

Die Stahlfahrbahn für Brückenerneuerungen

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **109 (1991)**

Heft 41

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-86027>

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.

chen Glattal und im Furttal. Die übrigen Regionen mit weniger als 80 Arbeitsplätzen pro 100 berufstätige Einwohner weisen durchwegs Zupendleranteile im Bereich von 20% auf, unabhängig vom Grad der Durchmischung.

Wird der *gesamte Pendlerverkehr* (Zu- und Wegpendler zusammen) betrachtet, zeigt sich folgendes (Bild 6): Mit zunehmendem Grad der Durchmischung nimmt der Pendlerverkehr (aufgrund der kleiner werdenden Zahl der Wegpendler) zunächst ab, steigt aber von einem gewissen Punkt an (infolge zusätzlicher Zupendler) wieder deutlich an. Der optimale Punkt mit einem Minimum an Pendlerverkehr liegt nicht beim theoretisch besten Verhältnis von 100 Arbeitsplätzen pro 100 berufstätige Einwohner, sondern schon bei etwa 70–80.

Binnenpendler

Bei den Binnenpendlern innerhalb der Regionen, inklusive der Binnenpendler der Gemeinden, ergibt sich folgendes (Bild 7): Der Anteil des Binnenverkehrs steigt mit der besseren Durchmischung von Wohnen und Arbeiten bis zu einem gewissen Punkt an, bleibt dann aber mehr oder weniger konstant. Auch wenn genügend Arbeitsplätze in der betreffen-

den Region vorhanden sind, bleibt der Anteil Binnenverkehr auf 55% beschränkt.

Eine Auswertung der einzelnen *Gemeinden im RZU-Gebiet* bestätigt im wesentlichen die aus den Regionen gewonnenen Erkenntnisse. Auch wenn die Resultate der Gemeinden (Bild 8) mit einem grossen Streubereich behaftet sind, lassen sich doch dieselben Zusammenhänge zwischen Durchmischung und Pendlerverkehr erkennen, sowohl bei den Zupendlern wie bei den Wegpendlern.

Zusammenfassung und Schlüsse

Die Analyse des Pendleraufkommens von 10 Teilregionen der Region Zürich und Umgebung lässt den Schluss zu, dass sich der Pendlerverkehr mit einer geeigneten Durchmischung von Wohn- und Arbeitsplätzen bis zu einem gewissen Grade reduzieren lässt. In der stark auf die Kernstadt ausgerichteten Agglomeration Zürich weisen Teilregionen mit rund 70 bis 80 Arbeitsplätzen pro 100 berufstätige Einwohner den geringsten Pendlerverkehr von und nach anderen Regionen auf. Wo weniger Arbeitsplätze vorhanden sind, ist ein stär-

kerer Wegpendlerverkehr festzustellen. Wo die Arbeitsplatzzahl diesen Wert übersteigt, wächst der Zupendlerverkehr deutlich an, ohne dass der Wegpendlerverkehr abnimmt. Auch in den am besten durchmischten Regionen beträgt der Anteil Wegpendler noch 45%, jener der Zupendler noch 15%.

Gemäss Volkszählung 1980 wies die Hälfte der untersuchten Teilregionen (Limmattal, südliche Teile der Regionen Knonaueramt, Glattal, Pfannenstil und Zimmerberg) eine Durchmischung auf, die dem Optimum sehr nahe kommt. Bei drei stärker auf das Wohnen ausgerichteten Teilregionen (nördliche Teile der Regionen Zimmerberg, Pfannenstil und Knonaueramt) könnten zusätzliche Arbeitsplätze zu einer Verminderung von Wegpendlern beitragen, und in zwei Teilregionen mit hohen Arbeitsplatzzahlen (Furttal und nördliches Glattal) wäre eine Reduzierung des Zupendlerverkehrs durch zusätzliche Einwohner denkbar. Ob solche Entwicklungen seit 1980 allenfalls bereits eingetreten sind, wird erst die Auswertung der Volkszählung 1990 zeigen.

Adresse des Verfassers: *Manfred Eggenberger*, dipl. Ing. ETH/SIA/SVI, Regionalplanung Zürich und Umgebung (RZU), Seefeldstrasse 329, 8008 Zürich.

Die Stahlfahrbahn für Brücken-erneuerungen

Am Beispiel der Rhonebrücke auf der Kantonsstrasse Nr. 725c bei Chessel kann die vorteilhafte Anwendung einer in der Schweiz weithin unbekanntem Technik, nämlich jener der Stahlfahrbahn (orthotrope Platte), gezeigt werden.

Geschichtlicher Rückblick

Die Vorgängerin der heutigen Brücke war eine Holzbrücke aus dem Jahre 1840 (nach [1] Bild 1).

VON HANS-GERHARD DAUNER,
AIGLE

Sie musste im Jahre 1905 einer Stahlfachwerkbrücke (Bild 2) Platz machen. Ihre Eichenpfähle mit Gusseisenspitzen wurden jedoch erst bei der Brückenerneuerung im Jahre 1990 aus dem Flussbett gezogen. Der Ingenieur und Konstrukteur Conrad Zschokke von der Me-

chanischen Werkstätte Döttingen gibt mit Datum vom 30. April 1904 zu seinem Angebot folgende Projektbeschreibung ab:

Aus dem Französischen übersetzter Text:

«Das Projekt einer Strassenbrücke über die Rhone bei der Porte du Scex, das wir die Ehre haben vorzustellen, besteht aus zwei parabolischen Trägern von 71,5 m Länge, auf zwei Widerlagern aufliegend und mit einer freien Öffnung von 70,0 m zwischen den Widerlagern (Bild 3).

Die Konstruktionsdetails der Träger gehen reichlich aus unseren Zeichnungen hervor, und dem ist ebenso mit der Fahrbahn, bestehend aus Zoreseisen unter

der Pflastersteinchausee, die beidseitig von Betonrinnen begrenzt wird.

Die Widerlager setzen sich aus zwei Teilen zusammen:

der eigentlichen Widerlagerbank auf einem Betonblock, der mittels des pneumatischen Verfahrens auf den guten Untergrund abgesetzt wird; den seitlichen Wänden, die direkt auf dem Gelände ruhen und die nur dann auf Pfählen gegründet werden müssten, wenn das Gelände ungenügend widerstandsfähig wäre.

Alle Betonsichtflächen werden mit behauenen Kalksteinen samt abgeschliffenen Kanten ummauert. Die Pfosten und Auflagersitze sind in Granit vorgesehen, während alle anderen im Projekt angegebenen Verkleidungssteine Kalksteine sind. Die Berechnungen der notwendigen Dimensionen für die verschiedenen Stahlkonstruktion und Widerlagerbänke so wie deren Seitenwände gehen aus den graphischen Berechnungen unserer Blätter IV und V hervor.

Wir benutzen die Gelegenheit für den Hinweis, dass wir nicht für die Ausfüh-

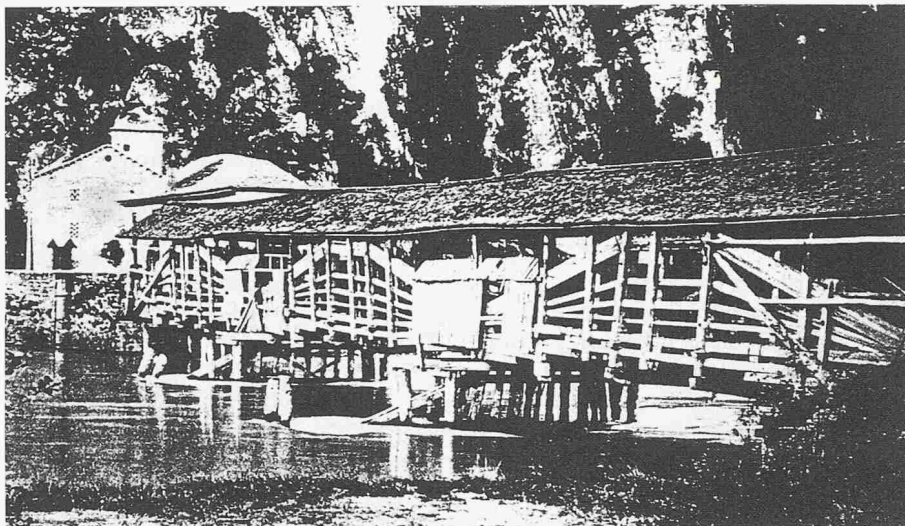


Bild 1. Rhonebrücke bei Chessel, gebaut 1840

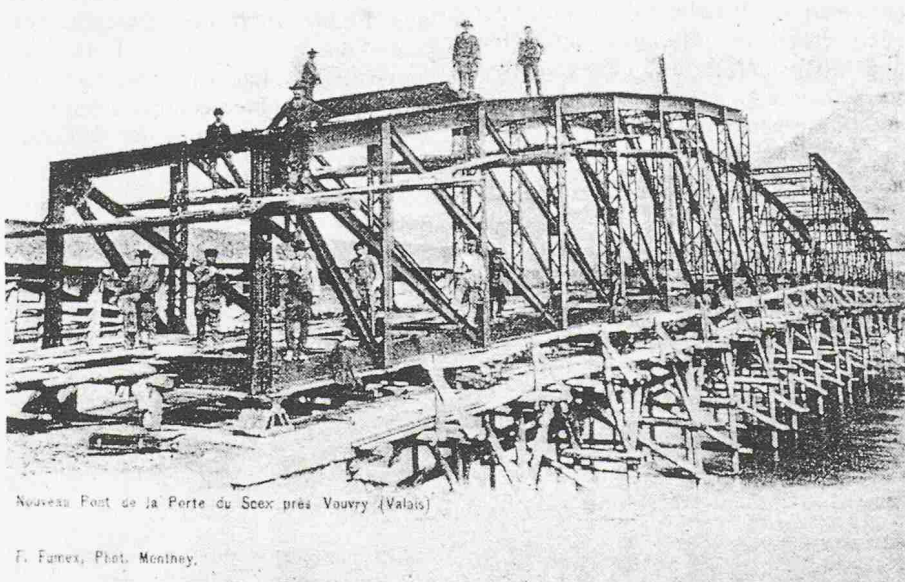


Bild 2. Ablösung der Holzbrücke im Jahre 1905

«... rung der Gründungs- und Widerlagerarbeiten engagiert werden können, ohne gleichzeitig mit der Lieferung der Brücke betraut zu sein.»

Aarau, den 30. April 1904

gezeichnet Cd. Zschokke

Nach den Eintragungen im Register der «Brücke von Chessel» wurde das Bauwerk in den Jahren 1916 und 1958 neu angestrichen.

P. Dubas untersucht in [2] die Eigenarten von doppelten Ständerfachwerken und berichtet in diesem Zusammenhang über diese Brücke, bei der in den sechziger Jahren nach einem Autounfall, der einen Ständer beschädigte, aufgrund statischer Überprüfungen acht Diagonalen verstärkt und bei weiteren zwölf zusätzliche Bindebleche eingeschweisst werden mussten. Vermutlich wurde um dieselbe Zeit die Lastenschränkung auf 16 Tonnen eingeführt.

1977 betraut die Behörde J.-C. Badoux mit der Bearbeitung eines Expertenberichtes über den Zustand und die Sanierungsmöglichkeiten dieser Brücke [3]. Kurz zusammengefasst kann daraus entnommen werden, dass:

- die Fachwerke in einem noch guten Zustand sind
- die Fahrbahn auf hoffnungslos verrosteten Zoresen vollkommen erneuert werden muss.

Er schlägt vor, die schwere Fahrbahn durch einen leichten Gitterrost ($\leq 200 \text{ kg/m}^2$ ohne Querträger) zu ersetzen, Quer- und Längsträger auszutauschen und einige Diagonalen zu verstärken.

Im Jahre 1989, auf der Basis des dritten Nachtrages zum Expertenbericht von Badoux, der von einer imminanten Ein-

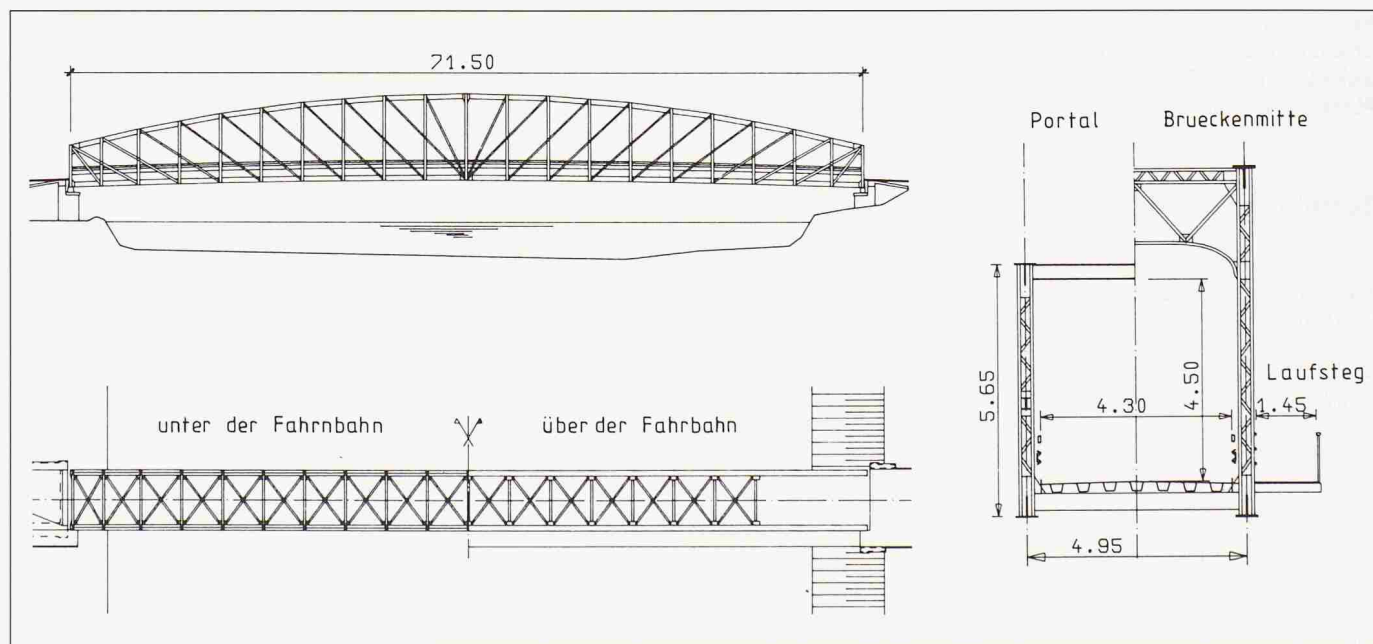


Bild 3. System der Stahlfachwerkbrücke, Ansicht, Grundriss, Schnitt (rechts)

sturzgefahr der Fahrbahn spricht, werden die zulässigen Verkehrslasten auf 3,5 Tonnen reduziert (Bild 4). In der Folge dieser drakonischen Einschränkungen beschliesst die Behörde, sofort alle notwendigen Erneuerungsarbeiten zu unternehmen, die nötig sind, um wieder auf die vorangegangene Zulassung von 16 Tonnen zu kommen. Die Arbeiten werden in der dafür vorgesehenen Zeit vom 9. Januar bis zum 2. August 1990 ausgeführt. Während der Erneuerungsarbeiten wird der Kleinverkehr (Beschränkung ebenfalls auf 3,5 Tonnen) auf eine ungefähr sechs Meter flussaufwärts installierte Hilfsbrücke umgeleitet.



Bild 4. Einschränkungen vor der Erneuerung

Projekt und Ausführung

Zur Bewältigung der Erneuerungsarbeiten in der vorgegebenen kurzen Zeit musste eine Lösung gefunden werden, bei der so wenig wie möglich zu verstärken und auszuwechseln war. Die Fahrbahn (Bild 5) war, wie bereits gesagt, auf jeden Fall zu ersetzen, da die tragenden

Zoreisen total durchgerostet waren (Bild 6, siehe nächste Seite). Die folgende einfache Gewichts- und Lastenbilanz zeigt, dass es interessant ist, die schwere Fahrbahn, wie von Badoux bereits erwähnt, durch eine leichte zu ersetzen, d.h. in unserem Falle durch eine Stahlfahrbahn vom Typ orthotrope Platte (Bild 7).

Eigengewicht der alten Fahrbahn	500 kg/m ²
Eigengewicht der Stahlfahrbahn	200 kg/m ²
Gewichtseinsparung bzw.	300 kg/m ² 99 t

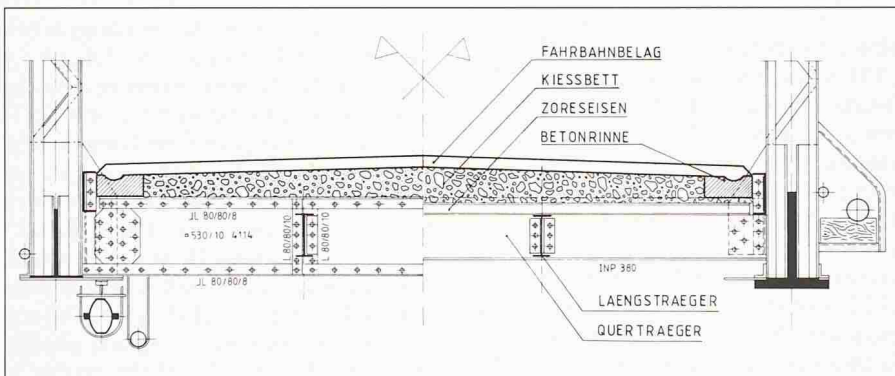


Bild 5. Die Fahrbahn vor der Erneuerung

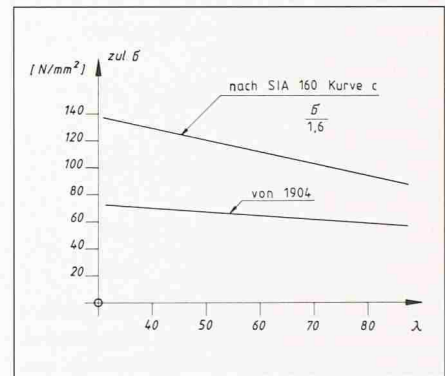


Bild 8. Zulässige Druckspannungen

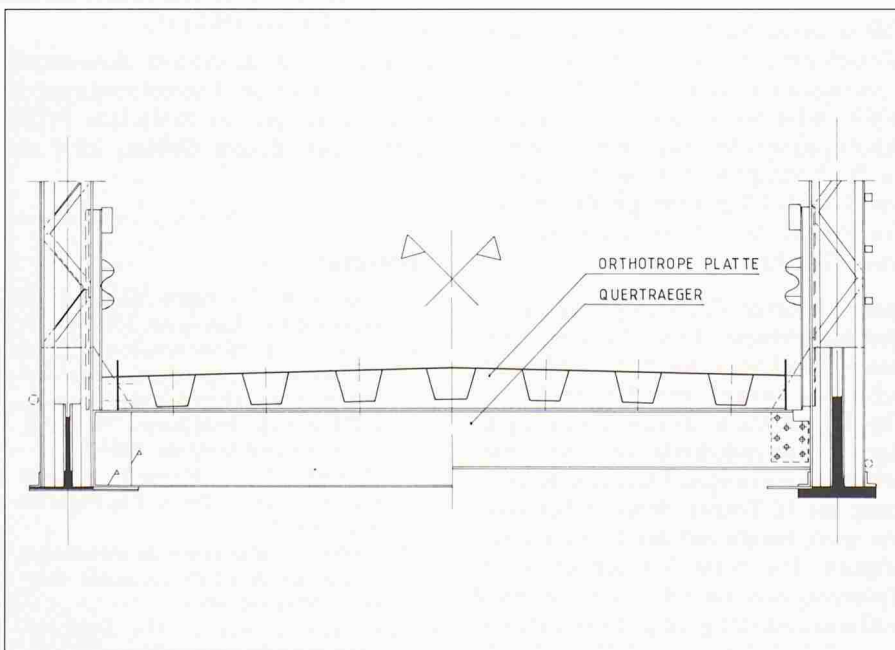


Bild 7. Stahlfahrbahn

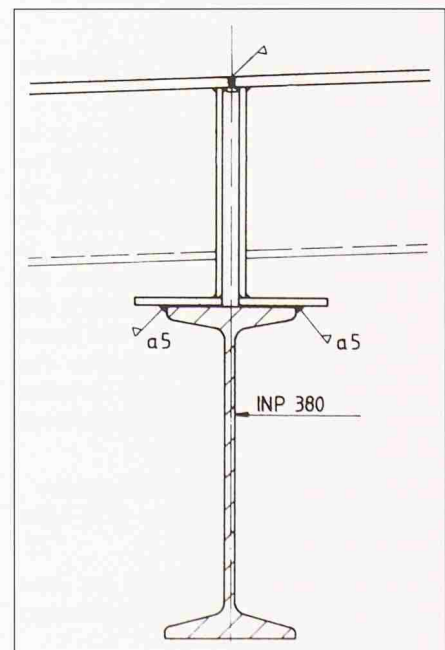


Bild 9. Befestigung der Stahlfahrbahn auf den bestehenden Quertägern



Bild 6. Verrostete Untersicht der Brücke



Bild 10. Die Brücke vor dem Sandstrahlen und Anstrich

Die Summe der Verkehrslasten nach SIA 160 Ausgabe 1989 unter Berücksichtigung einer Minderung um 25% nach Artikel 4.09.106 für eine weniger als 6 m breite Chaussee (hier 4,30 m) ist:

Lastmodell 1	
$4 \times 7,5 \times 1,8 \times 0,75 = 41 \text{ t}$	
Lastmodell 2	
$0,5 \times 3 \times 71,5 \times 0,75 = 80 \text{ t}$	
Lastmodell 3	
$0,35 \times 1,3 \times 71,5 \times 0,75 = 24 \text{ t}$	
Total	145 t

Unter der Annahme einer Verkehrslastreduktion proportional zur angegebenen Einschränkung auf 16 t ergibt sich eine zugelassene Gesamtverkehrslast von

$$\frac{16}{28} \times 145 = 83 \text{ t}$$

d.h. 16 t weniger, als durch die Stahlfahrbahn eingespart werden konnte.

Das Gesamtgewicht des zusätzlich installierten Fussgängersteiges beträgt nur 12 Tonnen. Diese wenigen Zahlen zeigen schon, dass die Auswechslung der Fahrbahn allein bereits genügt hätte, die Begrenzung von 3,5 t aufzuheben, und wieder Lasten bis 16 t zuzulassen und dies ohne Berücksichtigung der Reserven, die ja noch dadurch bestehen, dass der Projektautor die folgenden Verkehrslasten in seiner Berechnung berücksichtigt hat:

gleichmässig verteilte Verkehrslasten	350 kg/m ²
Einzelverkehrslasten	12 t

Die Berechnung der Brücke im Jahre 1904 basierte auf folgenden zulässigen Spannungen:

für Zugstäbe	98 N/mm ²
für Druckstäbe	siehe Bild 8

Die Statik wurde mit Cremonaplan am Gelenkfachwerk durchgeführt unter Vernachlässigung der statisch überzähligen Mitteldiagonalen [2].

Materialversuche am Institut LMM der ETH Lausanne [4] an mehreren der Brücke entnommenen Probekörpern haben zu folgendem Ergebnis geführt: Es handelt sich um einen schweisbaren Stahl, den man in der Nähe des Fe 360 nach SIA-Norm einordnen kann. Bei einem Ermüdungsversuch an einem Winkelblech L80/8...1000 mit Nietlöchern Ø 21 wurde unter Schwellspannungen zwischen 70 und 100 N/mm² bei einer Spannungswechselzahl von Ne = 1,4 Millionen ein Riss in Stabmitte quer durch ein Nietloch erzeugt.

Die statische Nachrechnung der Brücke als Gelenkfachwerk mit 75% der Normverkehrslasten nach SIA 160 Ausgabe 1989 und unter Berücksichtigung eines Abrostungsgrades zwischen 15 und 25 % der Untergurte, hat zur Verstärkung von 8 der 44 Diagonalen geführt. Betroffen waren die Mitteldiagonalen aus zwei Gründen:

einer kleineren Zugbeanspruchung wegen der leichteren Fahrbahn, einer grösseren Druckbeanspruchung wegen des schweren Lastenzuges (Lastmodell 1). Die Brücke würde also die derzeit gültigen Normverkehrslasten ohne Einschränkung ertragen. Dass eine Begrenzung auf 16 Tonnen dennoch beibehalten wird, beruht auf der Ermüdungsfestigkeit. Die beim Versuch ermittelte Spannungswechselzahl, obwohl nicht voll aussagekräftig, zeigt doch eine diesbezügliche Schwäche auf. Deshalb sollte ein relativ niedriges Spannungsdifferenzniveau beibehalten werden.

Die orthotrope Platte, nach [5] bemessen, ist für eine Verkehrslastgruppe von $4 \times 7,5 \times 1,4 = 42 \text{ t}$ ausgelegt. Der dynamische Beiwert der Norm SIA 160 wurde dabei wegen des verlangsamten Verkehrs auf der Brücke von 1,8 auf 1,4 reduziert. Die Stahlfahrbahn besteht aus einem oberen Deckblech Fe 360 (St.R 37-2) und trapezförmigen Längssteifen aus Q-Stahl STE 420 TM (Streckgrenze 420 N/mm²) der für Kaltverformungen besonders geeignet ist. Diese Längssteifen tragen über 3,70 m, dem Abstand des Querträgers IPN 380, auf denen sie aufgeschweisst sind (Bild 9). Sechs von 21 Querträgern mussten ersetzt werden (Bild 10). Die Stahlfahrbahn wurde in 20 Schüssen von je drei Tonnen Gewicht vorfabriziert, auf den Querträger verlegt und verschweisst (Bild 11).

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Frage des Fahrbahnbelages. In Deutschland gibt es zahlreiche Erfahrungen auf diesem Gebiet; 10% der

Literatur

- [1] Vautier, A.: La Patrie Vaudoise. G. Bridel & Cie, Lausanne, 1903
- [2] Dubas, P.: Einfluss von überzähligen Streben und von durchgehenden Gurten beim doppelten Ständerfachwerk. ETH Zürich, Publikation Nr. 89-2, Baustatik und Stahlbau 1989
- [3] Badoux, J.-C.: Rapport d'expertise, Pont sur le Rhône à la Porte du Scex, 1977
- [4] LMM: Laboratoire de métallurgie mécanique de l'EPF Lausanne. Rapport LMM 846/90-3
- [5] Pelikan/Esslinger: Die Stahlfahrbahn-Berechnung und Konstruktion MAN-Forschungsheft Nr. 7/1957

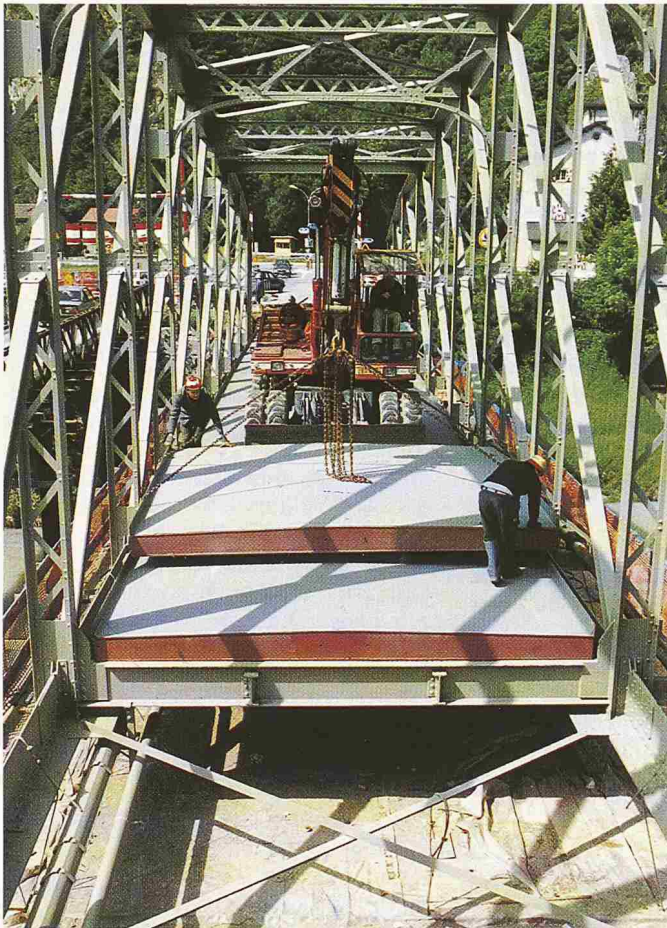


Bild 11. Einbau der Stahlfahrbahn

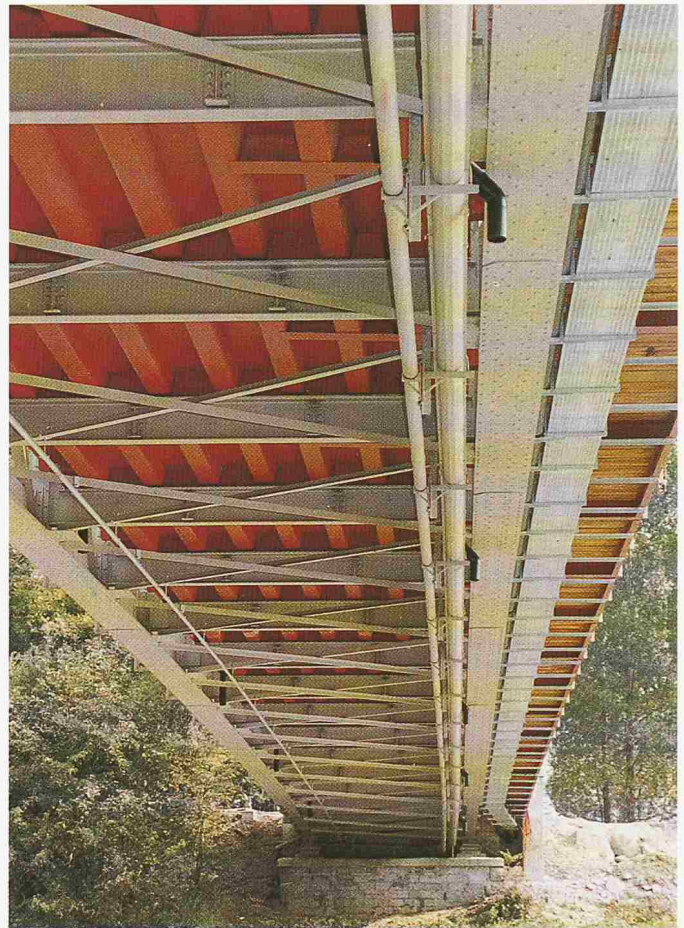


Bild 12. Die Brücke mit Stahlfahrbahn von unten

Brücken haben Stahlfahrbahnen. Dabei ist der Verbund zwischen Belag und Blech entscheidend. Gut bewährt hat sich der Einbau einer 3mm dicken Haftsicht aus Zweikomponentenkunstharz mit einer Edelsplittabstreuung, auf der dann der übliche Asphaltbelag von insgesamt 7 cm aufgebaut wird.

Im Falle dieses Bauwerkes mit reduziertem und stark verlangsamtem Verkehr wurde der Asphaltbelag ganz weggelassen, der Kunstharzbelag von 3 auf 5 mm verstärkt und die sonst übliche Edelsplittmenge von 1,5 kg/m² auf 3,0 kg/m² verdoppelt. Es handelt sich um einen Test für weitergehende Anwendungen. Es sei in diesem Zusammenhang darauf verwiesen, dass solche Beläge beim Militär z.B. für stählerne Panzerrampen verwendet werden.

Die Kosten für die beschriebenen Arbeiten waren:

Fabrikation samt Rostschutz und Montage der Stahlfahrbahn

t	60	Fr./t	3850.—	Fr.	231 000.—
m ²	330	Fr./m ²	700.—		
Spezialbelag					
m ²	330	Fr./m ²	157.60	Fr.	52 000.—
Verstärkungen				Fr.	60 000.—
		Total		Fr.	343 000.—

Die Abänderungsarbeiten für die zwei Portale zur Aufhebung der Höheneinschränkung und das Auswechseln von 4 Querträgern sind in diesen Kosten nicht inbegriffen.

Vergleichsweise können die Kosten für eine Lösung mit einer Betonfahrbahn und reduziertem Belagsaufbau von nur 4 cm wie folgt geschätzt werden:

Betonfahrbahn 22 cm dick					
m ²	330	Fr./m ²	200.—	Fr.	66 000.—
Dichtung und Belag					
m ²	330	Fr./m ²	60.—	Fr.	19 800.—
Verstärkungen und Dübel				Fr.	300 000.—
		Total		Fr.	385 000.—

Dabei muss bedacht werden, dass die umfangreichen Verstärkungen (Badoux spricht in [3] von «konstruktiv unmöglich») in der vorgegebenen Zeit niemals hätten durchgeführt werden können.

Ausblick

Die Stahlfahrbahn kann eine interessante Alternative bei Brückenerneuerungen sein (Bild 12). Ihr gegenüber einer Betonfahrbahn um 300 bis 400 kg/m² geringes Gewicht erlaubt Erneuerungen ohne komplizierte, aufwendige und teure Verstärkungen der bestehenden Strukturen.

Adresse des Verfassers: Hans-Gerhard Danner, Dr.-ing.civil SIA, bureau DIC, 1860 Aigle, rue de la Gare 6.