

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 66 (1948)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Entwicklungstendenzen im Stahlbrückenbau: Vortrag  
**Autor:** Stüssi, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-56639>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Entwicklungstendenzen im Stahlbrückenbau

Von Prof. Dr. F. STÜSSI, Zürich

DK 624.21.014.2

Vortrag, gehalten am 5. Nov. 1947 im Zürcher Ing.- u. Arch.-Verein

### 1. Ziele und Mittel der Entwicklung

Ich möchte im folgenden versuchen, aus einem Ueberblick über die bisherige Entwicklung des Stahlbrückenbaues einige feste und veränderliche Elemente in Entwurf, Gestaltung und Ausführung der Stahlbrücken herauszufinden, um daraus einige Schlussfolgerungen für die gegenwärtigen und zukünftigen Entwicklungstendenzen des Stahlbrückenbaues abzuleiten.

Wenn wir uns nach den *Zielen der Entwicklung* fragen, so können wir zur Beantwortung die Unterschiede eines hervorragenden Brückenbauwerkes gegenüber seinen Vorgängern festzustellen suchen. Ein solches hervorragendes Brückenbauwerk ist die von O. H. Ammann erbaute George Washington-Bridge über den Hudson-River in New York; bei dieser Brücke ergeben sich schon rein äusserlich als wichtigste Entwicklungsmerkmale die annähernd verdoppelte Spannweite gegenüber allen früher ausgeführten Brücken, sowie eine gegenüber früheren Projekten verbesserte Wirtschaftlichkeit. Dass diese wirtschaftlichere Lösung möglich war, beruht auf einer geistigen Leistung: Nur die verfeinerte Erkenntnis des Kräftespieles in schweren Seilen und die Mut erfordernde konsequente Umsetzung dieser Erkenntnisse in die Wirklichkeit erlaubten eine Vereinfachung und damit Verbesserung der baulichen Gestaltung.

Mit diesen drei Punkten haben wir bereits die Grundlagen für eine Formulierung der Entwicklungsziele im Stahlbrückenbau gefunden. Es sind dies: a) Die Vergrösserung der Spannweite, d. h. die Bewältigung grösserer Bauaufgaben als bisher; b) Die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit; c) Die Verbesserung der baulichen Gestaltung im Zusammenhang mit einer verfeinerten Erfassung des im Innern des Tragwerkes wirkenden Kräftespieles.

Es ist allerdings ein seltener Glücksfall, wenn in einem einzigen Bauwerk alle diese drei Merkmale gleichzeitig so hervorragend erfüllt sind, wie dies bei der George Washington-Bridge der Fall ist und wir dürfen deshalb wohl dieses Bauwerk als den für unsere Epoche charakteristischen Markstein in der Entwicklung des Stahlbrückenbaues bezeichnen.

Wenn wir uns nun nach den *Mitteln* fragen, mit denen sich diese Entwicklungsziele verwirklichen lassen, so können wir sie etwa gruppieren nach Baustoff, Verbindungsmitteln, Bauformen und baustatischer Theorie.

Beim *Baustoff* ist in der bisherigen Geschichte des Stahlbrückenbaues, abgesehen vom Gusseisen der ersten eisernen Brücken, der Schritt vom Schweisseisen zum Flusseisen und den hochwertigen Baustählen charakteristisches Entwicklungsmerkmal. Stellen wir jedoch fest, dass zur Zeit Naviers nach seinem «Rapport et Mémoire sur les Ponts suspendus» für die Ketten von Hängebrücken ein Schmiedeeisen (fer forgé) mit einer statischen Zugfestigkeit von etwa 4,0 t/cm<sup>2</sup> und einer zulässigen Beanspruchung von 1,3 bis 1,4 t/cm<sup>2</sup> ver-

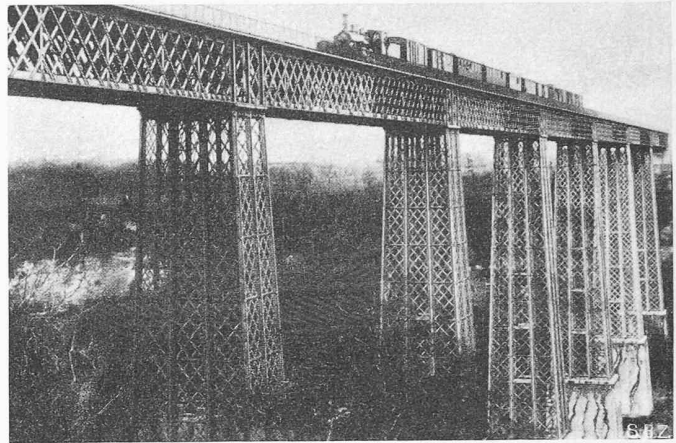


Bild 1. Viaduc de Grandfey bei Fryburg

wendet wurde, so ist offensichtlich die Steigerung der Festigkeit bis zu unserem heutigen normalen Baustahl St 37 nicht bedeutend. Der Fortschritt liegt vielmehr in der Schaffung eines gleichmässigen, homogenen und zähen Materials. Unser heutiger Baustoff zeichnet sich vor allen andern Baustoffen aus durch seine zuverlässige Güte, seine Fähigkeit, örtliche Ueberlastungen zu ertragen und durch seine ausgezeichneten Elastizitätseigenschaften. Bei den Anforderungen, die der Konstrukteur an seinen Baustoff stellt, haben wir zwischen ruhender Belastung, wie sie im Hochbau vorwiegend einerseits, und oft wiederholten Beanspruchungen, wie bei Eisenbahnbrücken andererseits zu unterscheiden. Für die Beurteilung der Sicherheit eines Tragwerkes unter ruhender Belastung ist das Spannungs-Dehnungs-Diagramm massgebend, während die Sicherheit unter oft wiederholter Belastung durch die Arbeitsfestigkeit des Baustoffes bestimmt wird. Es wird in der Zukunft notwendig sein, bei der Festsetzung zulässiger Beanspruchungen deutlich zwischen diesen verschiedenen Belastungsarten zu unterscheiden. Der neue Entwurf für die schweizerischen Stahlbaunormen trägt diesen Ueberlegungen durch Einführung von Bauwerksklassen Rechnung. Neben der Festigkeit sind für den Konstrukteur auch gute Bearbeitbarkeit des Stahles (Bohren, Stanzen, Scheren, Schweissen) und gute Korrosionsbeständigkeit erwünscht.

Die Bedeutung hochwertiger Stähle für den Brückenbau kann wohl am besten durch den Begriff des theoretischen Gewichtes veranschaulicht werden. Es beträgt nämlich auf Grund theoretischer Ueberlegungen das Laufmetergewicht  $g_H$  eines Hauptträgers

$$g_H = (g_F + \varphi p) \frac{l}{l_{Gr} - l}$$

wobei  $g_F$  das Fahrbahngewicht,  $p$  die Nutzlast,  $l$  die Spannweite und  $\varphi$  einen von der Form der Einflusslinien abhän-

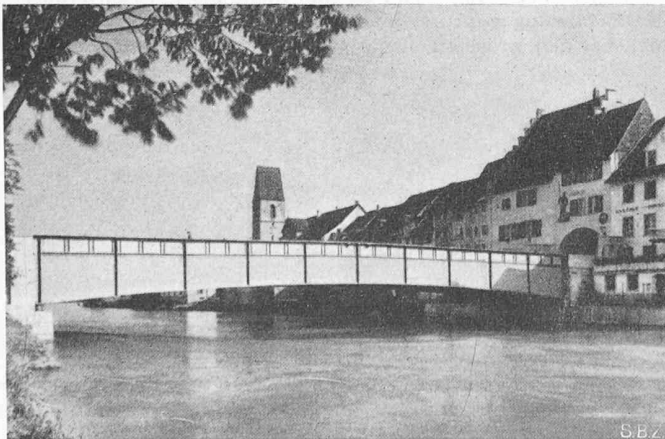


Bild 2. Reussbrücke Melligen



Bild 3. Rheinbrücke Flaach-Rüdlingen

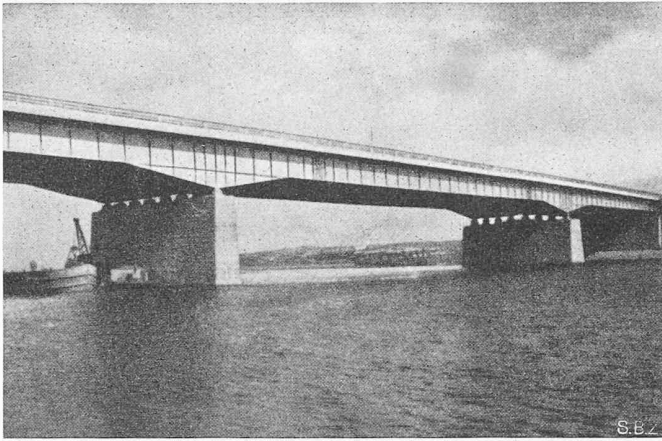


Bild 5. Ostoderbrücke bei Stettin

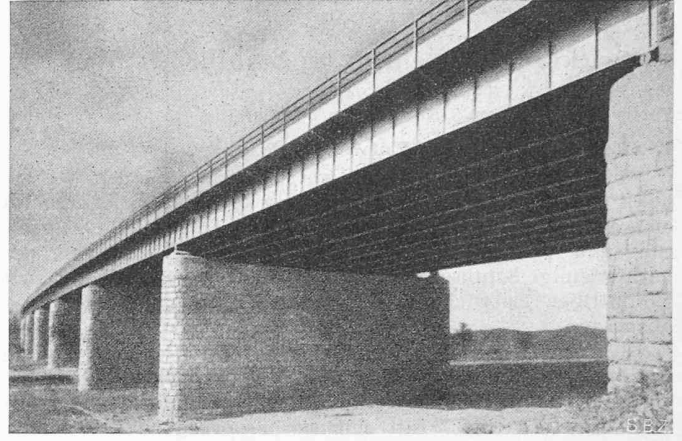


Bild 4. Brücke über das Chemnitztal bei Glösa

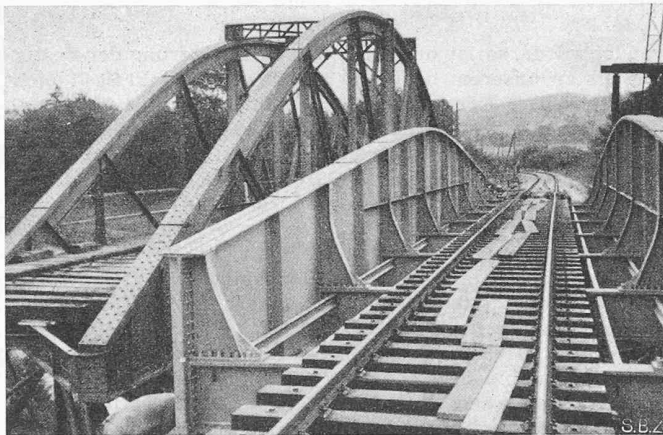


Bild 6. Gexibrücke bei Othmarsingen

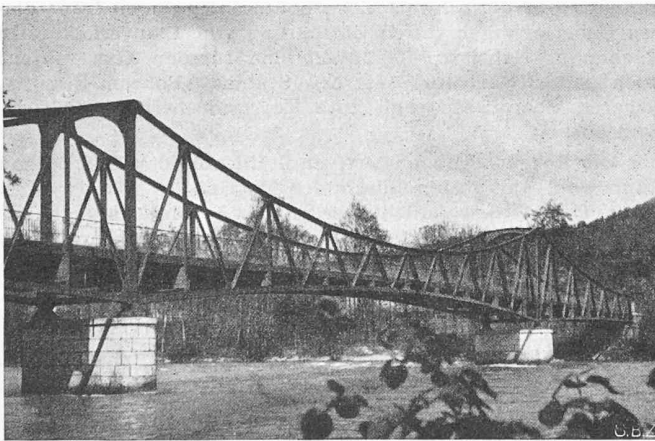


Bild 7. Aarebrücke Birrenlauf

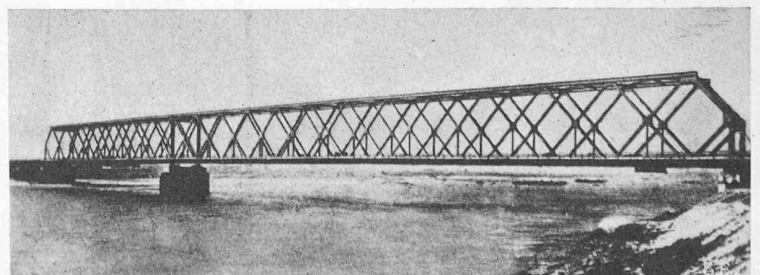
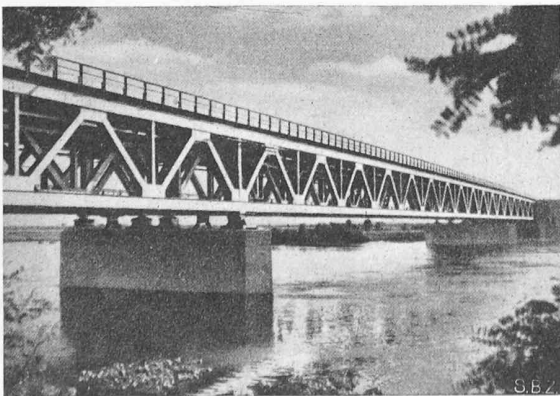


Bild 9. Rheinbrücke bei Duisburg

Bild 8 (links). Elbebrücke bei Hohenwarthe

gigen Zahlenwert,  $\varphi \geq 1$  bedeutet. Die Grenzspannweite  $l_{Gr}$  beträgt dabei

$$l_{Gr} = \frac{\sigma}{\alpha \gamma}$$

dabei ist  $\sigma$  die mittlere zulässige Beanspruchung,  $\gamma$  das Raumgewicht des Baustoffes und  $\alpha$  eine von der Form und Ausbildung des Trägersystems abhängige Kennziffer. Unter Einhaltung der zulässigen Beanspruchung kann ein Tragwerk, dessen Spannweite gleich der Grenzspannweite ist, nur gerade noch sein eigenes Gewicht tragen. Die Grenzspannweite schwankt zwischen etwa 450 m für einen einfachen Fachwerkbalken aus Baustahl St 37 und etwa 4500 m für eine Hängebrücke mit hochwertigen Stahldrahtkabeln. Die theoretische Gewichtsformel zeigt nun, dass hochwertige Stähle mit ihrem höheren Einheitspreis erst bei grösseren Spannweiten zu nennenswerten Kosteneinsparungen führen. Für die Verwendung bei kleineren Bauwerken ist auch ungünstig, dass die Ursprungsfestigkeit unserer heutigen hochwertigen Stähle nur unbedeutend über der Ursprungsfestigkeit des normalen Baustahls liegt. Es ist auch an sich unerwünscht, dass die Festigkeitssteigerung durch verminderte Bruchdehnung und damit durch Verminderung der Tragfähigkeitsreserve im Falle örtlicher Ueberlastungen erkauft werden muss. Bei den Drähten für Tragkabel von Hängebrücken scheint mit dem Material von rd. 18 t/cm<sup>2</sup> statischer Zugfestigkeit, wie es 1937 bei der Golden Gate Bridge verwendet wurde, ein vorläufiger Abschluss der Entwicklung erreicht zu sein.

Unter den *Verbindungsmiteln* ist die Nietung das klassische Verbindungsmittel des Stahlbaues. Die Nietverbindung ist in ihrer Form nicht besonders bequem, weil sie zusätzliche Hilfsteile, wie Stosslaschen oder Anschlusswinkel erfordert. Die Anwendungsgrenzen der Nietung in Bezug auf Klemmlänge sind dadurch bestimmt, dass der Schaft vollständig durchgestaucht werden muss. Die Nietung ist durch einfache Kontrollen prüfbar; sie besitzt eine gewisse Verformbarkeit, die sie vor örtlichen Ueberlastungen zu schützen vermag. Die Nietung ist durch eine mehr als ein Jahrhundert alte Erfahrung geprüft, und sie hat ihre Bewährungsprobe auch bei den grössten bisherigen Bauwerken bestanden. Es

ist anzunehmen, dass eine Verbesserung der Nietverfahren noch möglich ist; damit können mit der Nietung wohl auch in der Zukunft die grössten vorkommenden Bauaufgaben gelöst werden.

Bei der Schweissung ist die direkte Verbindungsmöglichkeit ohne zusätzliche Hilfsteile und ohne Lochschwächung der Hauptvorteil gegenüber der Nietung. Bei geschweissten Tragwerken ist somit eine einfache Formgebung möglich. Eine etwas überstürzte Entwicklung führte im Lauf der letzten Jahre allerdings zu teilweise schweren Rückschlägen und Unfällen, verursacht durch ungenügende Abklärung der metallurgischen und der konstruktiven Grundlagen der Schweissverbindung. Bei einem Vergleich zwischen Nietung und Schweissung darf nicht allein auf die im Laboratorium festgestellten Festigkeiten von kleinen Probestücken abgestellt werden, sondern es muss auch die Erfahrung an Bauwerken beigezogen werden. Die Schweissung ist aus dem Stahlbau nicht mehr wegzudenken, aber sie wird vorläufig aus wirtschaftlichen und herstellungstechnischen Gründen auf kleinere und mittlere Bauwerke beschränkt bleiben müssen.

In bezug auf *Bauformen und bauliche Gestaltung* ist allgemein im Stahlbau und besonders im Stahlbrückenbau in den letzten Jahrzehnten eine ausgesprochene Tendenz zur Vereinfachung festzustellen, und zwar sowohl in der Gesamtanordnung wie in der Ausbildung der Einzelheiten.

Während vor dem ersten Weltkrieg die einzelnen Stäbe grösserer Fachwerkbrücken fast durchwegs als mehrteilige vergitterte Stäbe ausgebildet wurden, werden sie heute je länger je mehr als einteilige Vollstäbe gebaut.

Der kleine genietete Blechträger, wie er als Längs- oder Querträger in Brückenfahrbahnen vorkommt, wird heute fast durchwegs durch den Walzträger ersetzt. Hier hat besonders der Breitflanschträger, der «Differdinger», die Möglichkeiten des Stahlbaues zu einfacherer Gestaltung erheblich erleichtert. Mit dem Breitflanschträger können wir nicht nur schon recht ansehnliche Biegemomente (für den I DIR 100 rd. 200 mt) aufnehmen, sondern die kleineren Profile des reichhaltigen Walzprogrammes eignen sich auch ausgezeichnet zur Verwendung als Fachwerkstäbe bei Brücken mittlerer Spannweite, um von den Anwendungsmöglichkeiten im Hochbau (Stahlskelettbau) nicht zu sprechen.

Es gilt heute zu erkennen, dass bei einem Stahltragwerk nicht ein absolutes Gewichtsminimum ein an sich erstrebenswertes Ziel ist. Wohl sollen wir immer mit unserem wertvollen Baustoff Stahl sparsam umgehen, aber die Wirtschaftlichkeit eines Bauwerkes hängt weniger von einer aufs äusserste getriebenen Dimensionierung, als von einer gesunden Gesamtkonzeption ab; neben dem Materialaufwand ist eine sparsame Verwendung der wohl doch noch wertvolleren menschlichen Arbeitskraft mindestens ebenso wichtig und schliesslich sind für die Wirtschaftlichkeit auch die Fragen des Unterhaltes und der Lebensdauer von Bedeutung. Allzu ausgeklügelte und komplizierte aufgelöste Systeme, wie sie in der Zeit um die letzte Jahrhundertwende ein überbewerteter statisch-theoretischer Rationalismus hervorbrachte, sind heute durch die Forderung nach klaren und einfach gestalteten Tragwerken überholt. In diesem Zusammenhang ist auch ein vermehrtes Aufkommen des Vollwandträgers zu Lasten des Fachwerkes zu verstehen, wobei bestimmt häufig eine normale Wirtschaftlichkeitsgrenze überschritten wurde. Ich bin überzeugt, dass in Zukunft der klar gestaltete Fachwerkträger sich einiges Terrain zurückerobert wird.

Die Grundlagen zu einer *verfeinerten Erfassung des Kräftespiels* und damit zu einer immer zuverlässigeren Berechnung der Stahltragwerke mit beabsichtigtem Sicherheitsgrad liefert die Baustatik. Die Baustatik schafft keine Bauwerke. Sie kann lediglich die Beanspruchungen in gegebenen, bestehenden oder im Entwurf vorliegenden Tragwerken bestimmen; sie ist eine Hilfswissenschaft, ein Werkzeug des konstruierenden Ingenieurs, dessen Hauptaufgabe das Bauen ist. So wenig ein Musiker etwa eine Orgelfuge ohne Kenntnis von Harmonielehre und Kontrapunkt komponieren kann, ebenso wenig entsteht ein vollwertiges Bauwerk ohne Kenntnis der Baustatik. Ebenso wenig aber wie Harmonielehre und Kontrapunkt allein zur Schaffung eines musikalischen Kunstwerkes genügen, ebenso wenig genügt die Baustatik allein zur Schaffung eines vollwertigen Ingenieurbauwerkes. Die Wahl eines Tragsystems darf nicht durch die Rücksicht auf eine möglichst einfache Berechnung bestimmt werden; wichtig ist eine zweckmässige, klare und wirtschaftliche bauliche Gestaltung und zwar auch dann, wenn sie durch einen vermehrten rechnerischen Aufwand bei der Bemessung der einzelnen Teile in Kauf genommen werden muss. Zur Entwicklung der Baustatik auf ihren heutigen Stand haben vor allem Louis Navier, Carl Culmann, Otto Mohr, Wilhelm Ritter und Heinrich Müller-Breslau beigetragen. Heute geht es darum, die vorhandenen klassischen Mittel der Baustatik weiter auszubauen, um sie neuen Bauaufgaben dienstbar zu machen. Bei einer Reihe von Problemen aber reichen die rein rechnerischen Mittel heute noch nicht aus; sie sind hier zu ergänzen durch eine baustatische Versuchsforschung, die jedoch ihrerseits durch eine theoretisch fundierte Fragestellung geführt sein muss.

## 2. Beispiele der Entwicklung

Es soll nun versucht werden, an einigen ausgewählten Beispielen einen Ueberblick über die bisherige Entwicklung des Stahlbrückenbaues zu gewinnen. Bevor wir jedoch auf die aktuellen Probleme der letzten Jahrzehnte eingehen, soll auf drei Bauwerke hingewiesen werden, die nicht nur Anfänge des Stahlbrückenbaues, sondern als klassische Pionierleistungen zugleich auch Marksteine der Entwicklung bedeuten.

Die Brücke über den Severn bei Coalbrookdale (s. SBZ Bd. 121, S. 2\*) in England mit rd. 100 Fuss Spannweite ist die erste gusseiserne Bogenbrücke und mit ihr beginnt die Geschichte der eisernen Brücken überhaupt. Diese heute 170 Jahre alte Brücke lehnt sich in ihrer äusseren Formgebung an das Vorbild der steinernen Bogenbrücke an; durch die Auflösung in einzelne Bogenrippen weist sie jedoch schon das für den Stahlbau überhaupt charakteristische Merkmal des Leichtbaues auf. Der Pont des Invalides von Louis Navier in Paris (s. SBZ Bd. 116, S. 204\*), der infolge verschiedener ungünstiger Umstände kurz vor seiner Vollendung 1826 wieder abgebrochen werden musste, ist ein sowohl bezüglich Gesamtanordnung, wie auch Durchbildung der Einzelheiten hervorragendes Bauwerk. Wir müssen annehmen, dass der durch widrige Umstände erzwungene Abbruch Navier tief erschüttert hat, denn seine Hauptwerke erschienen vor diesem tragischen Ereignis und nachher hat er offenbar die Kraft zu neuen grossen und schöpferischen Leistungen nicht mehr besessen. Die Britanniabrücke über die Menai-Strasse in England (s. SBZ Bd. 121, S. 3\*) ist die erste schmiedeiserne Balkenbrücke und gleichzeitig ein für die Erkenntnis von Stabilitätsproblemen grundlegend wichtiges Bauwerk. Vor dem Bau der kastenförmigen Brückenträger mit einer grössten Spannweite von 142 m wurden nämlich sorgfältig



Bild 10. Rheinbrücke bei Neuwied



Bild 11. Aarebrücke Brugg



Bild 12. Obere Rheinbrücke bei Diepoldsau

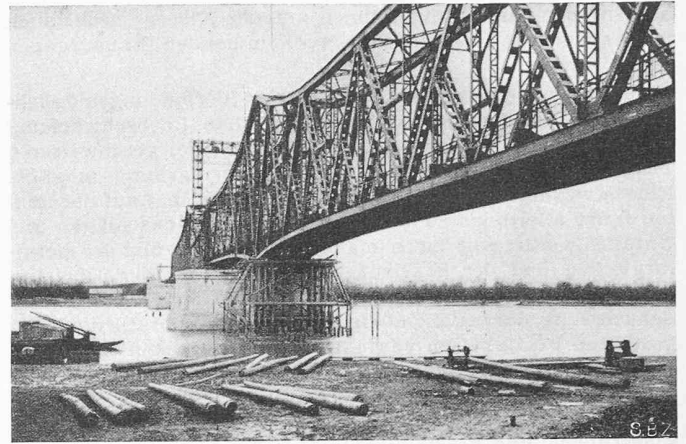


Bild 13. Theissbrücke bei Titel

Modellversuche durchgeführt, durch die die Formgebung des Tragwerkes Schritt für Schritt bestimmt wurde.

Wenden wir uns nun neueren Bauwerken durch einige einfache Gegenüberstellungen zu.

Vom engmaschigen Gitterbalken, wie sie etwa der Viaduc de Grandfey bei Fryburg (Bild 1) darstellt, entwickeln sich einerseits die vollwandige, andererseits die fachwerkartige *Balkenbrücke*. Bei der Reussbrücke in Mellingen (Bild 2), die vor etwa 20 Jahren erstellt wurde, hat man mit 45 m Spannweite in unserem Land die frühere Anwendungsgrenze des Vollwandträgers merklich erweitert. Bei diesem Bauwerk versuchte der beigezogene Architekt, durch ornamentale Zutaten den menschlichen Masstab zu geben. Heute würde man bestimmt auf diese Zutaten verzichten. Ich glaube aber, dass diese Brücke auch so als ein klar durchgebildetes und damit gutes Bauwerk bezeichnet werden darf. Bild 3 zeigt mit der Rheinbrücke Flaach-Rüdlingen eine neuere durchlaufende vollwandige Balkenbrücke in unserm Land, während die Bilder 4 und 5 zwei ausländische Beispiele bieten, die sich durch die Formgebung des Hauptträgers unterscheiden. Während vor etwa 10 bis 15 Jahren, wohl hauptsächlich unter dem Einfluss der Reichsautobahnen, die Tendenz bestand, eine konstante Balkenhöhe auch über die Zwischenstützen durchzuführen, glaube ich bei genügender Bauhöhe doch der veränderlichen Trägerhöhe das Wort reden zu müssen. Durch die Vergrösserung der Trägerhöhe und damit des Trägheitsmomentes über den Zwischenstützen werden die Feldmomente merklich verkleinert und es ergibt sich daraus besonders bei grösseren Brücken eine fühlbare Gewichtsverminderung.

Betrachtet man etwa Bild 6, bei dem ein älterer Fachwerkbalken durch eine neue vollwandige Brücke ersetzt wird, so könnte man zur Ansicht kommen, dass der Fachwerkträger im Bereiche der mittlern Spannweiten keine Bedeutung mehr besitze. Dem ist nach meiner Meinung durchaus nicht so. Einfach gegliederte und klar durchgebildete Fachwerke können nach wie vor zweckmässige und gute Lösungen sein, wie etwa Bild 7 einer älteren Fachwerkbrücke bezeugt.

Bei den neueren Fachwerkbrücken grösserer Spannweite ist deutlich die Tendenz nach einfacher und weitmaschiger Gliederung des Hauptträgernetzes festzustellen. Es zeigt sich (Bild 8), dass neben dem Strebenfachwerk mit Hilfspfosten in jedem zweiten Knotenpunkt auch der Rautenträger (Bild 9) und das pfostenlose Strebenfachwerk (Bild 10) diese Tendenz verwirklichen können. Die Tendenz nach schlanker Ausbildung der Fachwerkstäbe wird durch Verwendung hochwertiger Baustahls unterstützt; mit der Aarebrücke Brügg (Bild 11), die wir der Initiative von Dr. A. Bühler verdanken, erhielt der schweizerische Stahlbau Gelegenheit, selber Erfahrungen in der Verarbeitung eines hochwertigen Baustahles zu sammeln.

Zur Weiterentwicklung der Fachwerkbauweise gehört auch die möglichst einfache Ausbildung der einzelnen Stäbe. Die Gegenüberstellung der Bilder 12



Bild 14. Maasbrücke bei Moerdijk

und 13 lässt die Vorzüge von Vollstäben gegenüber mehrteiligen Stäben in bezug auf einfache Ausführung und einfachen Unterhalt deutlich erkennen, und wir dürfen feststellen, dass im schweizerischen Stahlbau der Vollstab gegenüber dem Gliederstab mit Recht verhältnismässig früh bevorzugt wurde. Ein Blick in die grosse Moerdijkbrücke in Holland (Bild 14) zeigt, dass dieses an sich vorzüglich durchgebildete Bauwerk durch volle Ausbildung der Fachwerkstäbe des Hauptträgers und des Windverbandes nur hätte gewinnen können.

Es geht aber auch darum, dass die einzelnen Knotenpunkte möglichst einfach und klar durchgebildet werden. Die Bilder 15, 16 und 17 sollen am Beispiel des oberen Endknotenpunktes eines trapezförmigen Fachwerkträgers die Entwick-

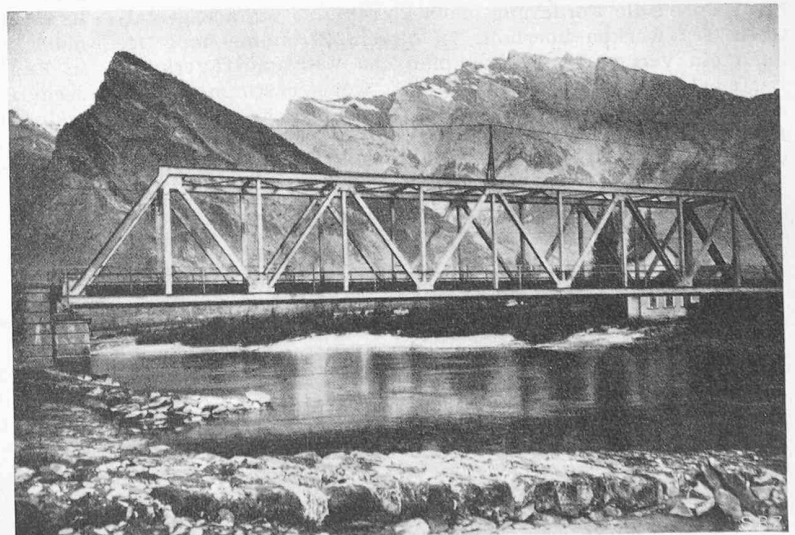


Bild 15. Rhonebrücke bei Riddes

lung dieser konstruktiven Ausbildung andeuten: Während man früher die Endstrebe als Fortsetzung des Obergurtes auffasste und dabei zur Aufnahme der im Knotenpunkt entstehenden Ablenkungskräfte zu örtlichen Verstärkungen gezwungen wurde (Bild 16), wird man heute, nach

der in Bild 15 erkennbaren Zwischenlösung, wohl mehr und mehr dazu übergehen, beim genieteten Fachwerkräger die Endknotenpunkte gleich einfach wie die Zwischenknotenpunkte auszubilden (Bild 17).

(Schluss folgt)

## Der Saurer-Einspritz-Flugmotor

Aus technischen Mitteilungen der Firma Adolph Saurer, Arbon, zusammengestellt von Dipl. Ing. A. OSTERTAG, Zürich

DK 621.434.43

Im Vorsommer 1947 hat der während des letzten Krieges von der Aktiengesellschaft Adolph Saurer in Arbon entwickelte Flugmotor YS-3 das Versuchsprogramm mit Erfolg durchlaufen, das den sehr schweren Homologierungsbedingungen für 1500 PS entspricht. Dieses Ereignis, das zugleich den Abschluss eines langjährigen, durch die Kriegsverhältnisse äusserst erschwerten Ringens um die Schaffung eines modernen Ansprüchen genügenden schweizerischen Flugmotors darstellt, verdient umso mehr eine fachtechnische Würdigung, als der Motor eine technische Leistung ersten Ranges darstellt und überdies die bei seiner Entwicklung gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen auch auf andern verwandten Gebieten nutzbringend verwertet werden können.

### A. Zur Vorgeschichte

Die Kriegstechnische Abteilung des Eidg. Militärdepartements (KTA) hatte anfangs der dreissiger Jahre nach sehr sorgfältiger Prüfung die Lizenz für den Bau des Hispano-Suiza-Flugmotors erworben, der damals dank seiner Zuverlässigkeit den besten Ruf genoss<sup>1)</sup>. Dieser Motor wies folgende Hauptdaten auf:

Zylinderzahl . . .	12	Anzahl Vergaser . . .	6
Bohrung . . . . .	150 mm	Max. Betriebsdrehzahl . . . . .	2000
Hub . . . . .	170 mm	Leistung . . . . .	650 PS
Hubvolumen . . . .	36 l		

Diese Dimensionen, sowie die V-förmige Zylinderanordnung mit unter 60° gegeneinander geneigten Axen blieben bei allen spätern Entwicklungsstufen unverändert. Der Propeller sass auf der verlängerten Kurbelwelle, lief also mit der selben Drehzahl wie diese um. Ein Höhenlader fehlte. Die Hispano-Suiza-Werke lieferten die Zylindergruppe, die Saurer-Werke stellten die Kurbelgehäuse und Triebwerkteile her und übernahmen den Zusammenbau.

In einer weiteren Entwicklungsstufe führte der Lizenzgeber ein Uebersetzungsgetriebe ein, durch das die Motordrehzahl erhöht und die des Propellers erniedrigt werden konnte; gleichzeitig wurde der Raum für den Einbau einer Kanone zwischen den Zylinderblöcken frei, deren Lauf durch die hohle Propellerwelle hindurch ragte. Ein Höhenlader mit allerdings noch bescheidenem Wirkungsgrad, verbunden mit einer selbsttätigen Saugdrosselregelung ergab, eine Nennleistung von 860 PS bis zur Volldruckhöhe von etwa 3500 m ü. M.<sup>2)</sup>. Dieser «Kanonenmotor» bedeutete für die Bewaffnung einen bedeutenden Fortschritt. Er erhielt den dreiflügeligen Escher Wyss-Verstellpropeller<sup>3)</sup>, wozu die Firma Saurer

<sup>1)</sup> Vgl. SBZ Bd. 125, S. 233\* (12. Mai 1945), S. 295\* (23. Juni 1945).

<sup>2)</sup> Unter Volldruckhöhe versteht man jene Höhe, bei der der Lader den vollen für die Nennleistung nötigen Ladedruck erzeugen kann. Im Gegensatz dazu bezeichnet man als Gleichdruckhöhe jene Höhe, bei der der Lader dem Motor die Verbrennungsluft eben noch mit dem Bodendruck (1 ata) zur Verfügung zu stellen vermag. Im Flug erhöht sich die Volldruckhöhe, indem der der Fluggeschwindigkeit entsprechende Staudruck ausgenützt wird.

<sup>3)</sup> Vgl. SBZ Bd. 114, S. 84\* (12. August 1939); Bd. 124, S. 11\* und 12 (1. Juli 1944).

die erforderlichen Aenderungen und Ergänzungen am Motor anbrachte.

Bei Anwendung eines Ladegebläses ist zu beachten, dass die innere Leistung des Motors um den zusätzlichen Leistungsbedarf dieses Gebläses stärker gesteigert werden muss als die Nutzleistung und dass ausserdem der Motor wegen der Temperatursteigerung im Gebläse wärmere Luft erhält.

Um die verfügbaren Fabrikationsmöglichkeiten gut ausnützen zu können, übernahm die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur (SLM) die Herstellung der Zylindergruppen und die Firma Saurer die der Kurbelgehäuse und des gesamten Triebwerkes. Die beiden Firmen teilten sich in den Zusammenbau.

Durch weitere Drehzahlsteigerung, Erhöhen des Ladedruckes und verschiedene kleinere konstruktive Verbesserungen erreichten später die Hispano-Suiza-Werke eine Leistung von 1000 PS bei der selben Volldruckhöhe. Die Uebernahme der Lizenz für die Fabrikation dieses forcierten Typs fiel mit dem Kriegsausbruch zusammen.

Leider erwies sich diese Ausführung noch nicht als betriebsreif: Das Triebwerk genügte der gesteigerten Leistung nicht mehr. Lagerdefekte, Kurbelgehäuserisse und andere Schwierigkeiten waren die Folge. Die Gemischverteilung auf die einzelnen Zylinder war mangelhaft und störte die Regelung. Ein vom Lizenzgeber entwickeltes Gebläse mit höherem Druckverhältnis befriedigte nicht.

In Zusammenarbeit mit der KTA wurde dieser Motor von Saurer und der SLM in mühsamer Arbeit betriebsreif gemacht. Dabei zeigte sich erneut, wie ausserordentlich schwierig es ist, als Lizenznehmer, ohne über die rechnerischen Grundlagen und die Resultate aus Vorversuchen an Einzelteilen und Aggregaten zu verfügen, solche Schwächen zu beheben oder eine Weiterentwicklung durchzuführen. Jeder Kontakt mit dem Lizenzgeber war durch die Kriegereignisse vollkommen unterbunden, ganz abgesehen davon, dass die Hispano-Werke überhaupt nicht mehr in der Lage waren, irgendwelche Entwicklungsarbeit zu leisten. So musste jedes einzelne Problem von der inländischen Industrie von Grund auf neu in Angriff genommen und gelöst werden. Hinzu kamen die bekannten Schwierigkeiten, das erforderliche Material zu beschaffen und das nötige Fachpersonal verfügbar zu halten. Ihre Ueberwindung kostete Geld und Zeit; überdies verlangte sie in hohem Masse Geduld, Takt und gegenseitiges Vertrauen.

Bei dieser Entwicklungsarbeit kam der Firma Saurer sehr zu statten, dass sie schon lange vor Kriegsausbruch von sich aus in Voraussicht einer späteren Entwicklung Versuche mit Benzineinspritzung aufgenommen hatte. Dieses Verfahren<sup>4)</sup> wurde an besonders hierfür gebauten Einzylinder-Versuchsmotoren ausprobiert. Die eine Versuchsreihe bezog sich auf das Viertakt-Verfahren, wobei der Versuchszyylinder zwei Einlass- und zwei Auslassventile aufwies; in einer andern

<sup>4)</sup> Vgl. SBZ 1947, Nr. 5, S. 57\*.

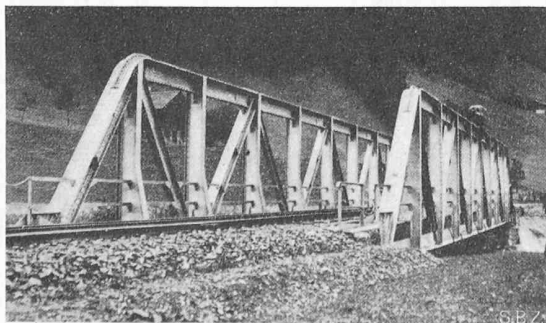


Bild 16. Linthbrücke bei Diesbach

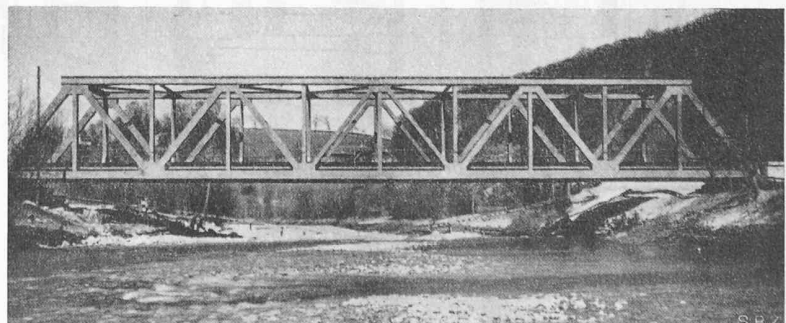


Bild 17. Emmenbrücke Burgdorf