

# Schrägseilbrücke über den Rhein bei Diepoldsau: statische und dynamische Belastungsproben

Autor(en): **Bacchetta, Aldo**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 13

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76544>

## **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.

# Schrägseilbrücke über den Rhein bei Diepoldsau

## Statische und dynamische Belastungsproben

Von Aldo Bacchetta, Zürich

Am 8. und 9. August 1985 hat die neue Schrägseilbrücke über den Rhein bei Diepoldsau die Belastungsprobe erfolgreich bestanden. Die durchgeführten Messungen bestätigten und übertrafen sogar die Erwartungen. Schwerpunkt der Messungen bildeten die Deformationen an der Brücke (Fahrbahn, Pylone, Schrägseile) unter statischen Lasten sowie die Schwingungen bzw. deren Auswirkungen unter dynamischen Lasten.

### Allgemeines

Die Projektverfasser führten am 8. und 9. August 1985 mit dem *Institut für Baustatik und Konstruktion der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne* statische und dynamische Belastungsversuche an der neuen Rheinbrücke Diepoldsau durch (Bilder 1 bis 3).

Die Rheinbrücke Diepoldsau ist Teil der Staatsstrasse Nr. 41 und verbindet die Gemeinden Widnau und Diepoldsau. Sie stellt gleichzeitig eine Ver-

bindung zwischen der österreichischen Rheintalautobahn und der Nationalstrasse N 13 durch das schweizerische Rheintal dar. Der künstliche Rheinlauf hat bei der Überführung dieser Strassenverbindung eine Gesamtbreite von 250 Metern mit einem Mittelgerinne von 100 m.

Bei der Rheinbrücke Diepoldsau wurde erstmals eine Vielseillösung mit einem sehr schlanken Plattenquerschnitt als Fahrbahnplatte für die Strassenbrücke gewählt. Diese Weiterentwicklung, kombiniert mit der Freivorbaumethode, ist bei kleinen und mittleren Spann-

weiten gegenüber Lösungen mit wenigen Schrägkabeln und Versteifungsträgern wirtschaftlich.

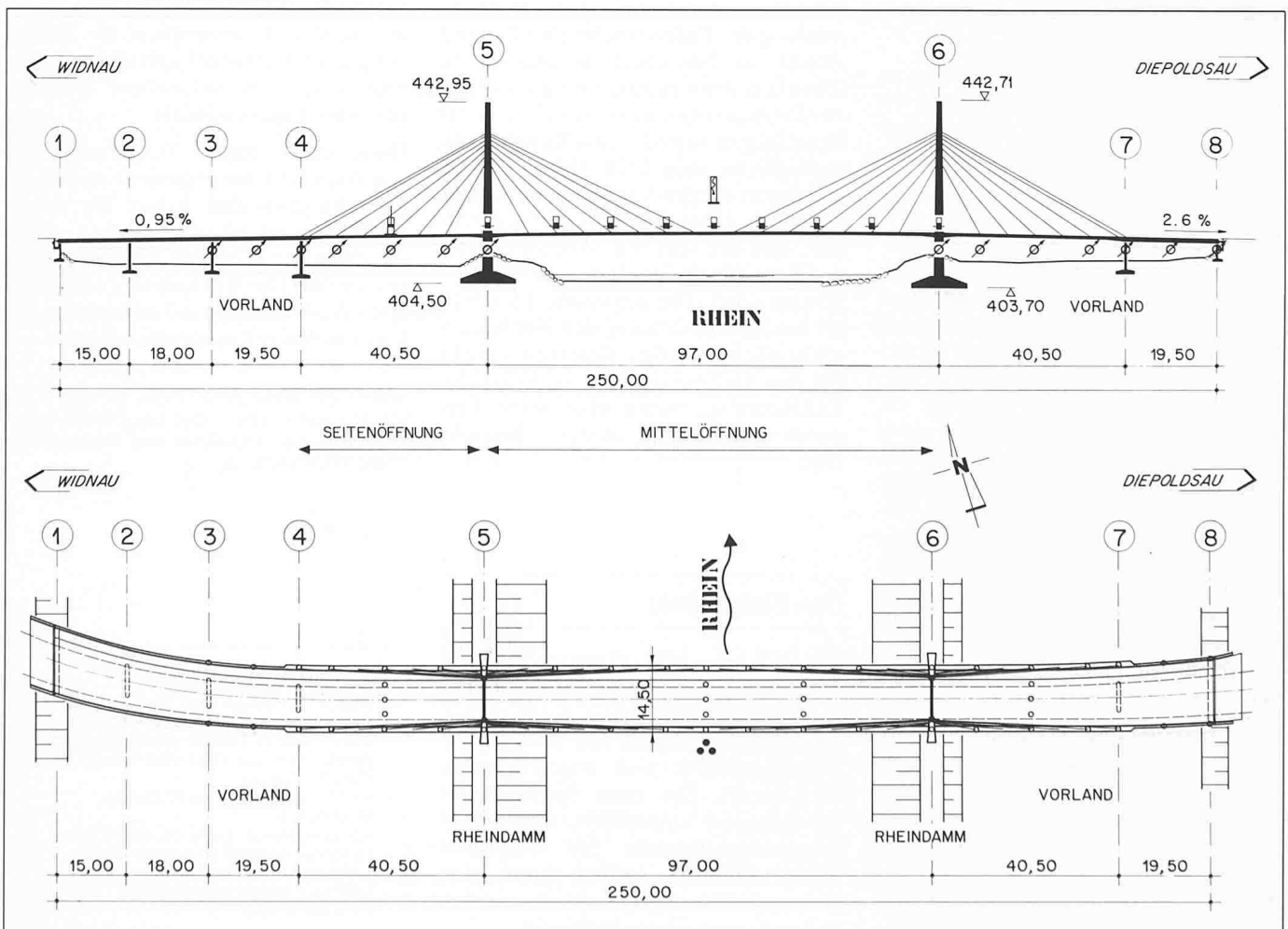
In [2], [3] und [4] wurde ausführlich darüber berichtet.

### Ziel der Belastungsprobe

Bei einer Belastungsprobe geht es, entgegen «mittelalterlichen» Annahmen, nicht mehr darum, zu kontrollieren, ob die Brücke überhaupt der Belastung standhält oder nicht. Vielmehr steht die praktische Überprüfung der zuvor berechneten Werte im Vordergrund. Durch modernste Mess- und Auswertungsgeräte sollen wertvolle wissenschaftliche Erkenntnisse für den Schrägseilbrückenbau im allgemeinen gewonnen werden.

Die Belastungsversuche wurden sowohl mit statischen als auch mit dynamischen Lasten durchgeführt und die Deformationen und Schwingungen mit entsprechenden Messinstrumenten registriert [1].

Bild 1. Längsschnitt und Grundriss



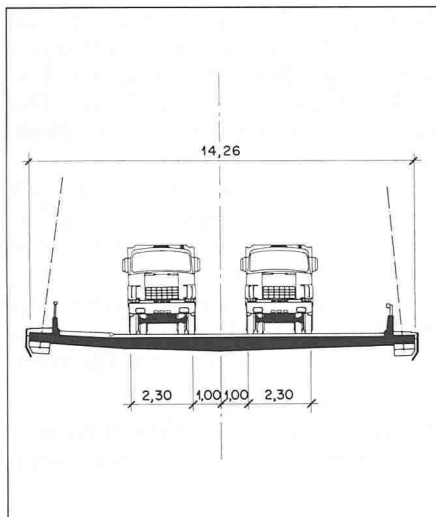


Bild 2. Querschnitt

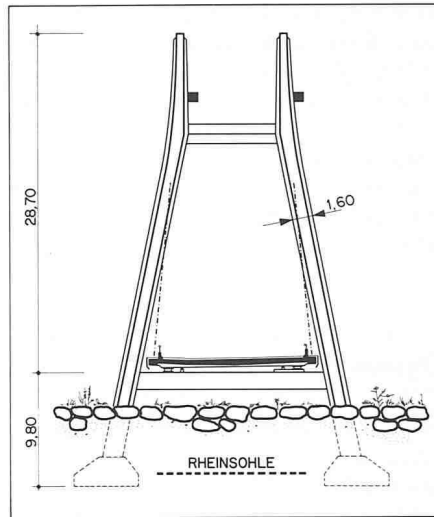


Bild 3. Pylon

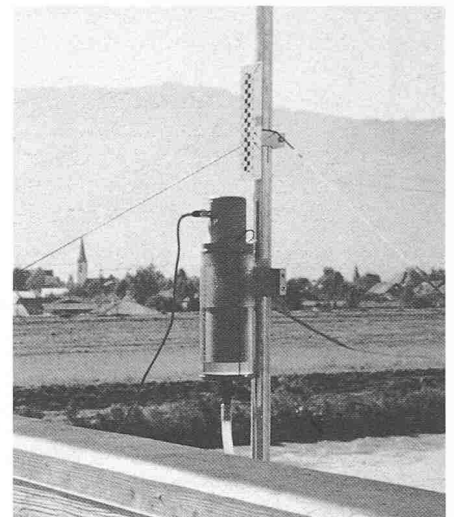


Bild 5. Hydraulisches Nivellement

### Statische Versuche

Als Versuchslasten dienten acht beladene, dreiachsige Lastwagen von je 250 kN Gesamtgewicht, also total 2000 kN, was einem Belastungsgrad von ca. 60% der zulässigen Normlasten entspricht. Es wurden sieben verschiedene Lastfälle (A-G) je dreimal durchgeführt (Bild 4).

Bei allen Lastfällen wurden folgende Verformungsmessungen vorgenommen:

- vertikale Verschiebung (Durchbiegung) der Fahrbahnplatte;
- horizontale Verschiebung der Pylonstiele;
- relative Verformung der Spanndrähte in den Schrägkabeln.

Zur Bestimmung der vertikalen Ver-

schiebungen wurde soweit möglich die drahtgestützte Messmethode - Invardrähte und mechanische Uhren oder induktive Wegaufnehmer - angewendet.

In den Messquerschnitten über dem Wasser wurde ein hydraulisches Nivellement der Fahrbahnplatte durchgeführt. Dieses beruht auf dem physikalischen Prinzip der kommunizierenden

Bild 4. Statische Belastung



Bild 6. Fahrt über Brett

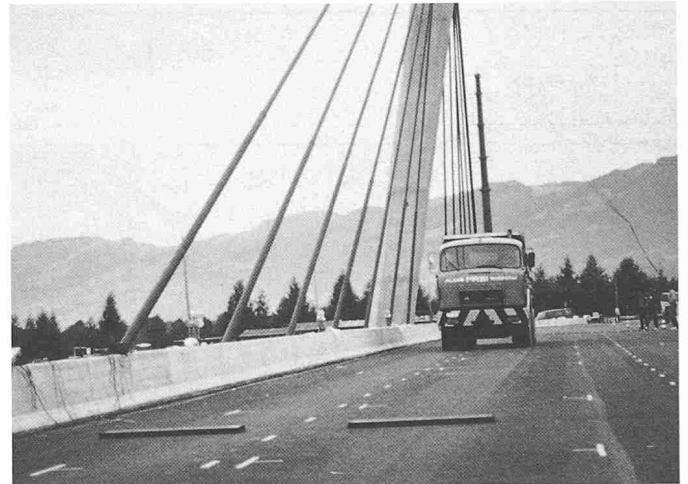


Bild 7. Stossversuche



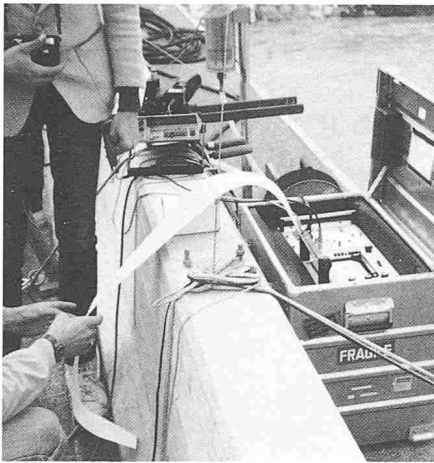


Bild 8. Laseranlage: Empfänger mit Thermodrucker

Röhren und erlaubt, die Niveauänderung eines bestimmten Punktes bezüglich eines gegebenen Referenzpunktes zu ermitteln (Bild 5). Zudem wurden noch mittels optischem Nivellement die Durchbiegungen der Fahrbahnplatte in Querrichtung gemessen.

Zur Bestimmung der horizontalen Verschiebungen der Pylonstiele wurden Präzisionstheodolite verwendet.

Die relativen Verformungen der Schrägkabel und somit die Spannungs-

änderungen in den Spanndrähten wurden über Dehnungsmessstreifen bestimmt. Pro Schrägkabel waren vier aktive Straingages aufgebracht, die eine zuverlässige Mittelwertbildung der Dehnungsänderungen erlaubten. Sie dienten schon während der Bauphase zur genauen Regulierung der Kabelkräfte.

### Dynamische Versuche

Die dynamischen Versuche wurden mit einem beladenen, dreiachsigen Lastwagen von 250 kN Gesamtgewicht durchgeführt.

Es wurden nur die wichtigsten dynamischen Kennwerte der Mittelöffnung und der Anschlussfelder gemessen. Sowohl in der Brückenaxe wie am Brückenrand wurden mehrere Fahrten mit sukzessive gesteigerter Geschwindigkeit von 15 bis 60 km/h durchgeführt. Um die Auswirkungen von Unebenheiten der Fahrbahn erfassen zu können, wurde anschliessend ein Brett mit normiertem Querschnitt (45 mm Höhe) über die Fahrbahn (Mittelöffnung) gelegt und die ganze Prozedur wiederholt (Bild 6).

Anschliessend wurden noch Stossversuche, die eine möglichst normalisierte dynamische Beanspruchung des Bauwerks ergaben, durchgeführt. Der Stoss, in der Brückenaxe und am Brückenrand, wurde in einfacher Weise durch das Herunterfallen eines 5 kN schweren und mit Stahlspänen gefüllten Sackes aus einer Höhe von 1,00 m erzeugt (Bild 7). Bei diesen Versuchen ging es vor allem um die zuverlässige Bestimmung der Dämpfung und der Eigenfrequenz in Längs- und Querrichtung.

Bei den dynamischen Versuchen wurden folgende Punktmessungen durchgeführt:

- Durchbiegungen des Brückenrandes;
- Schwingungsbeschleunigungen und -geschwindigkeiten in vertikaler Richtung;
- Kabeldehnungen.

Die Durchbiegungen am Brückenrand in der Flussmitte wurden mit Hilfe eines Lasersystems, bestehend aus einer Sendeanlage am Ufer und einer Empfängeranlage mit Thermoschreiber auf der Brücke aufgezeichnet (Bild 8).

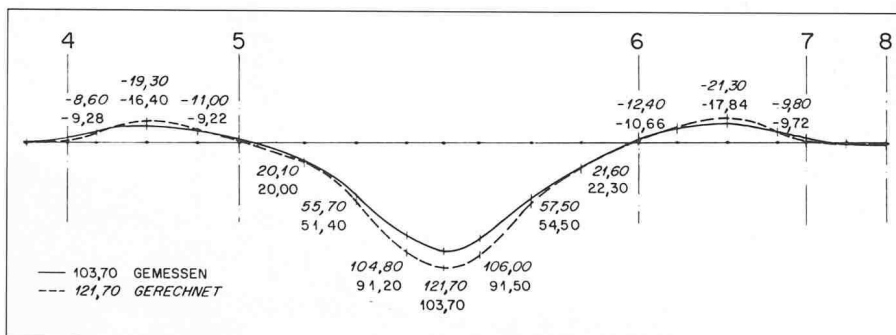
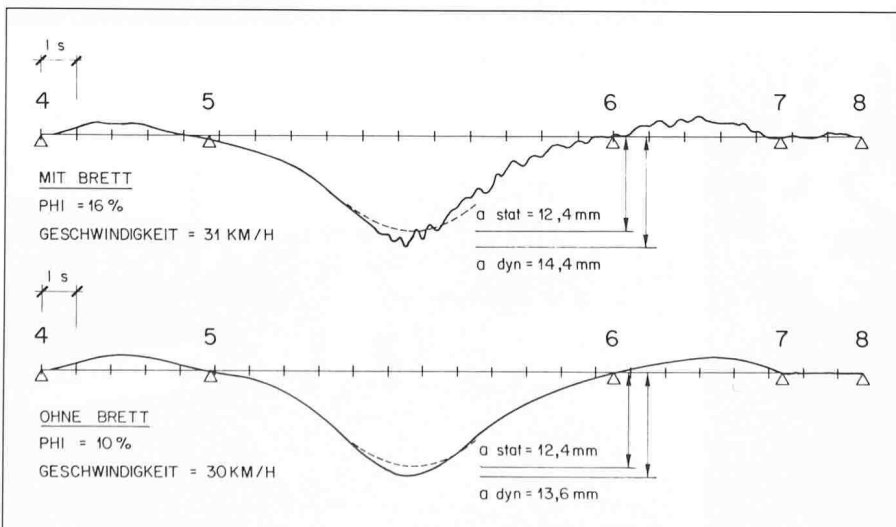


Bild 9. Statische Durchbiegung Lastfall B

Bild 10. Dynamische Durchbiegung



### Resultate der statischen Versuche

Ein Vergleich zwischen den berechneten und den gemessenen Durchbiegungen ist für den symmetrischen Lastfall B (Mittelöffnung) in Bild 9 aufgezeichnet. Die globale Abweichung betrug 1.14; die gemessenen Werte lagen somit zwischen 10 und 15% unter den berechneten Werten, was hauptsächlich auf den im Berechnungsmodell nicht berücksichtigten Einfluss des Injektionsmörtels in den Hüllrohren zurückzuführen ist.

Mit einer globalen Federkonstanten von  $k = 19 \text{ kN/mm}$  gehört die Rheinbrücke Diepoldsau als Vielseillösung naturgemäss in die Kategorie der sehr weichen Brücken.

Die gemessenen horizontalen Auslenkungen der Pylonstiele ergaben eine ähnlich gute Übereinstimmung mit den Rechenwerten.

Einzig bei der Messung der Kabelkräfte für die asymmetrischen Lastfälle wurden grössere Differenzen festgestellt. Bei den symmetrischen Lastfällen hingegen konnte wiederum eine gute Übereinstimmung registriert werden.

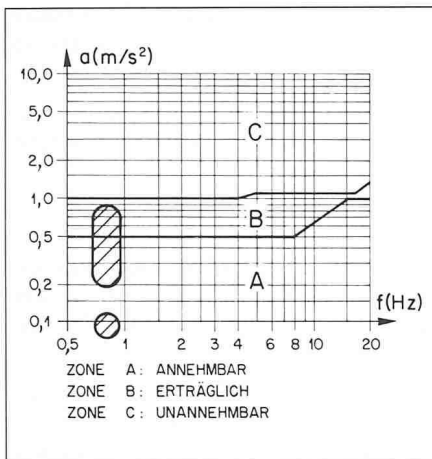


Bild 11. Physiologische Beeinträchtigung

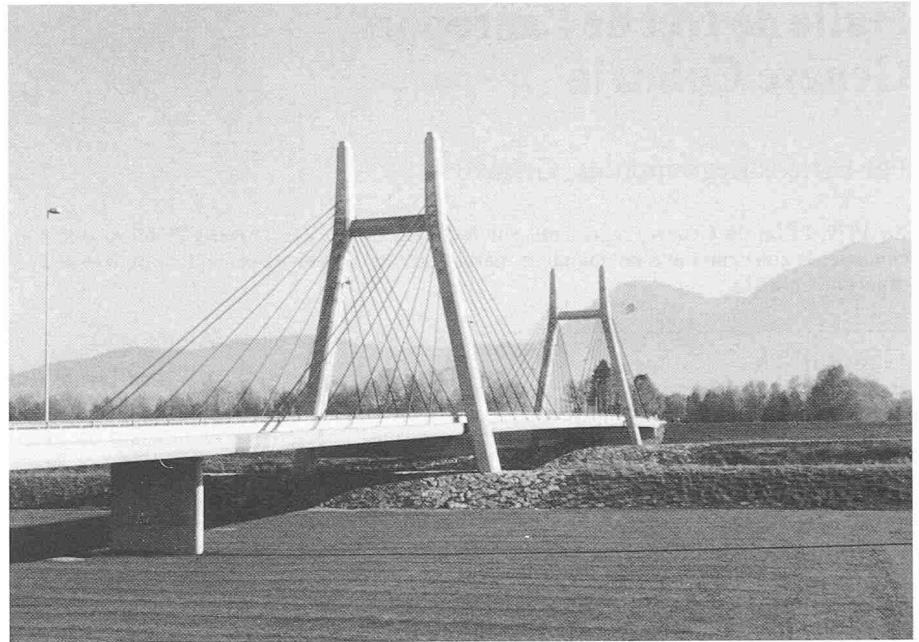


Bild 12. Schrägansicht

## Resultate der dynamischen Versuche

Durch die beweglichen Lasten wurden in einem komplexen System verschiedene Eigenfrequenzen angeregt. Die tiefste im Hauptquerschnitt gemessene Eigenfrequenz betrug:  $f_0 = 0,79$  Hz. Sie lag etwas höher als die im Modell abgeleitete Frequenz von  $f_0' = 0,68$  Hz, was auch hier hauptsächlich auf den Einfluss des Injektionsmörtels in den Hüllrohren zurückzuführen ist. Die entsprechende Frequenz für die Torsionsschwingung betrug  $f_T = 1,7$  Hz. Auch diese lag etwas höher als die aus den Modellversuchen geschätzte Frequenz von  $f_T' = 1,35$  Hz.

Das Dämpfungsverhalten von Schrägseilbrücken ist sehr komplex. Für Schwingungen mit kleiner Amplitude (Stossversuch) wurde in der Hauptöffnung eine sehr kleine Dämpfung von  $\Lambda = 0,03$  gemessen. Für grössere Amplituden hingegen (Fahrversuche mit Brett) wurde die ganze Konstruktion (Fahrbahn, Schrägkabel, Pylone) beansprucht, womit die Dämpfung wesentlich erhöht wurde. Das nicht-lineare Schwingungsverhalten von Schrägseilbrücken hat zur Folge, dass sie praktisch nicht zu einer gefährlichen Resonanz angeregt werden können.

Die gemessenen Stosszuschläge (dynamische Beiwerte) betragen für Fahrten ohne Brett  $\varnothing \leq 12\%$  und für Fahrten mit Brett  $\varnothing \leq 20\%$ . Sie lagen somit tiefer als bei vergleichbaren Balkenbrücken (Bild 10).

Von besonderem Interesse war die Frage, inwieweit das Schwingungsverhalten

ten der Brücke den einzelnen Benutzer beeinträchtigt (physiologische Einwirkung). Obwohl der psychologische Anteil an dieser Unbehaglichkeit schwierig abzuschätzen war, ergaben die dynamischen Versuche, dass die Schwingungen bei Fahrten ohne Brett für den Fussgänger praktisch nicht wahrgenommen wurden und nach Schlägen auf die Fahrbahn (Fahrten mit Brett) das Bauwerk sich innert kürzester Zeit wieder beruhigte. Gemäss [5], Bild 11, lagen die physiologischen Einwirkungen der Schwingungen auf die Benutzer für die Fahrversuche ohne Brett im Bereich der Zone A (annehmbar) und für die Fahrversuche mit Brett im Bereich der Zone B (erträglich).

## Schlussbemerkungen

Nach der geglückten Belastungsprobe vom 8. und 9. August 1985 konnte die Rheinbrücke Diepoldsau als erste seilabgespannte Strassenbrücke der Schweiz am 30. August 1985 für den Verkehr freigegeben werden (Bild 12).

Die Bevölkerung der Gemeinde Diepoldsau feierte die Eröffnung ihrer Brücke mit einem imposanten mehrtägigen Volksfest.

Adresse des Verfassers: A. Bacchetta, dipl. Ing. ETH/SIA/ASIC, Ingenieurbüro D. J. Bänziger + Partner, Engimattstrasse 11, 8027 Zürich.

## Literatur

- [1] Versuchsbericht ETH Lausanne, Dr. R. Suter: Statische und dynamische Belastungsversuche Rheinbrücke Diepoldsau
- [2] Köppel A. J. und Bacchetta A.: Rheinbrücke Diepoldsau, SIA 40/1984
- [3] Bacchetta A. und Rüst M.: Rheinbrücke Diepoldsau, Die Schrägkabel, SIA 35/1985
- [4] Bänziger D. J.: Schrägseilbrücke über den Rhein bei Diepoldsau, 10. FIP-Kongress New Dehli, 1986
- [5] VDI 2057: Beurteilung der Einwirkungen mechanischer Schwingungen auf den Menschen

## Die Beteiligten

### Bauherr:

Kanton St. Gallen

### Oberbauleitung und Geologie:

Tiefbau- und Strassenverwaltung des Kantons St. Gallen, Abt. Brückenbau

### Örtliche Bauleitung:

Ingenieurbüro Frei + Krauer, Rapperswil

### Bauausführung:

Arbeitsgemeinschaft Rheinbrücke Diepoldsau

### Unternehmer:

Unternehmergemeinschaft Huag AG, Diepoldsau;  
Köppel-Vogel AG, Widnau;  
L. Gantenbein + Co. AG, Werdenberg;  
Preiswerk AG, Zürich

### Projektverfasser:

Ingenieurgesellschaft D. J. Bänziger & A. J. Köppel, Buchs SG, Mitarbeiter: A. Bacchetta; Dr. R. Walther/H. Mory, Basel, Mitarbeiter: Dr. B. Houriet und P. Moia

### Ausführung Belastungsversuch:

Institut für Baustatik und Konstruktion der ETH Lausanne; Dr. R. Suter

### Subunternehmer:

Freivorbau: Preiswerk + Cie AG, Basel;  
H. Schürer, Zürich  
Lehrgerüst: E. van Randen, Stallikon  
Vorspannung: Stahlton AG, Zürich/St. Gallen