

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 42

Artikel: Entwicklungen im Verbundbrückenbau
Autor: Dauner, Hans-Gerhard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79062>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.04.2025

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

ASIC-Artikel-Reihe: Neuzeitliche Bauwerke
Hans-Gerhard Dauner, Aigle

Entwicklungen im Verbundbrückenbau

Die Entwicklung des Verbundbrückenbaus seit den sechziger Jahren wird anhand seiner wichtigsten Merkmale kurz erläutert. Abschliessend finden sich drei zeitgenössische Objekte aus der Schweiz, die zeigen, dass Fachwerk-Verbundbrücken interessant sind.

Ausgangslage – die sechziger Jahre

In den sechziger Jahren hat der Verbundbrückenbau im Rahmen der Autobahn Lausanne-Genève (N1) und Bern-Freiburg (N12) durch die Ingenieure Maurice Cosandey und Pierre Dubas einen neuen Aufschwung genommen. Die Brücken «Pont sur la Venoge» [1] und «Pont de la Madeleine» [2] sind Zeugen dafür. Besonders die letztgenannte Brücke kann als Stand der Technik jener Jahre betrachtet werden. Bild 1 zeigt die Brücke vor dem Verlegen der Fertigteilplatten.

Die Entwicklungen jener Jahre hat Dubas in einem Artikel [3] zusammengefasst, dem auch die bewährte Formel für das erforderliche Stahlgewicht pro m^2 Brückentfläche in Funktion der Spannweite L entnommen werden kann:

$$g \text{ [kg/m}^2\text{]} = 2L \text{ [m]} + 10$$

Folgende Grundlagen beherrschten den Stand der Technik der sechziger Jahre:

- Statische Berechnung am vollelastischen Modell mit Spannungsnachweisen und der Überlagerung der Spannungen aus allen Bauzuständen sowie Kriechen und Schwinden.
- Kontrolle der Stege nach der klassischen Beultheorie, darum Einbau von arbeitsaufwendigen Beulsteifen.
- Fahrbahnplatte aus Fertigteilen mit Längsvorspannung und nachträglichem Verbund.

Der Arbeitsaufwand für die Vielfachaussteifung der Stahlträger wirkte sich im immer schärfer werdenden Konkurrenzkampf nachteilig aus, Neuerungen waren mithin gefragt.

Entwicklungen der siebziger Jahre

Dem Wunsch, den Arbeitsaufwand für die Stahlträger zu reduzieren, kam eine Forschung entgegen, die in den Jahren 1957 bis 1965 an der Lehigh University/USA unter der Leitung von Bruno Thürlimann durch Konrad Basler durchgeführt wurde. Das

Dieser Artikel gibt im wesentlichen Auszüge eines Vortrags wieder, den der Autor am 14. September 1995 im Rahmen der Fortbildungstagung über Verbundkonstruktionen an der ETH Zürich gehalten hat. Er nimmt mehrheitlich Bezug auf Brücken der Westschweiz. Die ungekürzte Fassung wurde am 8. Mai 1996 im IAS, Nr. 11, publiziert.

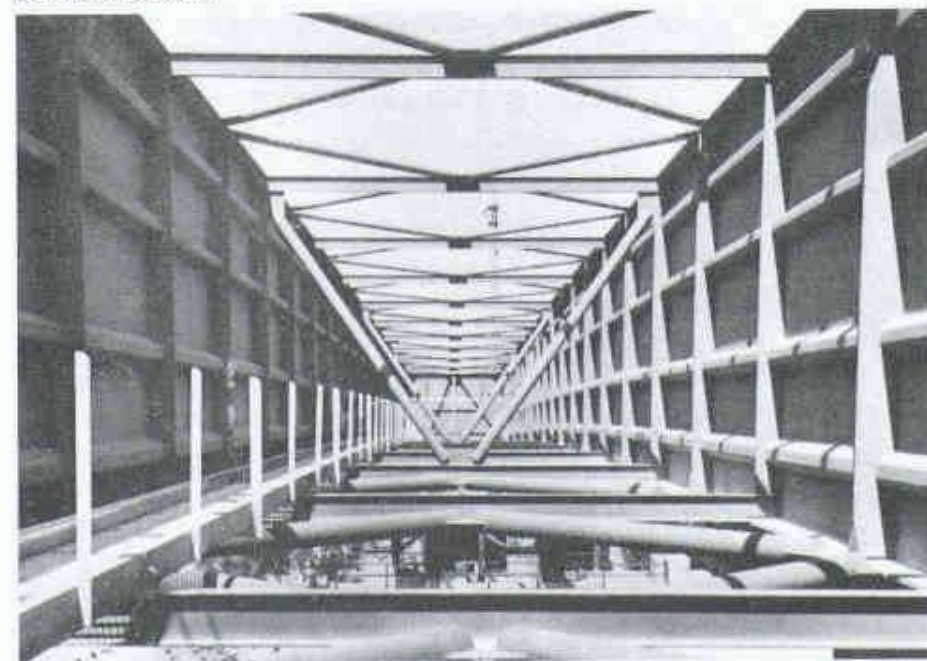
Ergebnis dieser Arbeit ist in einer für die Praxis sehr brauchbaren Form veröffentlicht [4]. Danach kann ein Beulen des Stegblechs toleriert werden, wenn das Gleichgewicht durch ein Zugfeld gewährleistet ist.

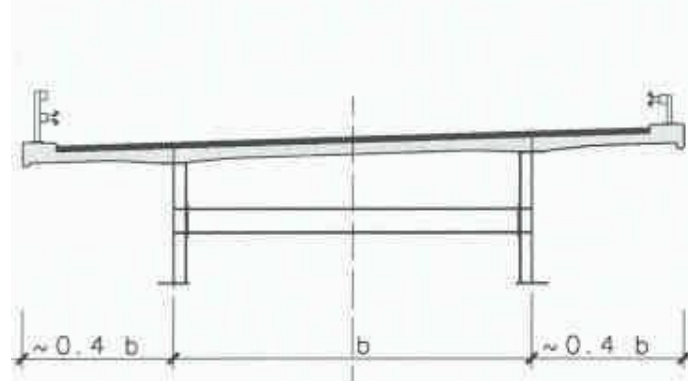
Diese seither an verschiedenen Modellen untersuchte Theorie [5] ist auch in die Schweizer Norm SIA 161, Ausgaben 1979 und 1990, eingegangen. Sie führte zu einer grossen Vereinfachung der Konstruktion, was den Arbeitsaufwand fast halbiert hat. Zeuge dieser Entwicklung ist die Napoleonbrücke von Brig, die im Jahre 1979 mit einer Steghöhe von 4,0 m ohne jede Horizontalsteife entworfen und 1983 eingeweiht wurde.

Einer weiteren Suche nach Wirtschaftlichkeit kam der wetterfeste Stahl zugute, der unter dem Namen «Corten» bereits im Jahre 1930 von der US Steel Company entwickelt wurde, mit dem vier Lagen Anstrich, d.h. rund 5-10% der Stahlbaukosten, eingespart werden konnten. Obwohl anfänglich grosse Skepsis gegenüber der dauernden Korrosionsbeständigkeit dieses Stahls herrschte, wurde in der Westschweiz, mit mehr als sieben Brücken dieser Art, Pionierarbeit geleistet. Bis jetzt sind bei diesen Brücken keine Schäden offensichtlich. In der Zwischenzeit geben eine deutsche Untersuchung an 109 Brücken in wetterfestem Stahl [6] und amerikanische Erfahrungen [7] diesem Urteil recht.

Ein weiterer Wandel gegenüber den sechziger Jahren vollzog sich auf dem Gebiet der Fahrbahnplatten. Das Misstrauen gegenüber den Fertigteilen mit nachträglich auf der Brücke vergossenen Fugen und Aussparungen führte zur Suche nach einer homogenen, jedoch rationellen Lösung. Sie bestand in der eingeschobenen Fahrbahnplatte, bei der aus einem fest in der Brücke installierten Schalbett etappenweise die Fahrbahnplatte auf den Trägergurten verschoben wurde. Diese Technik kann nur bei Brücken mit konstanter Geometrie Anwendung finden. Ein gutes Beispiel dafür ist die in einem Kreisbogen liegende Brücke über die Chandeleray der N9 vor Lausanne. Es ist besonders gut geeignet, die Fahrbahnplatte längs vorzuspannen, weil hier die Umlagerung elastischer Verformungen auf die Stahlträger ganz und jene der Langzeitverformungen teilweise vermieden werden können.

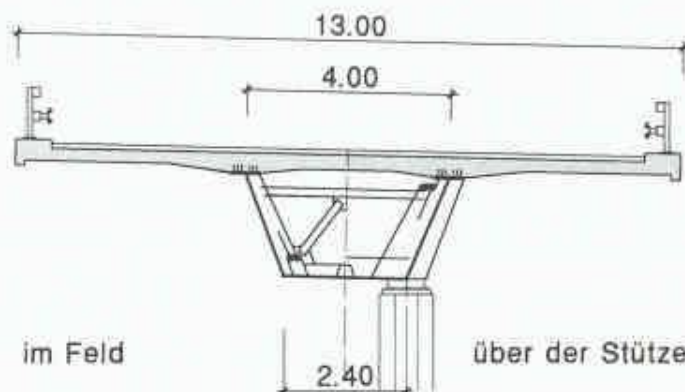
1
Pont de la Madeleine N12/FR – Innenansicht
der Stahlkonstruktion





2

Pont de Cronay N1/VD, Projekt – Querschnitt



3

Viaduc du Bois de Rosset – Querschnitt an den Umlenksätteln

Der Stand der Technik im Verbundbrückenbau der siebziger Jahre ist in [8] und [9] beschrieben und kann wie folgt kurz zusammengefasst werden:

- Statische Berechnung am vollelastischen Modell mit Spannungsüberlagerungen samt Kriechen und Schwinden (nach SIA 161: EE).
- Bemessung des Stegs und der Steifen nach der Zugfeldtheorie in [4].
- Fahrbahnplatte eingeschoben, meist ohne Vorspannung.
- Verwendung von wetterfestem Stahl.

Die klassische Verbundbrücke

Die klassische Verbundbrücke der Schweiz ist und bleibt die zweistegige Brücke mit offenem Querschnitt. Ein Beispiel dafür ist die in Bild 2 dargestellte Brücke von Cronay auf der N1 vor Yverdon, die als Parallelmandat bei einer Ausschreibung im Jahre 1994 mit einem Quadratmeterpreis von rund Fr. 850.- nur knapp einer Betonlösung unterlag.

Seit 1983, dem Baujahr der Napoleonbrücke in Brig, hat der Schalwagen zur Herstellung der Fahrbahnplatte die Fertigteil- und die eingeschobene Platte abgelöst. Dabei wurden Techniken entwickelt, die zur Verminderung der Rissbildung im Bauzustand führen, ohne vorspannen zu müssen. Eine davon ist das Betonieren in abwechselnden Betonieretappen, so dass die negativen Momente im Verbundquerschnitt über der Stütze unter Eigengewicht klein bleiben.

Erfahrungen und Stand der Technik von heute

Verbundbrücken haben sich in bezug auf ihre Dauerhaftigkeit insgesamt sehr gut bewährt. Die befürchtete Korrosion, z.B.

des Obergurts unter der Fahrbahnplatte, findet selbst bei Brücken mit aufgelegten Fertigteilen nicht statt, wie u.a. am Viadukt über die Sorge in Valangin festgestellt werden konnte. Vergleichsuntersuchungen am «Viaduc du Chêne» auf der N1 bei Chavornay, durchgeführt vom ICOM [10], haben gezeigt, dass kein nennenswerter Unterschied zwischen einer längsvorgespannten und einer gut mit schlaffer Armierung bewehrten Fahrbahnplatte festgestellt werden kann.

Brückenschäden wurden nur dort festgestellt, wo eine fehlerhafte Brückenabdichtung dem Salzwasser die Möglichkeit bot, Beton und Stahl direkt anzugreifen. Deshalb ist der Brückenabdichtung und den Bordüren (ja keine Fertigteile!) grösste Aufmerksamkeit zu schenken.

Was nun den Stand der Technik von heute angeht, kann zusammenfassend gesagt werden:

- Das Bemessungskonzept für Verbundbrücken beruht offiziell immer noch auf Spannungsnachweisen, d.h., es entspricht nicht mehr der heutigen Normengeneration.
- Vereinzelt werden Methoden des n-freien Bemessens auf der Grundlage des Konzepts EER der Norm SIA 161 angewendet. Jedenfalls besteht auf diesem Gebiet gegenüber Betonbrücken ein erheblicher Nachholbedarf. Auch Verbundbrücken müssen und können für Ingenieure bemessungsfreundlich gemacht werden. Zurzeit läuft am ICOM eine vom Bund geförderte diesbezügliche Forschungsarbeit.
- Die Anwendung der Zugfeldtheorie ist unbestritten.
- Wetterfester Stahl ist bei Strassen- und Eisenbahnbrücken (vor Regen geschützte Träger) erprobt und kann als unterhaltsarm bezeichnet werden. Die SBB erlauben ihn nicht, weil nur bei ange-

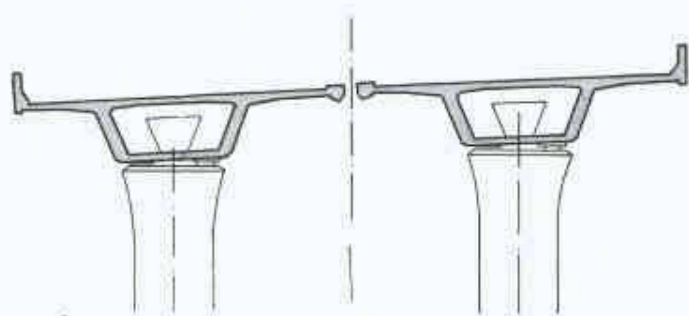
strichenen Brücken eine Früherkennung von Ermüdungsrissen durch Rostspuren möglich ist.

- Die Fahrbahnplatte kann ebensogut ohne Längsvorspannung ausgeführt werden, wenn ein Bewehrungsgehalt im Stützenbereich von 1,5–2% erreicht wird.
- Eine Quervorspannung der Fahrbahn ist prinzipiell dann vorzusehen, wenn grosse Tragarme dies erfordern.

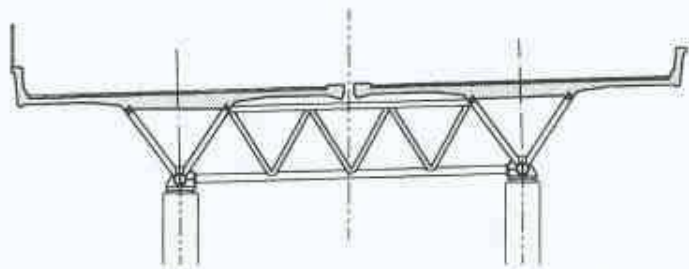
Verbundbrücken mit äusserer Vorspannung

Der Spannkraftverlust in der Fahrbahnplatte durch Kriechumlagerungen führt bei Verbundbrücken dazu, diese Art der Vorspannung in Frage zu stellen und nach anderen Lösungen zu suchen.

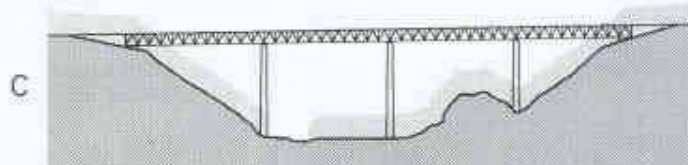
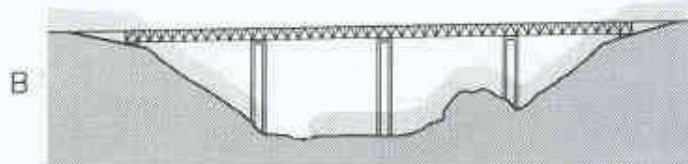
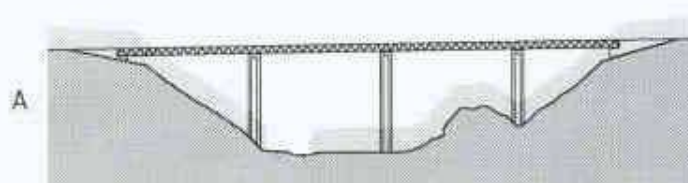
Da man bei Verbundbrücken nur am Ausgleich der negativen Momente über der Stütze interessiert sein kann (Zugspannungen im Trägeruntergurt kommen gelegen), genügt eine einfache polygonale Spannkabellage, um dieses Ziel zu erreichen. Diese Bauweise wurde für die rund 600 m lange Autobahnbrücke «Viaduc du Bois de Rosset» der N1 bei Avenches gewählt. Der Brückenquerschnitt in Bild 3 entspricht in seiner Form dem der Brücke «Goldswil» bei Interlaken. Auch die SBB-Brücke bei Fislisbach auf der Heitersberglinie wurde bereits in dieser Form ausgeführt. Das Viadukt besteht aus zwei parallelen Brücken mit folgenden Spannweiten in Metern: 25–34,2–11 mal 42,75–51,3–38,5. Die Gesamtlänge beträgt 617,25 m. Vier Kabel vom Typ VSL 6–12 erzeugen eine Vorspannung V_n von 8800 kN. Die Brücke ist in drei Vorspannabschnitte eingeteilt. Mit dieser Vorspannung werden das Eigengewicht und rund 50% der Normverkehrslasten kompensiert. Folgende Probleme waren zu lösen:



4
Betonbrückenquerschnitt



5
Viaduc de Lully. Querschnitt für optimale Längstransparenz mit Querträger



6
Pont sur la Mentue. Fachwerk- und Pfeilervarianten

- Die mögliche Beschädigung der PE-Hüllen über den Umlenksätteln durch die Querpressung der Monolitzen (Gleitweg max. 60 cm) aus der Vorspannung
- Die Ausbildung der Umlenksättel und die Übertragung der Querpressung zwischen den Monolitzen
- Die Gleitbewegung der Litzen unter Verkehr
- Die Ermittlung der Spannkraftverluste
- Das Sicherheitskonzept für die Brückenbemessung

Für die Lösung der ersten zwei Probleme fanden bei VSL Versuche statt. Unter voller Vorspannung wurde dabei ein Gleitweg von 600 mm über dem Sattel simuliert. Die Versuchsergebnisse führten zu folgenden Lösungen:

- Nach Erreichen von 5% der Endvorspannung wurde der Hohlraum zwischen den Monolitzen ausinjiziert.
- Die Dicke der PE-Hüllrohre der Monolitzen wurde auf 1,8 mm verstärkt.

Für die Gleitbewegungen unter Verkehr, und in diesem Zusammenhang auch für die Spannungsschwankungen in den Kabeln, konnten nach den Berechnungen nur sehr kleine, d.h. unbedeutende Werte gefunden werden. Unter den Spannköpfen eines Kabels wurden Druckdosen angebracht. So konnten und können auch weiterhin die Spannkraftverluste gemessen werden.

Ergebnisse der Messungen:

- kurz nach dem Vorspannen: 1,5% Verlust pro Sattel

- nach 3 Wochen: 0,3% Verlust pro Sattel

Danach kann damit gerechnet werden, dass sich die Spannkraft unter dem «vibrierenden» Verkehr völlig ausgleicht.

Die äussere Vorspannung zwingt zur Überdenkung des Bemessungskonzepts, weil hier, wie bei Spannbetonbrücken, die Bruchsicherheit nachzuweisen ist. Folgende Feststellungen können nach dem Bau dieser Brücke gemacht werden:

- Die Betonplatte hatte vor dem Vorspannen Risse, wie sich leicht erkennen liess, da wegen der fehlenden Bordure Regenwasser an der Unterseite entlangsickerte.
- Seit dem Vorspannen vor sechs Jahren steht die Brücke ohne jeglichen Belag im Regen. Es konnten seither keinerlei Sickerwasserspuren mehr entdeckt werden.
- Eine Vorspannung dieser Art kann kostenmässig nicht durch anderweitigen Materialgewinn wettgemacht werden. Sie bedeutet eine Verteuerung gegenüber einer klassischen Verbundbrücke von rund 5%, was der Preis für eine verbesserte Dauerhaftigkeit ist. M. Donzel und W. Schuler haben darüber in [12] berichtet.

Ein neues Bemessungskonzept

Wie schon vorher angesprochen, zwingt der erforderliche Tragsicherheitsnachweis für vorgespannte Brücken das Bemessungskonzept zu überdenken. Dabei soll, der heutigen Normengeneration entspre-

chend, der Spannungsnachweis abgelöst und der Nachweis nach SIA 161 in der Form

$$S_d \leq R/\gamma_R$$

geführt werden, und zwar entsprechend der schon lange im Betonbrückenbau praktizierten Methode des n -freien Bemessens. Mit Momentenhüllkurven soll der Ausnutzungsgrad transparent dargestellt werden können. Die Norm SIA 161 bietet dafür bereits Hand mit dem Kapitel 4.2, das ein Rechenverfahren EER erlaubt. Wir haben alle Verbundbrückenprojekte seit 1985 nach diesem Konzept bemessen, dabei jedoch sicherheitshalber dem Kapitel 4, Ziffer 4.75 über die Gebrauchstauglichkeit, durch eine Begrenzung der Spannungen aus der Belastungsgeschichte auf $0,9 f_t$ Rechnung getragen.

Für die Brücke «Bois de Rosset» lautete der Nachweis (entsprechend damaliger Normen):

$$1,4 (S_c + S_d) + 1,0 S_s \leq R/1,15$$

Momente und Querkräfte wurden dabei an ungerissenen Durchlaufträger ermittelt, die Widerstandswerte R am voll-elastischen, jedoch reduzierten Querschnitt ($R = W \cdot f_t$ oder $W \cdot \sigma_t$).

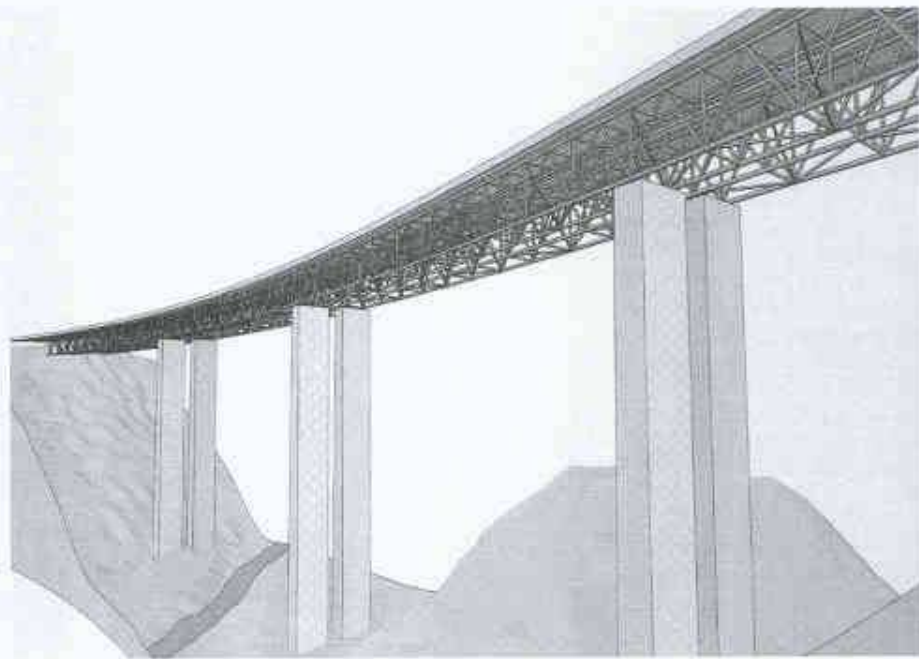
Es ist selbstverständlich, dass dieser Nachweis für jeden Bauzustand zu führen ist und dass Stabilitätsproblemen eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Auffällig ist, dass die Vorspannung hier auf der Lastseite wirkend eingesetzt wird. Grund dafür ist der fehlende

Verbund zwischen Spannkabel und Biegeträger. Die Traglast wird durch das Versagen des Biegeträgers erreicht, wobei die Vorspannung bis zum Ende erhalten bleibt. Auf der Grundlage der letzten Normenausgabe (SIA 161, 1990) könnte der Nachweis wie folgt geführt werden:

$$1,3 S_g + 1,5 S_d + 1,0 S_r < R/1,1$$

- mit S gerechnet am gerissenen Stützquerschnitt, was einer kleinen Momentenumlagerung gleichkommt
- mit $R = f_t \cdot W$ im Stützbereich (-M) und $R = f_t \cdot Z$ im Feld (+M)

Dieser Nachweis liegt gemäss Terminologie SIA 161 zwischen EER und PP. Eine bereits angesprochene Forschungsarbeit, die derzeit am ICOM in Lausanne läuft, soll zu einem klaren Bemessungskonzept führen.



7

Projekt «La Mentue» - Raumbachwerk

Verbundbrücken, leicht und durchsichtig

Das Viadukt von Lully/N 1

Bei flachen Talbrücken der Autobahn mit Spannweiten bis ca. fünfzig Meter hat sich der Brückentyp gemäss Bild 4 bei Wettbewerben und Ausschreibungen oft durchgesetzt. Bei dem Mandatwettbewerb für das Viadukt von «Lully» mit einer Länge von 1000 m und einem Bodenabstand von maximal 16 m war wieder mit diesem Standardtyp zu rechnen. Die besondere Landschaft, eine Art Parklandschaft, führte zur Wahl einer filigranen Struktur, d.h. einem Fachwerk.

Mit dem Querträger (Bild 5), der wie die Längsträger ein Dreiecksfachwerk ist, entstand eine Fachwerkraumstruktur, die dem Wunsch nach einem filigranen Tragwerk entgegen kam. Konstruktiv war dieses Raumbachwerk am einfachsten mit Röhren zu lösen. Die Brücke ist zurzeit im Bau, der Mitte 1997 abgeschlossen sein wird.



8

Dreirosenbrücke Basel, Ausschnitt aus dem Visualisierungsplan

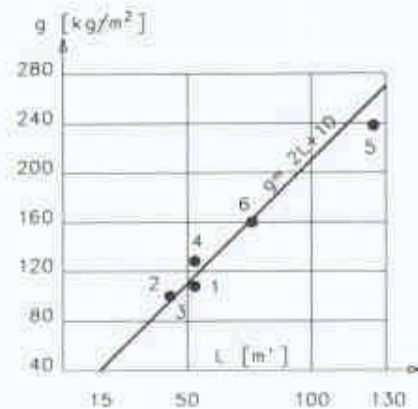
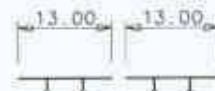
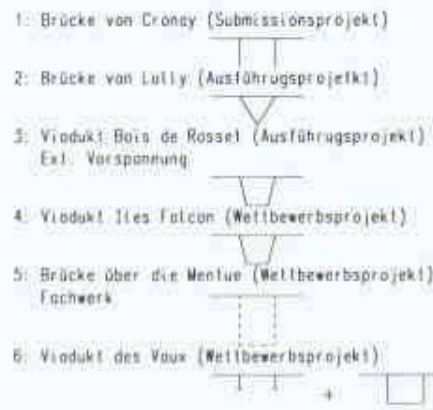
Die Brücke über die Mentue/N 1

Ein weiterer Projektwettbewerb im Rahmen des Endausbaues der N1 fand für die Brücke über die Mentue statt, einem Bach, der einen 110 m tiefen Einschnitt in das Hochplateau vor Yverdon, südlich des Neuenburger Sees, gegraben hat.

Das Wettbewerbsreglement forderte u.a., dass die taßseitige Widerlagerhöhe, gemessen unter der Fahrbahn, nicht grösser als 7 m und dass die Anzahl der Pfeiler und der Zugang zu ihren Fundamenten auf ein Minimum reduziert werden mussten. Aus dieser letzten Bedingung liess sich die Vorgabe ableiten, keinen Pfeiler in die schwer zugänglichen, recht steilen Hänge und auf den Zwischenhügel zu stellen und

9

Kontrolle der Stahlgewichte



Literatur

- [1]
M. Cosandey, De quelques expériences récentes réalisées en Suisse romande dans la construction de ponts métalliques, Schweizerische Bauzeitung 22/1966
- [2]
P. Dubas, H. Hutter, Die Autobahnbrücke über die Saane bei Freiburg, Schweizerische Bauzeitung 1/1966
- [3]
P. Dubas, Développements suisses récents en matière de ponts mixtes acier-béton. Estratto dalla «Costruzioni Mettaliche» 1/1969
- [4]
Butler, K., Vollwandträger - Berechnung im überkritischen Bereich, Schweizerische Stahlbauvereinigung, Zürich 1968. (2. Auflage SZS, 1973)
- [5]
P. Dubas, E. Gebri, Behaviour and Design of Steel Plated Structures, ECCS-Publication 44/1986
- [6]
M. Fischer, C. Schulte, Anwendung wetter-fester Baustähle im Brückenbau, Dokumentation Studiengesellschaft Stahlanwendung e.v. Düsseldorf/1992
- [7]
M. Fischer, Zur Entwicklung des wetterfesten Stahles und seiner Anwendung (aus amerikanischer Sicht), Bauingenieur 10/1994
- [8]
J. Pettigat, H.-G. Daumer, Evolution dans la conception et la construction des ponts mixtes acier-bétons en Suisse, Schweizerische Bauzeitung 119/74
- [9]
H.-G. Daumer, Entwicklungstendenzen im Schweizer Verbundbrückenbau (Vortrag an der Fachsitzung I über Fortschritte in der Verbundtechnik des Deutschen Stahlbautages Stuttgart 1976) VDI-Zeitschrift, Reihe 4, Nr. 33, VDI-Verlag Düsseldorf 1977
- [10]
J.-P. Lebet, Comportement dans le temps des poutres mixtes continues, Rapport ICOM 124/1984
- [11]
VSL, External Post-Tensioning, VSL International IIT, VSL-Report Series 1/1990
- [12]
M. Donzel, W. Schuler, Zur Entwicklung des Brückenbaues in der Schweiz - Massnahmen zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit, Schweizer Ingenieur und Architekt 18/1990

eher bei den Widerlagern Kompromisse zu schliessen, womit Spannweiten von rund 130 m vorprogrammiert waren.

Mit den Überlegungen für eine filigrane, durchsichtige Bauweise, wie sie bei der Talbrücke von Lully angestellt wurden, drängte sich ein Verbundfachwerk als Lösung auf. In Bild 6 sind die drei untersuchten Varianten dargestellt:

Variante A: ein Fachwerk mit steigenden und fallenden Diagonalen, minimaler Trägerhöhe, so dass in der Werkstatt zusammengesweisst und transportiert werden kann. Montage durch Einschub, darum Doppelpfeiler zur Aufnahme von zwei Fachwerkknoten in Brückenlängsrichtung.

Variante B: ein Fachwerk mit Zwischenpfosten, grosser Trägerhöhe, das nicht mehr als Ganzes transportiert werden kann, darum auf der Baustelle HV-verschraubt wird. Montage wie A.

Variante C: ein Fachwerk wie B, jedoch mit Einzelpfeilern und Montage im Freivorbau.

Eine Analyse ergab einen klaren Entschluss für die Variante C. Bei A stimmten die Proportionen nicht. Ausserdem reduzieren die gedrückten Fachwerkstäbe die Transparenz. Bei B störten die Doppelpfeiler, während C mit sehr schlanken Stäben (siehe 3D-Modell, Bild 7) die gewollte filigrane Wirkung brachte und die Proportion (schlanker Pfeiler - hohes Fachwerk) stimmte.

Dass solche Fachwerk-Lösungen Akzente setzen können, beweist die Tatsache, dass in Deutschland die Fachwerk-Verbundbrücke in Nantenbach über den Main (Eisenbahnbrücke, Mittenspannweite 208 m) mit dem Ingenieurbaupreis 1994 ausgezeichnet wurde.

Die zukünftige Dreirosenbrücke in Basel

Die Suche nach einer filigranen, durchsichtigen Lösung war ebenfalls Triebfeder für die Autoren des erstplatzierten Projekts beim Submissionswettbewerb,

den der Bauherr, das Baudepartement des Kantons Basel-Stadt, im Jahre 1995 für die neue Dreirosenbrücke ausschrieb.

Dabei waren zwei Verkehrsebenen, die der Nordtangente im Zuge der N2 und die der Stadtstrasse, in ein Brückentragwerk zu integrieren. Ästhetische, konstruktive und wirtschaftliche Überlegungen haben dazu geführt, die beiden Betonfahrbahnen als Gurte eines Fachwerkträgers zu nutzen und die Diagonalen mit schlanken Stahlrohren auszubilden (Bild 8).

Schlussbemerkung

Die Kontrolle der Stahlgewichte mit der von Dubas im Jahre 1969 in [3] veröffentlichten Formel zeigt, dass sie auch für Strassenbrücken, die nach den heutigen Normen bemessen sind, ihre Gültigkeit behält (Bild 9).

Danach bleiben für mittlere Spannweiten die klassischen zweistegigen Brücken am günstigsten, während für grosse Spannweiten durchaus die Fachwerkverbundbrücke ihre Chancen hat.

Adresse des Verfassers:

Hans-Gerhard Daumer, Dr. Ing. SIA/ASIC, Daumer Ingénieurs Conseils SA, Rue de la Gare 27, 1860 Aigle