

# Stahlverbundbrücken im Aufwind

Autor(en): **Daumer, Hans-Gerhard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **115 (1997)**

Heft 26

PDF erstellt am: **04.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79269>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Hans-Gerhard Dauner, Aigle

## Stahlverbundbrücken im Aufwind

**Trends im Verbundbrückenbau werden an zeitgenössischen Bauwerken des In- und Auslands aufgezeigt. Verbunden mit einem Aufruf zu mehr Ingenieur-Kreativität werden zukünftige Strömungen vermittelt.**

«Stahlverbundbrücken im Aufwind», diese Feststellung kann zweifelsohne gemacht werden, wenn wir die Trends der neunziger Jahre hier in der Schweiz und im benachbarten Ausland beobachten. Über drei Themen soll dabei berichtet werden: über den Brückenerhalt, über die Kreativität und über die Technologie.

### Brückenerhalt

Während in den siebziger und achtziger Jahren Verbundbrücken im Vergleich mit Betonbrücken wegen vermeintlich hoher Unterhaltskosten noch mit Aufschlägen belegt wurden, trifft man heute, nach Jahren der Erfahrung, bei Bauherren auf Stimmen, die die Verbundbrücken schlechthin als «pflegeleicht» bezeichnen.

Eine Untersuchung am Stahlbaulehrstuhl ICOM der ETH Lausanne aus dem Jahre 1996 [1], die vom Bundesamt für Strassenbau in Auftrag gegeben wurde, kommt zu folgender Feststellung: «Im allgemeinen ist der Zustand der Verbundbrücken, die teilweise seit dreissig Jahren im Betrieb stehen, sehr zufriedenstellend. Bei einer gewissen Anzahl waren Reparaturen der Fahrbahnplatte notwendig, um Schädigungen zu stoppen, die vorwiegend aus Entwurfsfehlern der Konsolköpfe, aus einer schlechten Abdichtung oder aus undichten Fugen entstanden. Diese Schädigungen, deren Hauptkonsequenz die Zufuhr von chlorhaltigem Wasser ist, sind nicht auf ein allgemein schlechtes Verhalten von Verbundbrücken zurückzuführen, sondern eher auf einen ungenügenden Entwurf und die unsorgfältige Ausführung der Details. Es ist hervorzuheben, dass die mit einem Schutzanstrich versehenen Elemente der Stahlkonstruktionen im allgemeinen in gutem Zustand sind... Zudem ist der gute Zustand von mit wetterfestem Stahl gebauten Brücken zu betonen.»

Soweit das Zitat; dazu verweisen wir auch auf eine Studie aus Deutschland [2],

die obige Feststellung an 109 untersuchten Brücken bestätigt.

Verbundbrücken im allgemeinen und solche mit wetterfestem Stahl im besonderen können als unterhaltsarm und ökologisch interessant bezeichnet werden, da ein Recycling des Stahls möglich ist.

### Kreativität

Mit diesen ermutigenden Feststellungen im Rücken, kommen wir über die Frage «Was verstehen wir eigentlich unter Stahlverbundbrücken?» zum Thema Kreativität.

Wenn von Stahlverbundbrücken gesprochen wird, versteht man darunter landläufig Deckbrücken, bei denen eine Fahrbahnplatte oder ein Schottertrog aus Beton auf Stahlvollwandträgern oder geschlossenen Kästen aufbetoniert wird und, da mit ihnen über Dübel schubfest verbunden, als Teil des Haupttragwerks mitwirkt. Diese Brücken sind in ihrem Erscheinungsbild kaum von Betonbrücken zu unterscheiden, wäre da nicht die Farbgebung der Stahlträger als einzigem gestalterischem Beitrag von Belang. Wahr sind in diesem Zusammenhang Schwannengesänge von Schlaich und Menn, wenn

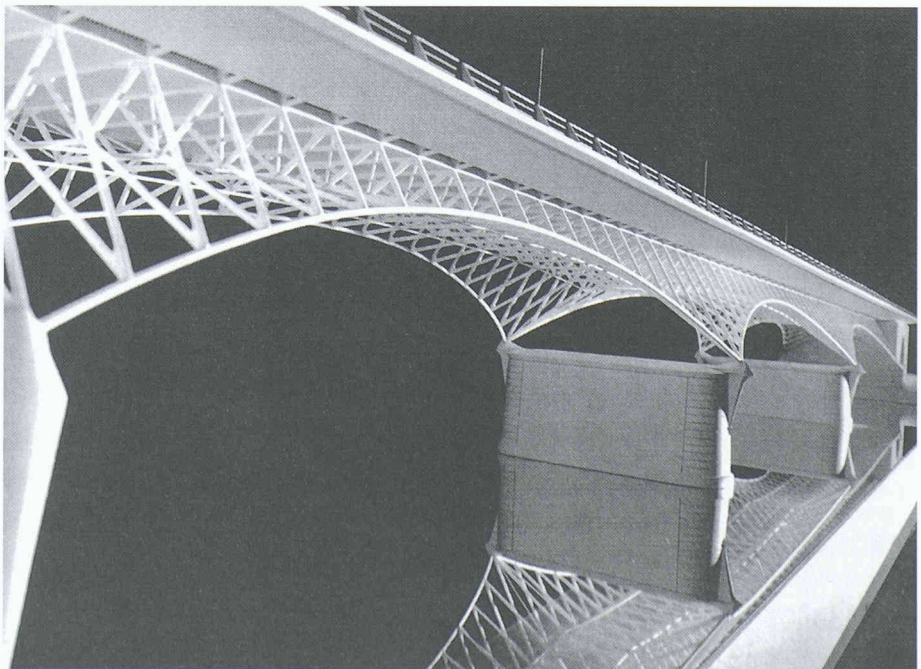
sie anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde der Universität Stuttgart an letzteren im Februar 1996 sagen [3]:

«Die Vielfalt und der Stolz des früheren Brückenbaus... sind der Monotonie und dem Kleinmut gewichen», oder: «Heute sind sie alle gleich, nicht zu unterscheiden, ob aus Beton oder Stahl, mit Regelspannweiten... austauschbar, geschlechtslos, fragmentiert», oder: «Jetzt gibt es gar Architektenwettbewerbe für Brücken, bei denen Ingenieure den Komm-her-da spielen dürfen. Und Sie sind selbst daran schuld, weil Sie Ihre angeborene Kreativität für den Entwurf verkümmern liessen... Statt dessen vergraben Sie sich in Rissbreiten- oder Biegedrillknacknachweisen, schreiben und befriedigen unsägliche Vorschriften».

Dies wollen wir als aufrüttelnden Aufruf verstanden wissen, der dazu anregt, Umschau zu halten, ob nicht doch ermutigendere Ansätze zu erkennen sind. Auf den ersten Blick erfrischend wirken bei dieser Umschau Ansätze von Calatrava [5], die, weil sie oft die festgefahrene Ingenieurlogik sprengen, zum Nachdenken zwingen und dadurch auch kreativ anregen können. Eine Vorbildfunktion kommt dabei zweifelsohne seinem Entwurf der Wettsteinbrücke in Basel zu, der im Bereich der Auflager im wahrsten Sinne des Wortes am Ziel vorbeischießt, jedoch mit seinem filigranen Stabwerk, das hier bis über die Grenzen der Ausführbarkeit hinaus abgemagert ist, Möglichkeiten aufzeigt, wie Verbundbrücken auch gestaltet werden könnten, wobei das Rohr als Bauteil sich sehr vorteilhaft anbietet (Bild 1).

1

Wettsteinbrücke in Basel (CH) – Entwurf Calatrava, Modellfoto



Zurück zu den Realitäten und der Frage, was im Rahmen dieses Aufsatzes unter Stahlverbundbrücken verstanden wird: Stahlverbundbrücken sind solche, bei denen die Fahrbahnplatte oder der entsprechende Schottertrog aus Beton zusammen mit Stahlbauteilen (Vollwandträgern, Fachwerken, Bogen, Unterspannungen) das Haupttragwerk bilden. Dabei müssen Beton und Stahl so verbunden sein bzw. im Verbund stehen (daher Verbundbrücke), dass sie gemeinsam tragen. Brücken, bei denen die Fahrbahnplatte oder der Betontrog nur mit sekundären Elementen, z.B. den Querträgern, im Verbund stehen und damit die Hauptträger nur belasten, sind in diesem Sinne keine Verbundbrücken.

Bevor über Trends im Verbundbrückenbau der Schweiz berichtet wird, ein Blick ins benachbarte Ausland.

### Trends in Frankreich

Die Entwicklungen in Frankreich zeichnen sich durch Ideenreichtum und Experimentierfreudigkeit aus. Dabei bleiben leider oft Wirtschaftlichkeits- und Qualitätsüberlegungen auf der Strecke und Innovation wird manchmal zum Selbstzweck.

Michel Virlogeux, der in vielen Veröffentlichungen ein Bild vom französischen Brückenbau zeichnet, sagt z.B. in [6]: «In Frankreich hat man sich besonders der Vielfalt und der Verschiedenheit von konstruktiven Lösungen verschrieben, damit die Brücken zum Spiegelbild von Kreativität und Phantasie der Ingenieure werden...». Hier einige Beispiele aus [7], die diese Verschiedenheit aufzeigen sollen:

■ Zuerst an der Brücke von Arbois über die Cruisance, einer Deckbrücke über drei Felder mit Spannweiten von 30,4 und 30 m, bei der beide Gurte aus Beton sind und die Stege aus Stahlfachwerken bestehen (Bild 2).

■ Dann an der Brücke von «Val de Maupré» in Charolles, ebenfalls eine Deckbrücke, jedoch über sieben Felder mit Spannweiten zwischen 41 und 54 m. Diese Brücke zeichnet sich durch die folgenden drei Besonderheiten aus:

- die Dreiecksform des Kastenträgers
- die Stege aus Trapezblechen
- das Stahlrohr als Untergurt (Bild 3)

■ Und zuletzt an der Brücke über die Roize nicht weit von Genf, die mit Spannweiten von 36,4 und 36 m, als Experimentalbrücke gebaut wurde. Experimentalbrücke darum, weil an ihr sowohl die Krafteinleitung



2

Brücke von Arbois (F). Foto: M. Virlogeux, Paris



3

Brücke vom «Val de Maupré» (F). Foto: M. Virlogeux, Paris



4

Versuchsbrücke über die Roize (F). Foto: M. Virlogeux, Paris

aus dem Fachwerkunterbau ohne Stahlobergurt in eine nur 14 cm dicke und längs vorgespannte Fahrbahnplatte aus Hochleistungs-beton B80, als auch die Betonplatte selbst und eine äussere Vorspannung studiert werden sollen.

Ihre Besonderheit liegt zudem in der Dreiecksform des die Fahrbahnplatte tragenden Fachwerks, dessen Sechseckuntergurt und Rechteckdiagonalen aus Blechen

zusammengeschweisst sind. Die Fahrbahnplatte ruht auf Doppel-T-Querträgern im Abstand von 4,0 m (Bild 4).

In diesem Zusammenhang ist zu sagen, dass immer dann, wenn ein Stahlobergurt fehlt, ein wirtschaftliches Montageverfahren sehr fraglich wird.

Die Besonderheiten der aufgezeigten Beispiele liegen zum einen in der Suche nach einer filigranen Auflösung der

Durchlaufträger in Fachwerke und zum anderen im Umgang mit den Langzeitverformungen des Betons im Zusammenspiel mit den Stahlträgern. Allen drei Beispielen gemeinsam ist die Suche nach einer Verringerung der Verformungsbehinderung durch diese Träger. Sie zeigen zweifelsohne zukunftsweisende Trends auf, müssten jedoch für Schweizer Verhältnisse von mehr Wirtschaftlichkeitsüberlegungen begleitet werden.

### Trends in Deutschland

In Deutschland sind zwei Tendenzen auszumachen. Einmal die Rückbesinnung auf die Tugenden und Möglichkeiten der guten alten Verbundbrücken. Zum anderen neue kreative Ansätze. Zur ersteren schreibt Ulrike Kuhlmann in [8]: «Entwicklungen im Verbundbrückenbau müssen zum Ziel haben, Kosten zu senken.» Sie zeigt Möglichkeiten auf, wie Verbundbrücken zur ernstzunehmenden Konkurrenz von Spannbetonbrücken auch und gerade bei mittleren und kleinen Spannweiten werden können. Dabei deckt sie ein Kuriosum auf, das den aussenstehenden Beobachter überrascht, nämlich die Art und Weise, wie der frei schaffende Ingenieur neben dem umfangreichen Normenwerk noch zusätzlich durch Regierungsdekrete gegängelt wird. So war z.B. vor Jahren eine Verbundbrücke ohne Längsvorspannung in Deutschland undenkbar. Jetzt ordnet eine ministerielle Bestimmung [9] aus dem Jahre 1994 quasi deren Verbannung an. Dort ist zu lesen: «Überbauten von Brücken in Stahlverbundbauweise sind möglichst so zu konstruieren, dass auf eine Vorspannung der Fahrbahnplatte mit Spanngliedern verzichtet werden kann.»

Zu den kreativen Ansätzen, die bei der geschilderten Art der Bevormundung um so mehr erstaunen, seien folgende Beispiele genannt:

Die Eisenbahnbrücke über den Main bei Nantenbach nahe Würzburg [10], eine Fachwerkdeckbrücke über drei Felder mit Spannweiten von 83, 109 und 83 m (Bild 5). Ihre Besonderheit beruht in der doppelten Verbundwirkung im Stützenbereich und den Seitenfeldern. Dort sind die Fachwerkuntergurte durch eine dicke Betonplatte miteinander verbunden, was die Brückensteifigkeit beträchtlich erhöht.

Die neue Kronprinzenbrücke in Berlin. Obwohl der aus einem Wettbewerb unter zehn Architekten hervorgegangene Entwurf [11] von Calatrava ursprünglich eine Verbundbrücke war, ist er jetzt aus Eigen-gewichtsgründen zu einer reinen Stahlbrücke mit orthotroper Platte geworden.



5

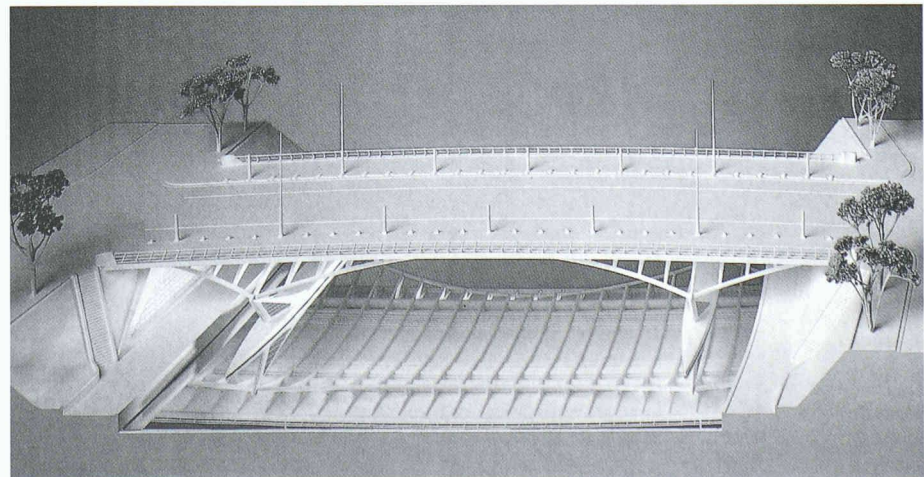
Eisenbahnbrücke über den Main bei Nantenbach (D). Foto: Leonhardt, Andrä und Partner, Stuttgart

Die Brücke ist in gewissem Sinne eine kleine Wiederauflage seines Entwurfs der Wettsteinbrücke und bestimmt kein Beispiel für wirtschaftliches Bauen. Sie unterstreicht jedoch, wie sehr sich selbst eine Jury, trotz offensichtlicher Unwirtschaftlichkeit, in einem historischen Kontext von filigraner Eleganz bestechen lässt (Bild 6).

Als drittes Beispiel ist ein Projektvorschlag von Schlaich für die Bahnbrücke Humboldthafen am Lehrter Bahnhof in Berlin bemerkenswert. Eine Betonplatte als Obergurt von zwei dreiecksförmigen Rohrfachwerken stützt sich auf Rohrbogen ab, die den Hafbereich mit 56 m Weite überspannen. Leider kommt dieser Entwurf nicht zur Ausführung, das heisst, er muss einer wirtschaftlicheren Lösung weichen, die nicht mehr die gleiche Eleganz aufweist (Bild 7).

6

Die neue Kronprinzenbrücke in Berlin (D)



### Trends in der Schweiz

In [12] und [13] wurde bereits über Entwicklungen im Verbundbrückenbau der Schweiz berichtet und dabei der heutige Stand vor dem Hintergrund historischer Entwicklungen gewürdigt. Hier soll der Teil der Betrachtungen vertieft werden, der neben Entwicklungen im klassischen Verbundbrückenbau zukunftsweisend werden könnte.

Stahl erlaubt von seiner Natur her sehr viel leichter als Beton filigranes Bauen. Im Grunde genommen ist die herkömmliche Blechtafelbauweise bei Verbundbrücken nicht eigentlich stahlspezifisch, da dünne Blechtafeln unter Druck zum Beulen neigen, was wohl stört, dem Beton hingegen fremd ist.

Darum bietet sich die Auflösung der Träger in Fachwerke an. Der Entwurf von Calatrava für die Wettsteinbrücke in Basel zeigt z.B., dass dabei Stahlrohre zu einem



7  
Bahnbrücke über den Humboldthafen am Lehrter Bahnhof in Berlin (D) – Erstentwurf Schlaich

feingliedrigen und eleganten Bauwerk zusammengesetzt werden könnten. Daher lag es nahe, die dabei keimenden Gedankengänge weiter zu spinnen, z.B.:

Am Viadukt von Lully an der A1. Die die Brücke umgebende Landschaft mit Baumgruppen und Biotopen animiert geradezu,



8  
Viadukt von Lully (CH) – Rohrfachwerk

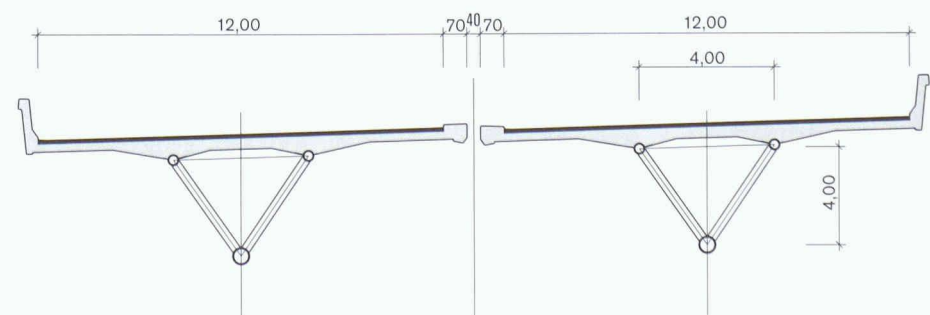
ein filigranes Raumfachwerk auf schlanke Pfeiler, gewissermassen wie Äste auf Baumstämme, zu setzen [14] (Bild 8). Das konstruktive Konzept dieser 957,6 m langen Doppelbrücke über 23 Felder mit Spannweiten von 42,73 m basiert auf drei ineinandergreifenden Prinzipien (Bild 9):

- dem Dreiecksquerschnitt als verzerrungsfreiem Torsionskasten ohne Querträger,
- den drei Stahlgurten, damit sowohl der Kraftausgleich in den Fachwerk-Obergurtknoten ohne Zutun des Betons als auch ein rationeller Montageablauf (Vormontage der Stahlträger, Aufbringen der Betonfahrbahnplatte mit einem Schalwagen) erreicht werden, und
- den schlanken Pfeilern unter der Dreieckspitze mit nur einem Topflager pro Brücke.

Die Fachwerkträgerhöhe ergab sich mit  $L/15$  aus zwei Überlegungen: einmal aus den möglichen Transportabmessungen und zum anderen aus der eingeschlossenen Dreiecksfläche, die einer für diese Spannweiten von 42,75 m üblichen Trapezkastenbrücke (Bois de Rosset, siehe [12]) gleichkommt. Die Rohrabmessungen

werden neben den Imperativen, die die Kräfte diktieren, aus der Brückengeometrie bestimmt. Beim Untergurtknoten, einem sogenannten KK-Knoten, sollen sich die Rohre nicht überschneiden und genügend Platz für das Legen der Schweißnähte lassen (Bild 10). Beim Obergurt-

9  
Brückenquerschnitt



knoten mit nur einer Fachwerkebene, einem einfachen K-Knoten, ist hingegen eine Überschneidung der Rohre erwünscht, um den Vertikalkraftausgleich aus den Diagonalen ohne Zutun des Betons zu ermöglichen. Die Kopfbolzendübel auf dem Obergurtrohr dienen deshalb nur der horizontalen Schubkraftübertragung. Die Brücke von Lully ist unseres Wissens die erste grössere Strassenbrücke, die mit einem Rohrfachwerk gebaut wird.

An der Dreirosenbrücke in Basel über den Rhein. Sie ging aus einem Submissionswettbewerb mit zweistufigem Präqualifikationsverfahren hervor [15], bei dem nicht nur Kosten, sondern auch gestalterische und bautechnische Qualität ausschlaggebend waren.

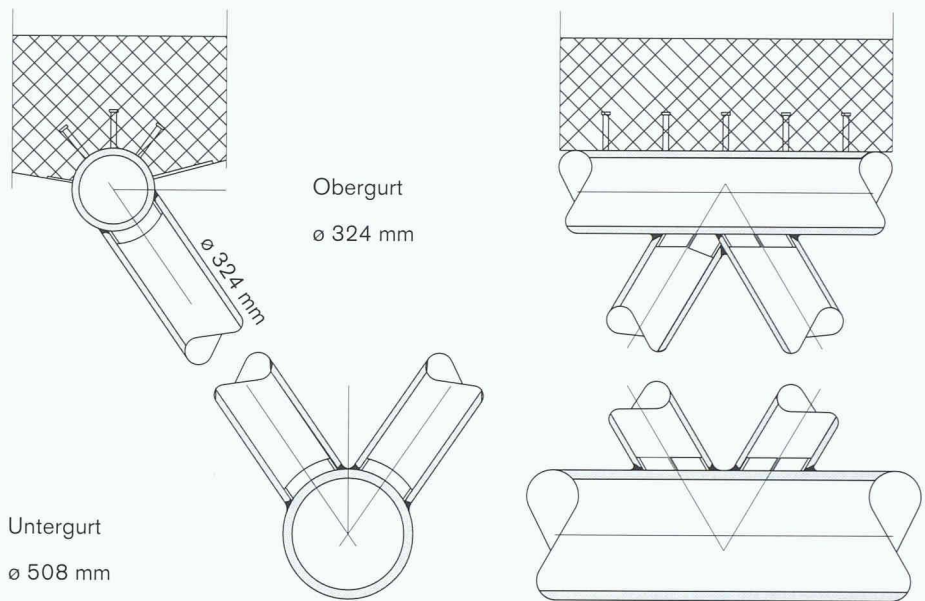
Geplant als zweistöckige Brücke, mit der Autobahn in der unteren und der Stadtstrasse auf der oberen Ebene, bietet sich hier ein Fachwerk an, das diese beiden Ebenen verbindet (Bild 11). Damit werden die beiden Fahrbahnplatten durch Fachwerkgurten. In reiner Betonbauweise wären die Fachwerkstebben zu massiv ausgefallen und hätten den «Durchblick», so das Kennwort beim Wettbewerb, sehr behindert. Auch hier boten sich Stahlrohre als schlanke Lösung an (Bild 12). Neu an dieser Verbundbrücke dürfte sein, dass beide Betongurte ohne eine aussen liegende Stahlkonstruktion auskommen und nur mit einem zentralen Stahlkern bestückt werden müssen, der sowohl bei der Montage im Freivorbau als auch bei der Horizontalkraftübertragung aus den Fachwerkdiagonalen hilfreich sein wird. Die Vertikalkomponenten dieser Diagonalen werden direkt von der einen zur anderen übertragen (Bild 13). Während die Brücke von Lully Ende des Jahres dem Baustellenverkehr auf der A1 übergeben werden kann, steht der Bau der Dreirosenbrücke in den kommenden Jahren noch bevor.

Eine weitere Verbundbrücke mit Rohrfachwerk, die einen Wettbewerb von fünf Ingenieurgruppen im Jahre 1994 gewonnen hat, wird die Aarebrücke bei Aarwangen sein.

**Weitere interessante Entwurfsansätze**

Weitere interessante Ansätze in der Schweiz zeigen z.B. die Sunnibergbrücke in Graubünden mit Trapezblechen als Stegen und der «nuovo ponte sul Capriasca a Odogno» im Tessin mit vorgespannter Unterspannung. Über beide Bauwerke berichten ihre Projektverfasser Conzett und Muttoni in den beiden nachfolgenden Beiträgen dieses Heftes.

Wie vorher definiert, dürfen zu den Verbundbrücken auch solche mit obenliegenden Stahlbogen gerechnet werden. Dabei wird der Bogenschub entweder von einem reinen Betontrog, wie z.B. bei der Rhonebrücke bei St-Maurice vom Jahre 1984, oder von einer Stahlverbundplatte, wie bei der zur Zeit im Bau befindlichen Archbrücke über die Aare, übernommen (Bild 14).



10  
Rohrknoten

**Technologie**

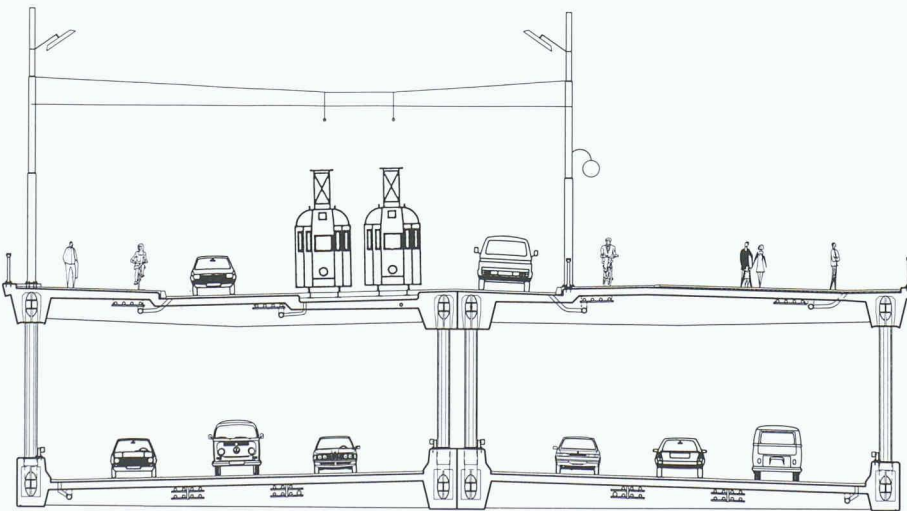
Wenn wir in diesem Zusammenhang von Technologie sprechen, so meinen wir Entwicklungen zur Statik und Konstruktion,

die einerseits ihren Ursprung in der klassischen Verbundbrücke und andererseits in den neuen Rohrkonstruktionen haben.

Zur ersteren wird in [12] über Forschungsarbeiten am ICOM der ETH Lausanne berichtet, die unter anderem Antworten auf die folgenden Fragen geben sollen:

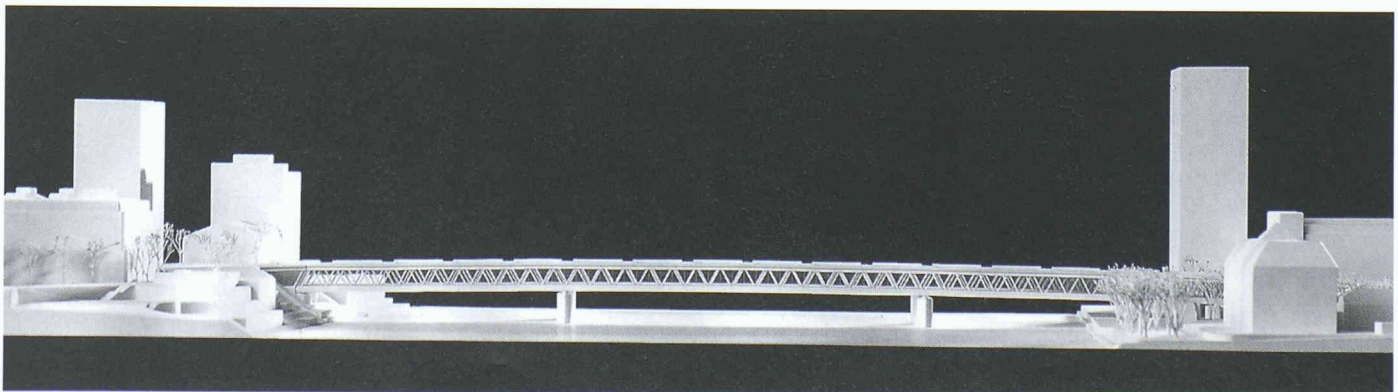
- Ist ein normengerechtes n-freies Bemessungskonzept bei Verbundbrücken möglich?
- Wie wird dabei die gerissene Zugzone im Beton über den Stützen berücksichtigt?
- Welche Auswirkungen hat das Betonschwinden auf die Stahlkonstruktion?
- Wodurch entstehen Haarrisse in der Betonplatte, und wie können sie begrenzt werden?
- Ist eine Längsvorspannung der Fahrbahnplatte sinnvoll?

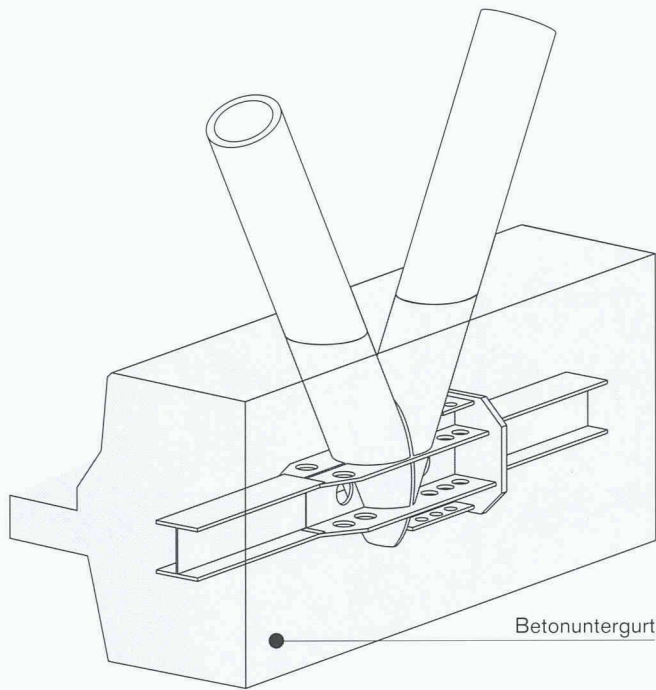
Ohne dem Ergebnis der Untersuchungen, die Ende dieses Jahres sowohl in [1], als auch in einer Doktorarbeit von J.-M. Duret am ICOM veröffentlicht werden, vorgreifen zu wollen, kann gesagt werden, dass ein n-freies Bemessen mit Momentendeckungslinien für alle Bauphasen möglich sein wird, dass die gerissene Zug-



11  
Dreirosenbrücken in Basel (CH) – Querschnitt

12  
Projekt «Durchblick»





13  
Knotenprinzip

zone bis rund  $0,2L$  links und rechts des Auflagers zu berücksichtigen ist, dass der Schwindeinfluss auf die Hauptträger voraussichtlich vernachlässigt werden kann, dass die Haarrisse weniger von Schwindspannungen herrühren, als von der grossen Abbindewärme beim Erkalten des Betons und dass eine Längsvorspannung nur bei kleinen  $\beta$ -Verhältnissen ( $\beta = A_{\text{Stahl}}/A_{\text{Beton}}$ ), das heisst z.B. bei Fachwerkbrücken mit breiten Fahrbahnplatten von Typ Lully, sinnvoll ist.

Zum Abschluss noch einige Worte zu dem im Verbundbrückenbau neu auftauchenden Thema der Rohrknöten: Diese Knöten können auf Traglast mit den zur Verfügung stehenden Unterlagen [16] sicher berechnet werden. Dabei sollten die Schweißnähte entsprechend der Tragkraft des anzuschweisenden Stabes ausgelegt sein, das heisst, sie sollten der Wanddicke des Füllstabes entsprechen. Bekanntlich ist bei Strassenverbundbrücken - im Gegensatz zum Vollwandträger - auch bei Fachwerken die Ermüdung in Abhängigkeit des Knötendetails massgeblich. Um das Rohrmaterial einigermaßen wirtschaftlich ausnutzen zu können, sollten dabei Kehlnähte ausgeschlossen werden, da sie die Ermüdungsfestigkeit für die Füllstäbe - und gerade bei ihnen erreichen die Spannungsdifferenzen die höchsten Werte - auf den niedrigsten Normenwert von  $36 \text{ N/mm}^2$  herunterdrücken.

Eine wesentliche Steigerung der Ermüdungskapazität kann nur bei einer auf Unterlage durchgeschweißten Naht erwartet werden, wie z.B. im Falle Lully (Bild 15). Dabei wurde ein recht konservativer Wert von  $50 \text{ N/mm}^2$  eingehalten. Auch mit diesem Wert können die Füll-

stäbe noch nicht voll ausgenützt werden. Eine Materialeinsparung von rund 10% wäre mit einer Einordnung des Ermüdungsdetails in die Kerbgruppe  $71 \text{ N/mm}^2$  möglich. Diese Einordnung scheint durchaus realistisch, und zwar im Hinblick auf die hohe Qualität der Nähte, die bei der Brücke von Lully erreicht wurde, sowie die gewonnenen Erkenntnisse über ihre Prüfbarkeit. Daher wurde die Aufnahme diesbezüglicher Forschungsarbeiten am ICOM der ETH Lausanne angeregt.

Während bei den Traglastberechnungen der Knöten von den am idealen Gelenkfachwerk ermittelten Stabkräften allein ausgegangen werden kann, sind für die Feststellung der Ermüdungsfestigkeit die Spannungsspitzen unter Berücksichtigung der Sekundärmomente zu ermitteln. Dabei kann entweder von der SCF-Methode (SCF = stress concentration factor), die nur für durchgeschweißte Knötenanschlüsse gilt, ausgegangen werden oder von Berechnungen mit finiten Elementen. In diesem Fall ist auch die Schweißnaht zu elementieren.

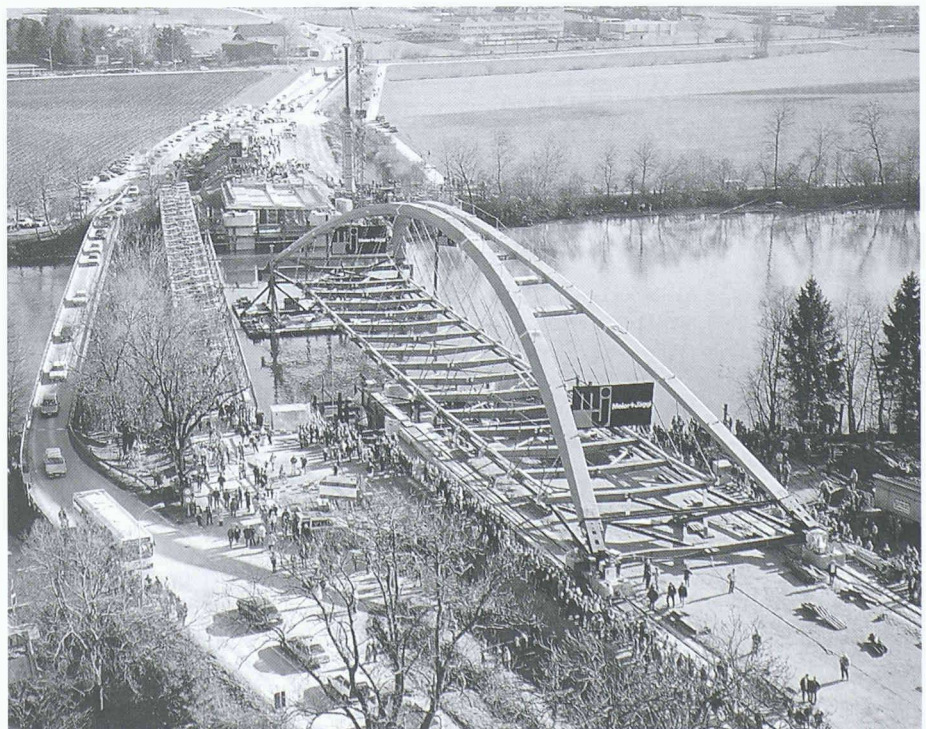
### Zukünftige Entwicklungen

Wenn in diesen Betrachtungen die klassische Verbundbrücke etwas zu kurz kam, so soll das nicht heissen, dass ihr keine Zukunftsaussichten eingeräumt werden können, ganz im Gegenteil. Sie wird wegen ihrer ausgewiesenen Vorteile, wie Langlebigkeit, Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit, vermehrt an Boden gewinnen. Dazu beitragen werden Fortschritte der Forschung, z.B. auf folgenden Gebieten:

- Berechnung
- Betontechnologie
- Rissesicherung

Daneben stehen die Zeichen auf mehr Kreativität. Die stahlspezifische Eigenschaft, filigrane Strukturen schaffen zu können, hält wieder ihren Einzug im

14  
Archbrücke über die Aare (CH). Foto: Ryf, Grenchen



Brückenbau. Dabei wird das Rohr als Bauteil an Bedeutung gewinnen. Die Hochschulen können diesen Trend in zweierlei Hinsicht fördern:

- mit der Forschung und
- mit der Lehre

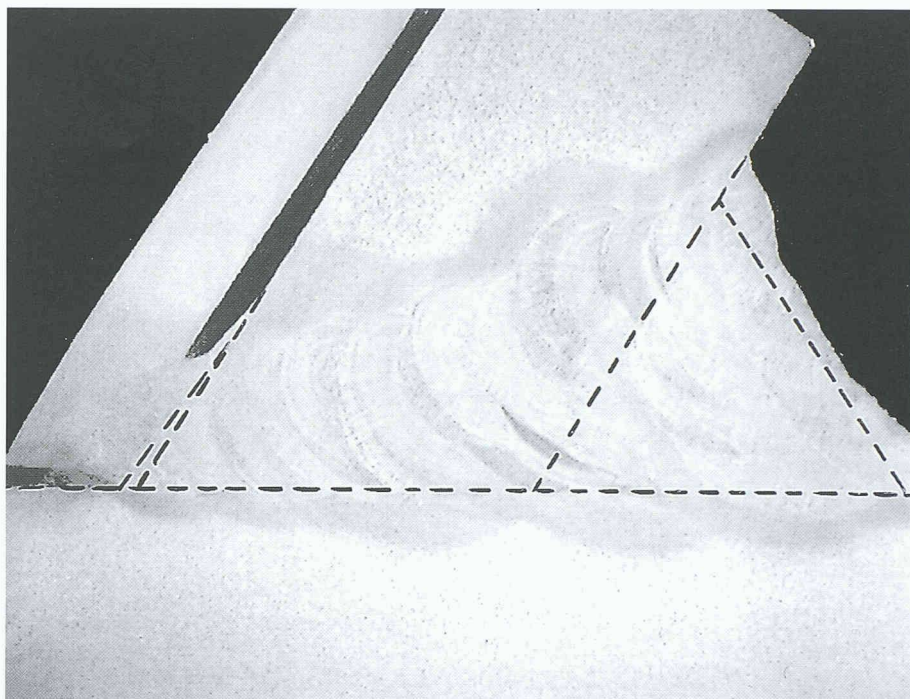
Mit der Forschung, insbesondere auf dem Gebiet der Dauerfestigkeit geschweisster Rohranschlüsse, und mit der Lehre, in dem sie bei den angehenden Ingenieuren neben der wissenschaftlichen Ausbildung vermehrt wieder die Kreativität fördern.

Dies sollte ab den ersten Semestern mit einer Entwurfslehre geschehen, die zusammen mit Architekturstudenten vermittelt werden könnte. Vielleicht kann so eine Tendenz gestoppt werden, die sowohl bei der erwähnten Kronprinzenbrücke in Berlin [11], als auch bei der Seinebrücke «Charles de Gaulle» in Paris [4] beobachtet werden konnte, nämlich die Tendenz, dass Brücken aus Architekten- statt aus Ingenieurwettbewerben hervorgehen.

Ingenieure, besinnt euch auf Eure Kreativität, dann bleiben Stahlverbundbrücken auch künftig im Aufwind.

Adresse des Verfassers:

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



15

Makroschliff eines auf Unterlage durchgeschweissten Rohranschlusses. Fotos: J. Säuberlin, Ecoteaux

## Literatur

- [1] Lebet J.-P., Ducret J.-M.: Langzeitverhalten durchlaufender Verbundbrücken. Publikation ICOM 351 - noch unveröffentlichtes Manuskript
- [2] Fischer M., Schulte C.: Anwendung wetterfester Baustähle im Brückenbau. Dokumentation Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V. Düsseldorf 1992
- [3] Schlaich J., Menn Ch.: Reden zur Verleihung der Ehrendoktorwürde (Dr.-Ing. E.h.) an Prof. Dr. sc. techn. Christian Menn durch die Universität Stuttgart am 2.2.1996. Universität Stuttgart - Reden und Aufsätze 55
- [4] Monthieux J.: Le pont Charles de Gaulle à Paris - Le concours. Bulletin Ponts métalliques OTUA n° 18, 1996
- [5] Blaser, Framton, Nicolin: Santiago Calatrava: Ingenieur-Architektur. Birkhäuser Verlag, Basel 1990
- [6] Virlogeux M.: Tragwerk und Gestaltung von Brücken. Beton- und Stahlbetonbau, Heft 1/1997
- [7] Virlogeux M.: Les ponts mixtes associant l'acier et le béton précontraint. Bulletin Ponts métalliques OTUA N° 15, 1992
- [8] Kuhlmann U.: Perspektiven im Verbundbrückenbau. Der Stahlbau, Heft 10/1996
- [9] Bundesministerium für Verkehr: Ergänzende Bestimmung zu den Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Stahlverbundträgern. Verkehrsblatt-Dokument Nr. A661D - Vers. 06/94
- [10] Saul R.: Bridges with Double Composite Action. Structural Engineering International 1/96
- [11] Eisel, Jabn, Nymuen, Sedlacek: Realisierungswettbewerb Wiederaufbau Kronprinzenbrücke. Der Stahlbau, Heft 12/1996
- [12] Dauner H.-G.: Ponts mixtes: développements. IAS, Ingénieurs et Architectes Suisses, 11/96
- [13] Dauner H.-G.: Entwicklungen im Verbundbrückenbau. SI+A, Schweizer Ingenieur und Architekt, 42/96
- [14] Dauner H.-G.: Der Viadukt von Lully - eine Autobahnbrücke der Natur abgeschaut. Baukultur 6/96
- [15] Submissionswettbewerb Rheinbrücke Basel: SI+A, Schweizer Ingenieur und Architekt, 7/96
- [16] Wardenier, Kurobane u.a.: Berechnung und Bemessung von Verbindungen aus Rundhohlprofilen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung. CIDECT/Verlag TÜV Rheinland, 1991