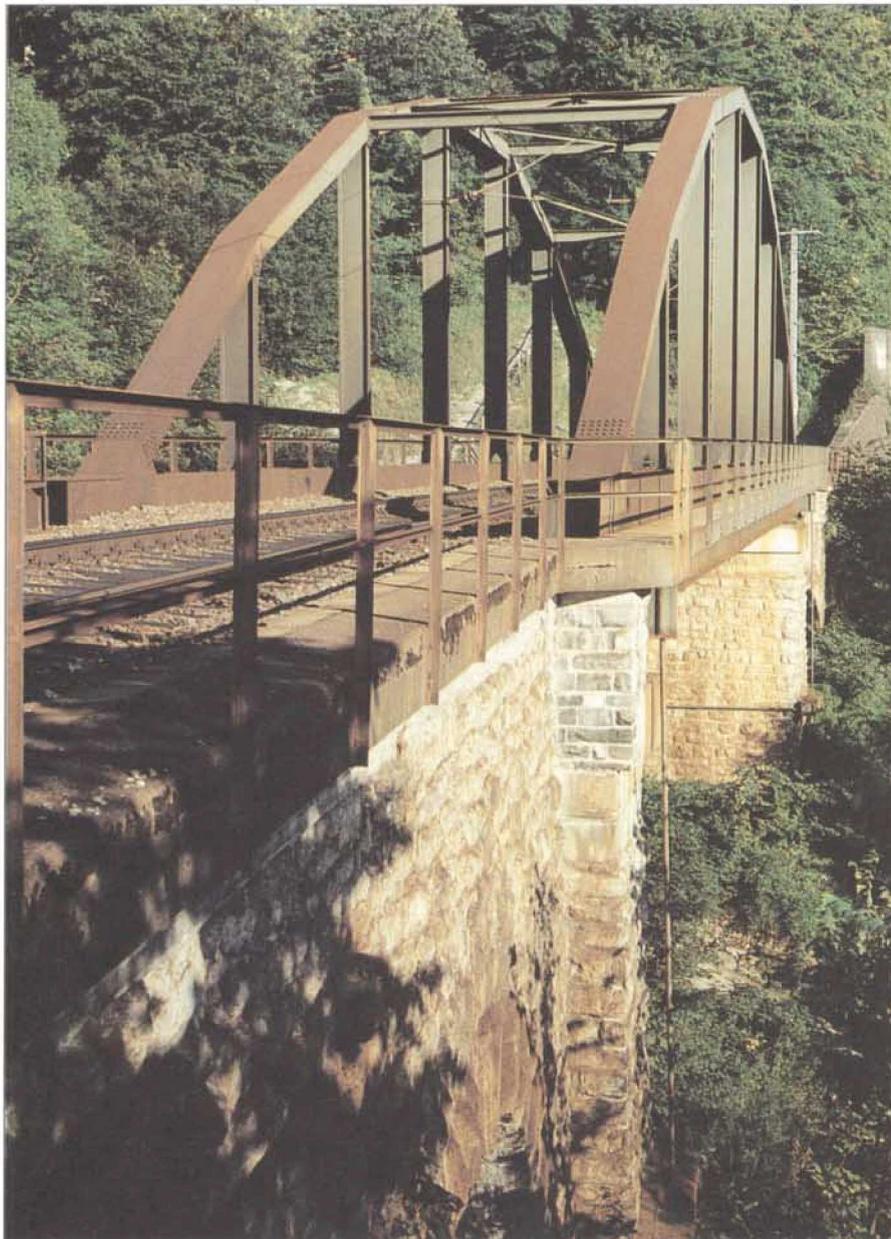
In Zukunft wird dieses Magazin im Magazin aber auch über Modellbahnspezialitäten berichten, besonders über die kleinen Dinge und Kniffe, die den Selbstbau erleichtern und Selbstgebautes individuell erscheinen lassen.

Beim Modellbrückenbau geht es oft im schlechten Sinn drunter und drüber. Was man alles falsch machen kann, ist mir erst bei der Redaktion des Grundlagenartikels von Gebhard J. Weiß aufgegangen. Aber keine Angst. Niemand soll seine mehr oder weniger „falschen“ Brücken auf den Müll werfen. Seien Sie tolerant gegen sich selbst und Ihre Modellbahnkollegen. Falls Sie aber in Zukunft vorbildentsprechende Modellbrücken planen und bauen wollen, finden Sie in diesem Heft genügend Anregungen dafür.

bl

Ein Detail der großen Müngstener Wupperbrücke, aufgenommen von Gebhard J. Weiß.

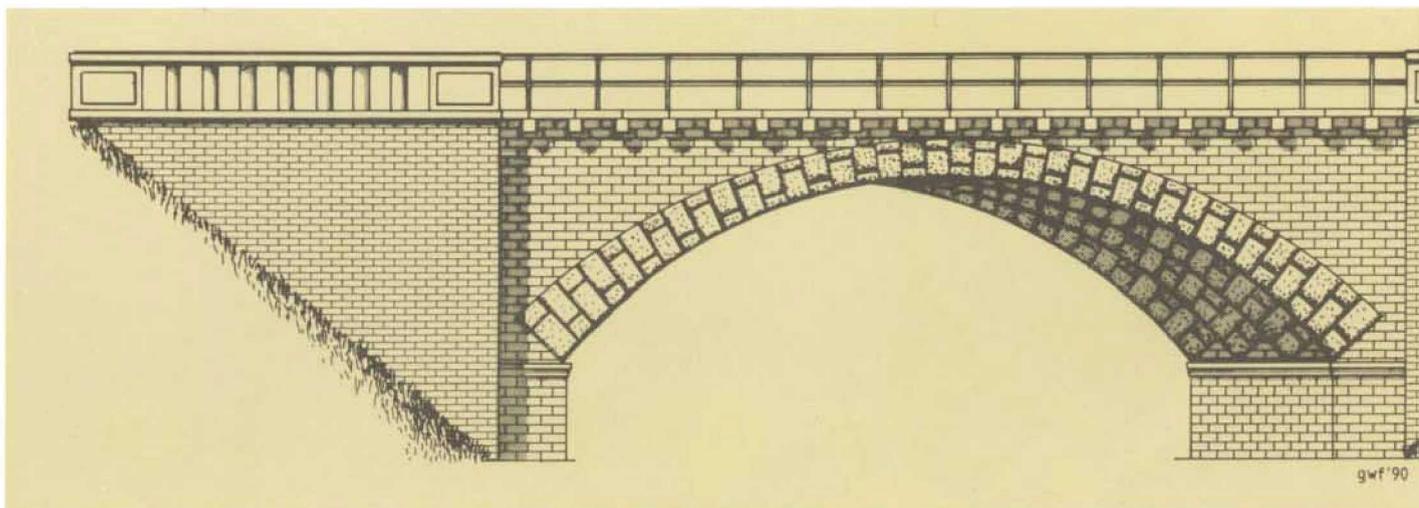




Seite 6: Den Hauptbeitrag in diesem Heft hat Gebhard J. Weiß verfaßt. Bei ihm lag auch die fachliche Beratung der Redaktion „Brücken: Wie sie aussehen — warum sie tragen“. Hier geht es um die Vorbildtechnik, deren Prinzipien auch bei Modellbrücken beachtet sein wollen. Foto dieser extravaganten Fachwerkbrücke: Gebhard J. Weiß

Seite 78: Schanatobel-Brücke im Inntal. Hans-Joachim Scholz hat sie fotografiert und gezeichnet. Für Vorbild-Verhältnisse eher moderat, auf Modellbahnanlagen aber schon ein imposantes Bauwerk. Foto: Hans-Joachim Scholz

Nicht nur Fotos illustrieren diesen Grundlagenartikel, sondern auch viele Zeichnungen des Autors. Modellbahner lernen außerdem die Hauptfehler des Modellbrückenbaues kennen.





MIBA

SPEZIAL

DER INHALT VON HEFT 4:

ZUR SACHE

Drunter und drüber

3

VORBILD + MODELL

Vier Brückenpläne

50

Schanatobel-Brücke im Inntal

78

GRUNDLAGEN

Brücken: Wie sie aussehen —
warum sie tragen

6

BILDSEITE

Zwei große Strombrücken

22

Viadukt im Bau

96

SELBSTBAU-PRAXIS

Überführung im Vorfeld

58

Brücken-Zoll

65

Viergleisig über die Straße

66

PARTNER VOM FACH

98

VORSCHAU

106

spezialMAGAZIN

Brücken von der Stange

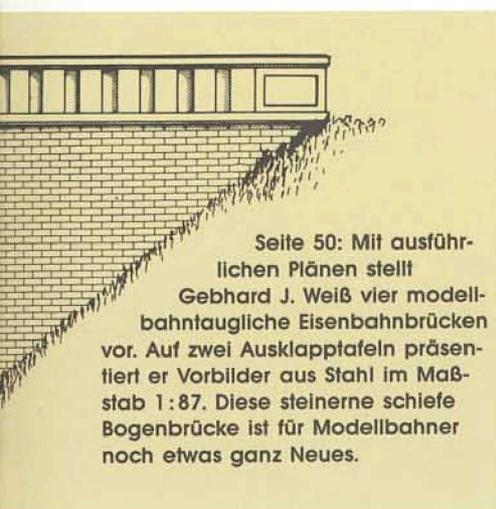
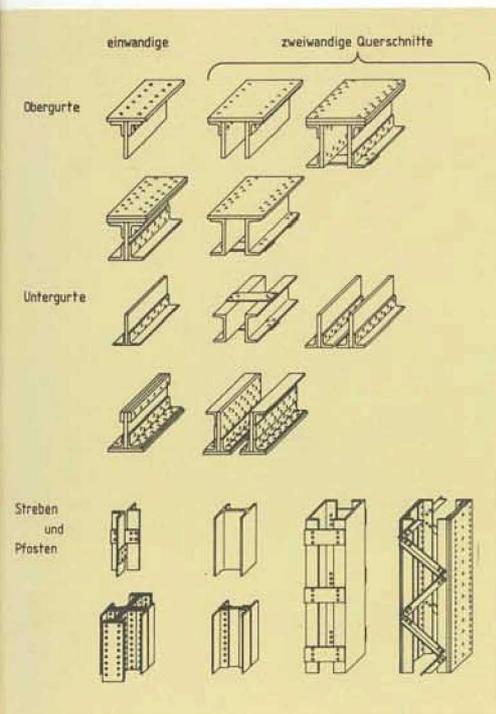
70

Bücherbrett

76

IMPRESSUM

106



Seite 50: Mit ausführlichen Plänen stellt Gebhard J. Weiß vier modellbahntaugliche Eisenbahnbrücken vor. Auf zwei Ausklapptafeln präsentiert er Vorbilder aus Stahl im Maßstab 1:87. Diese steinerne schiefe Bogenbrücke ist für Modellbahner noch etwas ganz Neues.



Seite 58, Baubericht: Rolf Knipper hat die Pola-Straßenbrücke verlängert.

Titelbild: Neckarbrücke in Neckargemünd für die Bahn und darunter für Fußgänger und Radfahrer. Foto: Dieter Kempf

BRÜCKEN: WIE SIE AUSSEHEN WARUM SIE TRAGEN



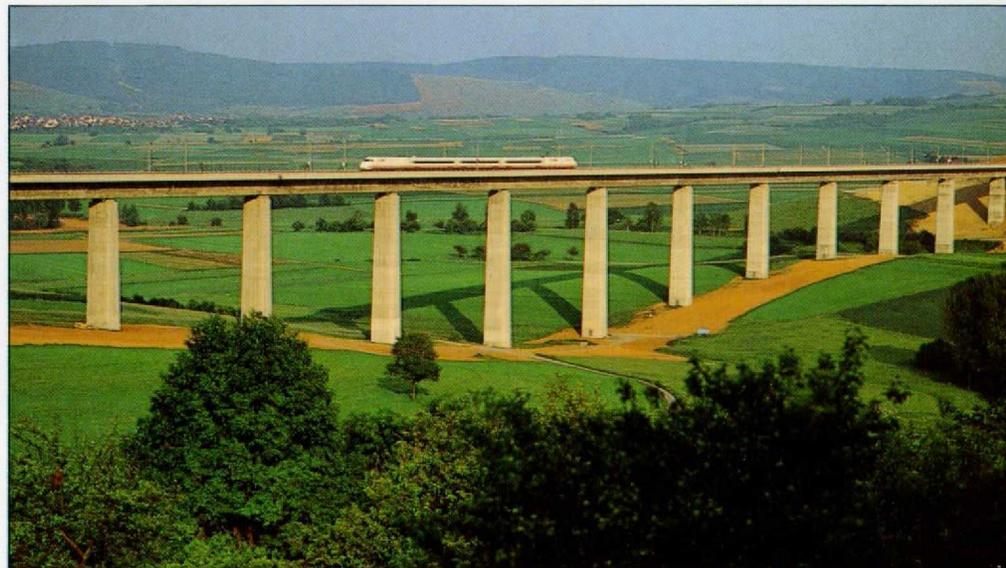
Verkehrswege stoßen auf Hindernisse. Die kann man in vielen Fällen weiträumig umgehen. Spätestens seit der Erfindung der Eisenbahn gilt jedoch: „Kürzester Weg – bester Weg“. Daher ist das Eisenbahnzeitalter auch das Zeitalter der Brücken, ganz gleich, ob sie als einfacher Durchlaß einen Wassergraben übersetzen oder ob sie über einen tiefen Taleinschnitt hinwegführen.

Als gelernter Bauingenieur behandelt Gebhard J. Weiß hier kompetent die Grundlagen des Brückenbaues. Als Modellbahner hütet er sich, dabei theoretisch abzuheben. Denn es geht in diesem Artikel ja darum, das Vorbild so darzustellen, daß Modellbahner es plausibel nachgestalten können.

von Gebhard J. Weiß

Die ersten Eisenbahnbrücken bestanden aus den bekannten Materialien Holz oder Stein. Seit der Antike kann man durch Bogengewölbe beachtliche Spannweiten überbrücken, wobei kleinformartige Natursteine oder Ziegel als Baumaterial ausreichen. Weil die Eisen- und Stahltechnik damals noch nicht weit genug entwickelt und außerdem zu teuer war, sind Steingewölbe am Anfang des Eisenbahnzeitalters die am weitesten verbreitete Bauform. Gegen den damals auch verwendeten Holzbau sprechen Witterungsempfindlichkeit und Feueranfälligkeit des Holzes.

Im Laufe des 19. Jahrhunderts verbesserte sich die Qualität von Eisenprodukten in raschen Schrit-



ten, und deren Herstellungskosten wurden akzeptabel. Also setzte sich die Eisen- oder Stahlbrücke ab der Mitte des 19. Jahrhunderts immer mehr durch.

Eine ernsthafte Konkurrentin erhielt die Brücke aus Eisen oder Stahl durch die aus Beton. Mit diesem ansich formlosen Gemisch aus Zement, Kies und Wasser lassen sich Brücken nach dem Muster von gewölbten Steinbrücken herstellen. Anstatt auf den Gewölbeschalungen Stein an Stein zu mauern, wird die Schalung nun ausgegossen und der Beton durch Stampfen verdichtet.

Im letzten Viertel des vergangenen Jahrhunderts entwickelte sich die Stahlbetonbauweise. In die Betonmasse eingelagerten Stahlstäbe nehmen die Zugkräfte auf. Die letzte Stufe der Entwicklung markiert der

Spannbeton, bei dem die eingelagerten Stähle mit großer Kraft vorgespannt sind. Diese Technik vergrößert die Brückenspannweiten noch einmal beträchtlich.

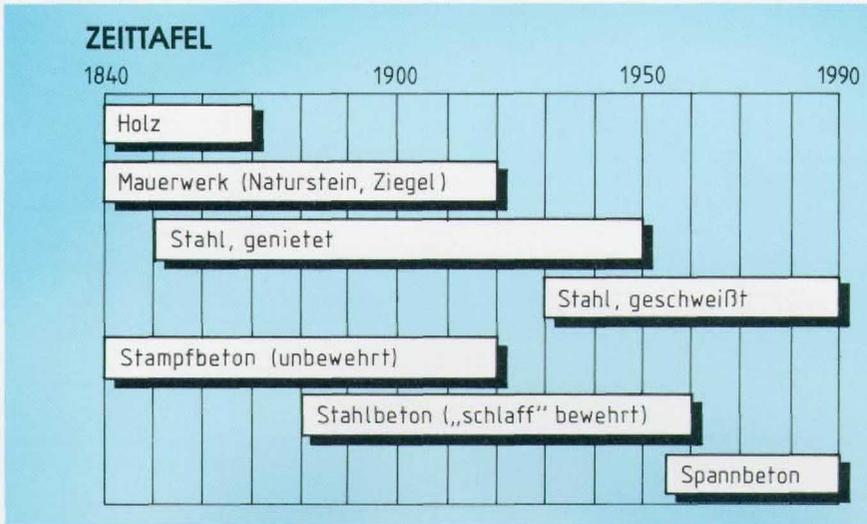
Naturstein und Ziegel

Die Ästhetik von Naturstein- und Ziegelmauern ist unbestritten. Auch sehr betagtes, verwittertes und bemoohtes Mauerwerk sieht noch gut aus, zumindest verglichen mit abblätterndem Beton mit seinen Kalk- und Rostfahnen. Auch hatten viele der Baumeister ein ausgeprägtes Gefühl für Proportionen, so daß alte Steinbrücken oft sehr elegante und schöne Bauwerke sind. Simse, Ecklisenen und anderer Zierrat wurden bewußt eingesetzt. Oft schmücken profilierte steinerne Brüstungen

Linke Seite: Eine äußerst interessante Konstruktion ist die Moselbrücke in Bullay: Oben Eisenbahn – unten Straße! 181 205 befährt dieses sehr markante Bauwerk vor dem D 2052 Frankfurt – Luxemburg am 31.5.1985.

Oben: Die kleine steinerne Niddabrücke bei Frankfurt-Nied entstand bereits um das Jahr 1850. Sie ist mit ihren flachen Segmentbögen auch ein sehr dankbares Modellbahn-Vorbild!

Unten: Ganz andere Dimensionen hat die interessante Bartelsgraben - Talbrücke der Neubaustrecke Würzburg – Fulda, die hier anlässlich der Streckeneinweihung am 28.5.1988 von der ICE-Garnitur befahren wird. Fotos: Dieter Kempf



oder gar allegorische Figuren die Bauwerke, was dem Zeitgeist entspricht. Die menschliche Arbeitskraft wurde damals noch gewaltig unterbezahlt, und ein Heer von Steinhauern oder Ziegelstreichern, Mauern und Handlangern war in den Steinbrüchen, in den Lehmgruben und an den Baustellen beschäftigt. Massive Steinbauten wären heute extrem teuer. Wo bei modernen Brücken Mauerwerk verwendet wird, handelt es sich meist um Verblendmauerwerk vor der tragenden Betonkonstruktion.

Hölzerne Eisenbahnbrücken nicht nur im wilden Westen

Eine Holzfachwerkbrücke aus dem Jahr 1851 überspannt noch heute die Iller bei Kempten. Allerdings dient diese Brücke seit 1911 nicht mehr dem Eisenbahnverkehr. Immerhin hat der Hauptträger eine Spannweite von 53 Metern! In Europa wurden die Holzbrücken bald durch dauerhaftere Konstruktionen ersetzt.

In den USA herrschten bei der Erschließung des Westens aber ganz

andere Bedingungen. Die Bahnlinien wurden zunächst einmal mit den billigsten Mitteln gebaut. Nach einigen Jahren, wenn die Strecke begann, Gewinn abzuwerfen, konnte man die Bauwerke ja immer noch verbessern. So entstand in den Jahren von 1850 bis 1900 immer noch eine ganze Reihe hölzerner Interimsbrücken. Die meist verbreitete Bauform waren sog. „Trestles“, hölzerner Gerüste mit vielen enggestellten Ständern und Fahrbahnrägern kleiner Spannweite. In späteren Jahren traten an deren Stelle dauerhaftere Stahlbrücken oder geschüttete Dämme.

Stahl – die Offenbarung im Brückenbau

Noch vor Beginn der Eisenbahnepoche gab es bereits Brücken aus Gußeisen. Dieser Werkstoff hat eine hohe Druckfestigkeit, hält aber nur geringe Zugkräfte aus. Seine Verwendung beschränkt sich also auf die druckbelasteten Bögen und Stützen für kleinere Bauwerke.

Gußeisen wurde seit 1840 vom zähen, zugfesten Schmiede- und Flußeisen abgelöst. Noch bessere Eigenschaften hat der Stahl. Etwa ab 1860 lernte man auch in Deutschland, ihn zu Profilen, Schienen und Blechen zu walzen.



Theorie für die Praxis

Um Kosten und Sicherheitsrisiken zu minimieren, bedurfte es einer wissenschaftlich abgesicherten Konstruktionslehre für Brücken. So entstand das Lehrgebäude der Baustatik. Ende des letzten Jahrhunderts war auch der Druck des Windes, der einer Brücke zusetzen kann, rechnerisch im Griff. Wissenschaftlich untersucht wurden nun auch die Baumaterialien selbst. So ergaben sich verbindliche Regeln für Konstruktion und Materialqualität. „Pi mal Daumen“ bei der Brückenkonstruktion, damit war es jetzt endgültig vorbei.

Fast wie im Wilden Westen: Ein Schmalspurzug überquert eine Holzbrücke bei Jajce (Jugoslawien) – 760 mm. Die Pfeiler aus kräftigen Balken stehen im Wasser und sind – wohl zum Schutz vor Eisgang – mit steingefüllten Kisten umgeben. Foto: Herbert Stemmler

Nieten und schweißen

Seit alters her werden Metallteile durch Nieten verbunden. Beim Eisen- und Stahlbau werden Nietlöcher in die zu verbindenden Teile gebohrt. Die Nieten, Stahlbolzen mit pilzförmigem Kopf, werden auf Rotglut erhitzt, heiß durch die Löcher gesteckt und mit Hammerschlägen gestaucht. Der dabei angeformte zweite Pilzkopf hält die Verbindung nach dem Abkühlen bombenfest zusammen.

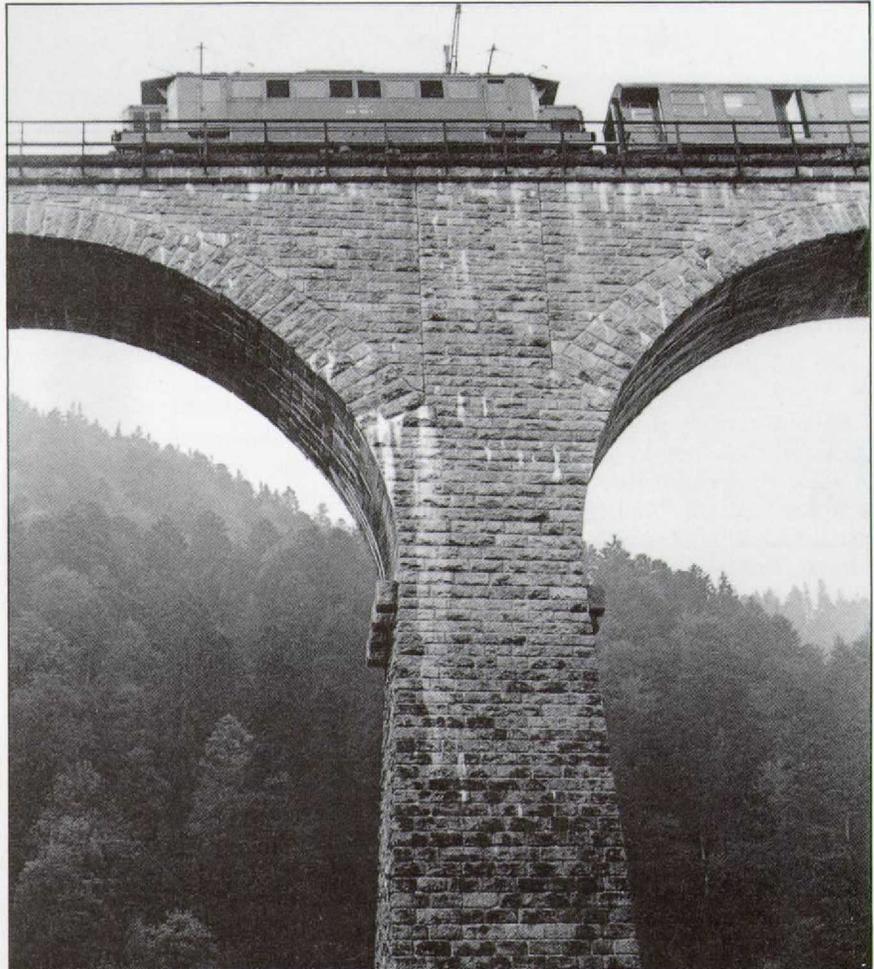
Wesentlich weniger Arbeitszeit kostet das Schweißen, das sich seit den dreißiger Jahren durchsetzte. Träger und Bleche werden mittels eines Lichtbogens miteinander verschmolzen. Weil das Verbindungselement Niet dabei nicht gebraucht wird verringert sich das Gewicht der Konstruktion erheblich.

Beton – der Universalwerkstoff

Gußbeton ist eigentlich eine ganz alte Sache. Schon die Römer überspannten damit ihre Thermen, indem sie ein feuchtes Gemisch aus Ziegelbruch und besonderem Mörtel auf einer hölzernen Gewölbeschalung aufbrachten. Nachdem dieser Beton trocken und tragfähig geworden war, konnte die Schalung entfernt werden.

Armierter Beton...

Guß- (oder Stampf-) Beton gehorcht den Gesetzen des traditionellen Gewölbebaues, denn dieses Material hat eine hohe Druckfestigkeit. Gegen Zugkräfte ist es jedoch äußerst empfindlich. Es fehlte also noch die zündende Idee des Franzosen Monier, der anfangs des 19. Jahrhunderts erstmals eine Bewehrung aus Draht vorsah um aus Beton haltbare Blumenkübel zu fertigen. Das Prinzip wurde vervollkommen, und man lernte, in ein Betonbauteil gezielt dort Bewehrungseisen einzulegen, wo Zugbeanspruchungen zu erwarten sind: Der Stahlbeton war geboren. Weiterentwicklungen in der Zementtechnologie verhalfen dem neuen Werkstoff spätestens etwa ab 1900 endgültig zum Durchbruch, und es gab dann nichts, was man nicht in Beton hätte bauen können:



Granitmauerwerk an der Ravennabrücke der Höllentalbahn. Die aus dem Pfeiler herausragenden Kragsteine dienten beim Bau zur Auflage der Lehrgerüste. Die Bogen- gewölbe beginnen deutlich erkennbar in verschiedener Höhe. Steigung 1:19, das entspricht ungefähr 5%. Foto: Herbert Stemmler.

Gebäudedecken, Talsperren, Brücken, aber auch die Bunker der Maginotlinie und des Atlantikwalls.

... und Spannbeton

Vorläufiger Endpunkt des Betonbaues ist die Spannbetontechnik. Der Unterschied zum gewöhnlichen Stahlbeton besteht darin, daß man zusätzlich zu den normalen Bewehrungseisen auch Hüllrohre mit eingelegten hochfesten Stahllitzen einbetoniert. Noch in der Schalung spannt man die hochfesten Kabelbündel mit Hilfe hydraulischer Pressen mit einigen 100 Tonnen Zug gegen den erhärteten Beton an. Dadurch wird er buchstäblich unter Druck gesetzt, und mit derart vorgespanntem Beton kann man auch sehr große Spannweiten überbrücken. Stahlbeton mit „schlaffer“, also nicht vorgespannter Bewehrung hat

demgegenüber immer den Nachteil, daß sich in den auf Zug belasteten Bauteilen feinste Risse bilden können. In ungünstigen Fällen kann dadurch die Stahlarmierung vom Rost zerstört werden. Mit der Vorspannung läßt sich dies sicher vermeiden. Heute ist Stahl- und Spannbeton fast zum Universalbaustoff geworden: Die rationelle Baumethode und die Tatsache, daß das fertige Bauwerk nicht regelmäßig gewartet werden muß, machen Betonbrücken äußerst wirtschaftlich. In ästhetischer Hinsicht nachteilig ist bei Betonbauwerken neben dem häßlichen Aussehen verwitterter Betonoberflächen in vielen Fällen die Maßstabslosigkeit der Konstruktion, also die Verwendung von klobigen, ungegliederten Baukörpern. Vielleicht sind Brücken aus anderen Materialien deshalb im Modell wesentlich häufiger zu finden.

PRINZIPIELLES ÜBER TRAGWERKE

Der Zweck einer Brücke ist klar: Einen Verkehrsweg – in unserem Fall ein oder mehrere Eisenbahngleise – über ein Hindernis hinwegzutragen. Wie dies geschieht, ist Sache der prinzipiellen Konstruktion des Tragwerks, der eigentlichen Brücke also. Man unterscheidet vier Grundformen mit unterschiedlichem Tragverhalten: Balken, Rahmen, Bogen, Hängewerk.

Balkenbrücken: Thema mit Variationen

Balkenbrücken sind die am häufigsten vorkommende Tragwerksart und spielen auch im Modell eine große Rolle. Deshalb soll diesem Thema verhältnismäßig breiter Raum zugestanden werden, zumal es hier eine Fülle von Variationsmöglichkeiten als Vollwand- oder Fachwerkbalken gibt, die sich auch für die Nachbildung im Modell eignen. Zunächst zur Statik: Wie trägt ein Balken, und wie muß eine Balkenbrücke konstruiert sein?

Eine Brücke kann dann wirtschaftlich und mit dem geringsten Materialaufwand gebaut werden, wenn man es versteht, die Bauteile gemäß den Beanspruchungen zu formen. Wo die Kräfte im Bauwerk groß sind, muß mehr Material hin, z. B. bei einer Stahlbrücke: größere Träger und dickere Bleche. Andererseits kann in Bereichen mit geringerer Beanspruchung Material eingespart werden. Die Konstruktion soll dem Verlauf der Beanspruchungen angepaßt sein.

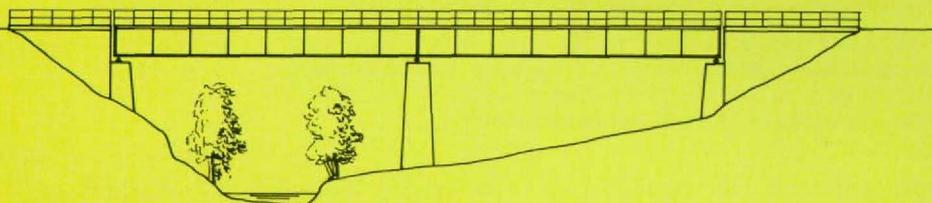
Ein massiver Stahlbalken mit rechteckigem Querschnitt wäre als

Hauptträger unwirtschaftlich, da große Stücke von ihm sich am Abtragen der Last nur wenig beteiligen. An diesen Stellen kann man Material sparen. Am größten ist die Beanspruchung im Träger oben und unten: Dort ist es sinnvoll, Werkstoff zuzugeben. Dementsprechend hat ein Blechträger in der Mitte nur ein dünnes Stegblech zur Aufnahme der Schubbeanspruchung aus der Querkraft, während oben und unten der Querschnitt in Form eines Doppel-T verbreitert ist. Dies sind die Gurte des Trägers – unten der Zuggurt, oben der Druckgurt.

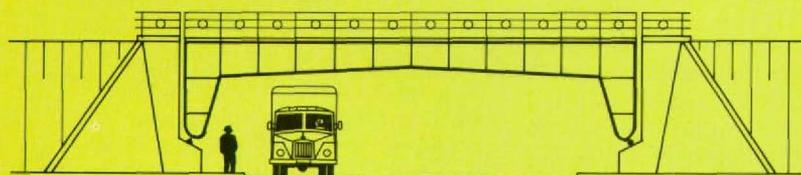
Spiel der Kräfte

Je größer die Spannweite und damit die Biegebeanspruchung, desto größer die Querschnitte der beiden Gurte. Oft sieht man in der Feldmitte eines Trägers, wo das Biegemoment am größten ist, zusätzlich aufgenietete Verstärkungsbleche. Ein weite-

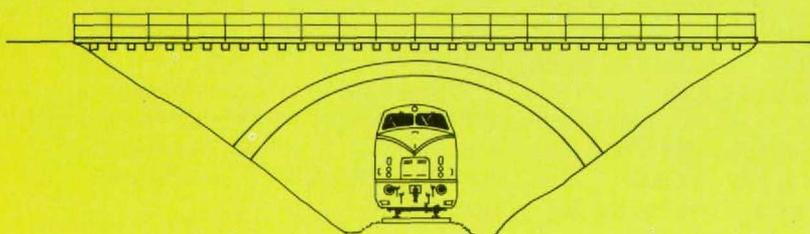
BRÜCKEN-TRAGWERKE



Diese zweifeldrige Balkenbrücke überspannt ein kleines Tal. Der Brückenbalken liegt an den Enden auf den Widerlagern und in der Mitte auf einem Zwischenpfeiler auf.



Die Rahmenbrücke ist eigentlich ein Balken-tragwerk, dessen Enden in zwei Stielen nach unten auslaufen. Die schräg angeordneten Widerlager spannen den Rahmen gewissermaßen vor; durch diesen Effekt kommt man mit einer kleineren Bauhöhe aus als bei einer Balkenbrücke mit derselben Stützweite. Von der Statik her handelt es sich dabei um eine Bogenbrücke.



Hier eine kleine massive Bogenbrücke aus Naturstein oder Stampfbeton. Der Bogen stützt sich links und rechts auf seine Widerlager.

Alle Zeichnungen in diesem Artikel von Gebhard J. Weiß.