

# Die Brückenbelastungsprobe vom 24. April 1993

Autor(en): **Eder, Toni / Maag, Walter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **111 (1993)**

Heft 46

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78280>

## **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.

# Die Brückenbelastungsprobe vom 24. April 1993

Die Belastungsprobe an der neuen RhB-Landquartbrücke zeigt die Übereinstimmung des effektiven Tragverhaltens mit dem theoretischen statischen Modell und bildet gleichzeitig die Grundlage für die durch das BAV alle sechs Jahre vorgenommene Bauwerksinspektion. Unter Probelasten bis zu 5'160 kN wurden die Deformationen, Temperatureinflüsse und Auflagerreaktionen bestimmt.

## Ziel

Mit der Belastungsprobe wurden zwei Ziele verfolgt:

- Vor der Inbetriebnahme von Eisenbahnbrücken ist die Prüfung der Funktions- und Gebrauchstauglichkeit vorzunehmen. Der Belastungsversuch am neuen Bauwerk ist Teil dieser Prüfung. Er führt zu Aussagen

über das Verhalten des Tragwerkes unter statischen resp. dynamischen Einwirkungen. Dabei erfolgt eine

VON TONIEDER, BERN, UND  
WALTER MAAG, CHUR

Überprüfung des Tragverhaltens aufgrund des Rechenmodells (Vergleich rechnerischer mit gemessenem Wert, Ermittlung allfälliger bleibender

Verformungen) und eine Kontrolle möglicher Schadensbildungen (z.B. schädigende Rissebildung, übermässige Lagerverschiebungen, starke Schwingungsanfälligkeit).

- Das Bundesamt für Verkehr (BAV) als Aufsichtsbehörde der konzessionierten Transportunternehmungen führt alle sechs Jahre bei den grössten Eisenbahnbrücken eine Inspektion durch. Sie erfolgt vornehmlich visuell, wobei das Verhalten des Bauwerks auch unter dem Einfluss von Lasten beobachtet wird. Mit Hilfe der Belastungsversuche lässt sich von jeder Brücke eine Federkonstante als Mass für die integrale Steifigkeit und mittels Fahrversuchen der Stosszuschlag ermitteln. Veränderungen in der Steifigkeit oder in den dynamischen Kennwerten im Verlaufe der Lebensdauer einer Brücke ergeben Rückschlüsse auf den Zustand des Bauwerks.

Die Belastungsprobe des neuen Bauwerks dient als Nullmessung für die späteren Messungen und bildet eine Grundlage für das künftige Überwachungskonzept dieser Brücke.

## Probelasten

Der Belastungszug wurde bei der Landquartbrücke so gewählt, dass mit vertretbarem Aufwand ein relativ grosser Anteil der rechnerischen Nutzlast aufgebracht werden konnte. Auch soll bei den periodischen Brückeninspektionen des Bundesamtes für Verkehr der gleiche Belastungszug zum Einsatz gelangen (Bild 1).

Zur Verfügung stand folgendes Rollmaterial: Zwei Lokomotiven vom Typ Ge 6/6 I (RhB-Krokodil) mit je 660 kN



Bild 1. Belastungszug in Laststellung 2 (Foto: F. Gruber)

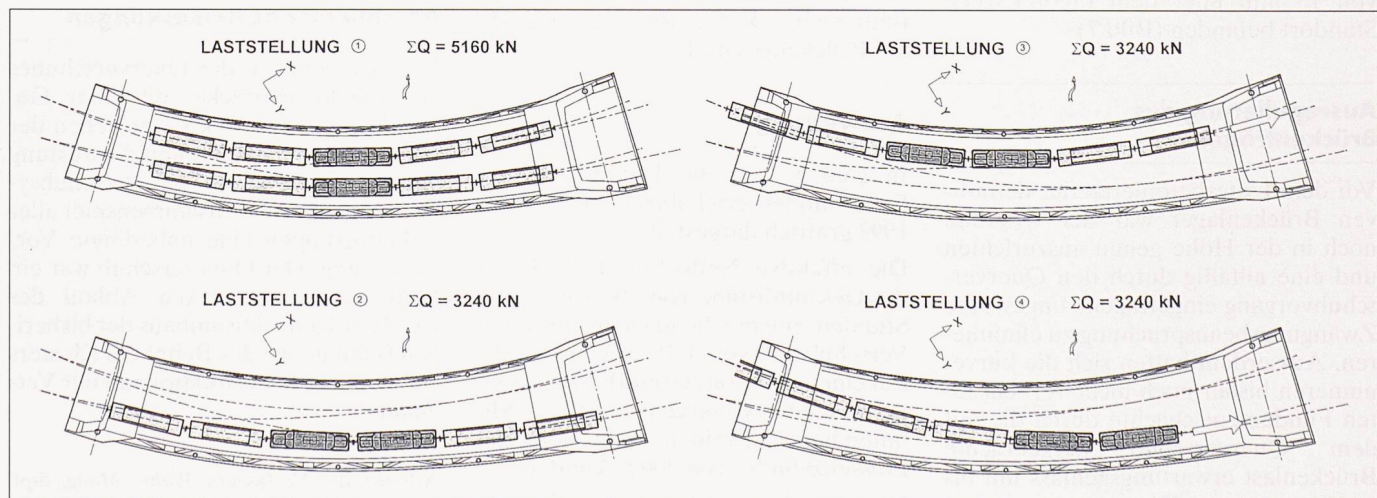


Bild 2. Laststellungen 1–4 der Brückenbelastungsprobe vom 24.04.1993 (Ing.-büro H. Rigendinger)

und 8 beladene Fad (4achsige Selbstentladeschotterwagen) mit je 480 kN Gesamtlast.

In Bild 2 sind die verschiedenen Laststellungen aufzeigt.

- Laststellung 1 führt zur maximalen Durchbiegung in Brückenmitte und zu maximalen Auflagerreaktionen.
- Laststellung 2 und 3 ergeben die maximalen Verdrehungen des Tragwerks.
- Laststellung 4 trägt der speziellen Gleisgeometrie auf der Brücke Rechnung.

Laststellung 1 wies gesamthaft Probelasten von  $\Sigma Q = 5'160 \text{ kN}$  auf, was 48 Prozent der Lastkennwerte gemäss Norm SIA 160 (1989) entspricht. Da bei den Laststellungen 3 und 4 der Belastungszug über die Brücke fuhr, zeigte sich der Einfluss dynamischer Lasteinwirkungen.

### Instrumentierung

Die folgenden Messwerte waren zu bestimmen:

- Vertikaleinsenkungen in den Viertelpunkten des inneren und äusseren Fachwerkstrebenzuges.
- Lagereinsenkungen und vertikale Auflagerreaktionen bei allen Lagern.
- Verschiebungen (x, y, z) der oberen Brückenplatte.
- Temperaturwerte des Bauwerks.

Die Deformationen der Brücke wurden mit Hilfe von optischen Geräten (Theodoliten) an speziellen Messmarken gemessen. Die Geräte waren in einem Abstand von etwa 30 m zu den Messmarken aufgestellt, was eine Ablesegenauigkeit von ca. 0,5 mm ermöglichte. Die permanent in den Auflagern eingebauten Manometer zeigen die Auflagerdrücke mit einer Genauigkeit von 1-2 Prozent der Gesamtlast an. Mit Messuhren, die bei den Lagern montiert waren, konnten die Auflagerdeformationen bestimmt werden. Während der gesamten Brückenprobe wurden die Temperaturverhältnisse an einem repräsentativen Messquerschnitt mitverfolgt (Bild 3).

### Durchführung der Messungen

Der Beginn der Messungen war auf 13.00 Uhr festgesetzt. Mit einigem Aufwand gelang es, die recht zahlreich eingetroffenen Zuschauer aus dem Gefahrenbereich wegzuweisen, so dass die RhB-Krokodile die beladenen Fad-Wagen auf die Brücke bewegen konnten (Bild 4). Da das Ingenieurbüro ein

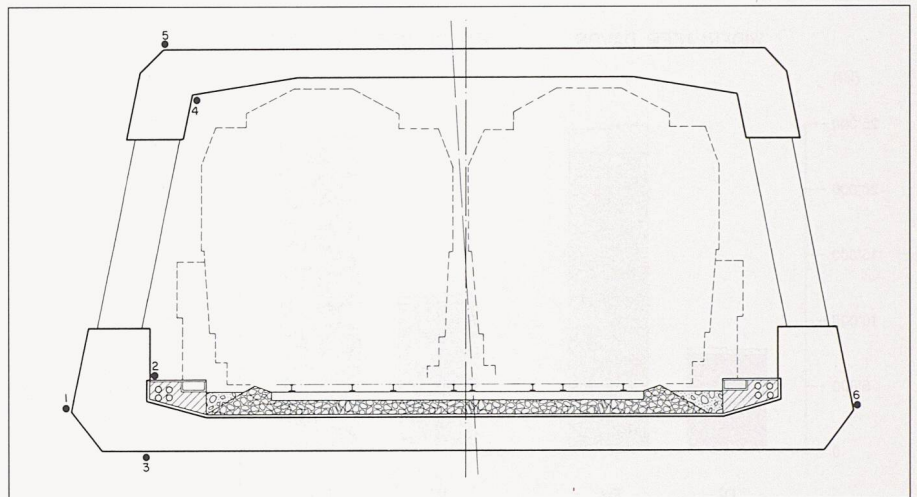


Bild 3. Installierte Temperaturfühler 1-6 (Ing.büro H. Rigendinger)

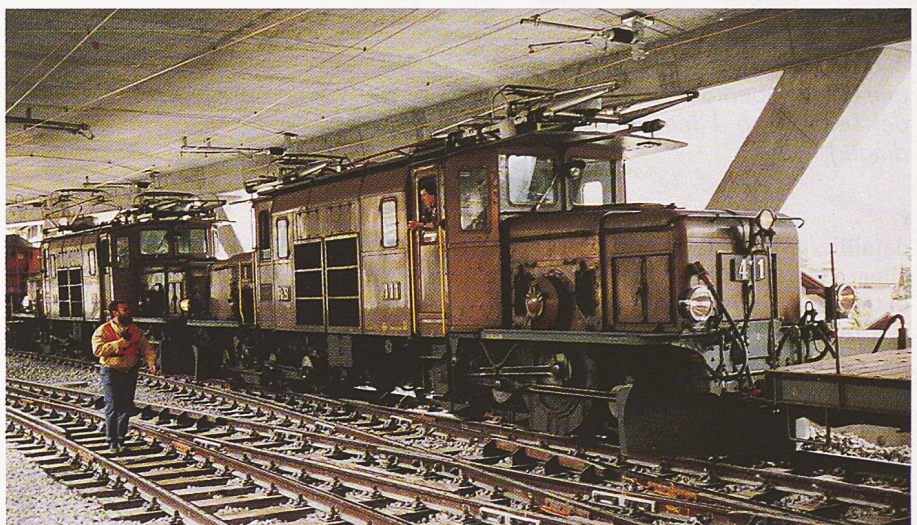


Bild 4. Ge 6/6 I-RhB-Krokodile in Laststellung 2 (Foto: F. Gruber)

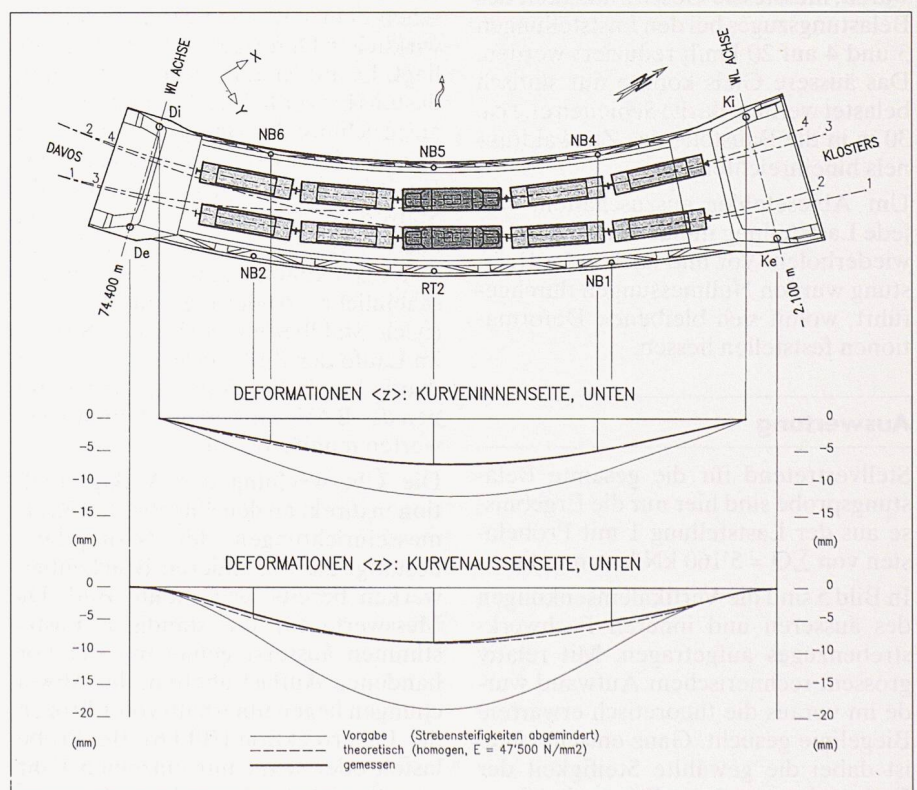


Bild 5. Laststellung 1: Biegelinien auf Kurveninnen- und Kurvenaussenseite (Ing.-büro H. Rigendinger)

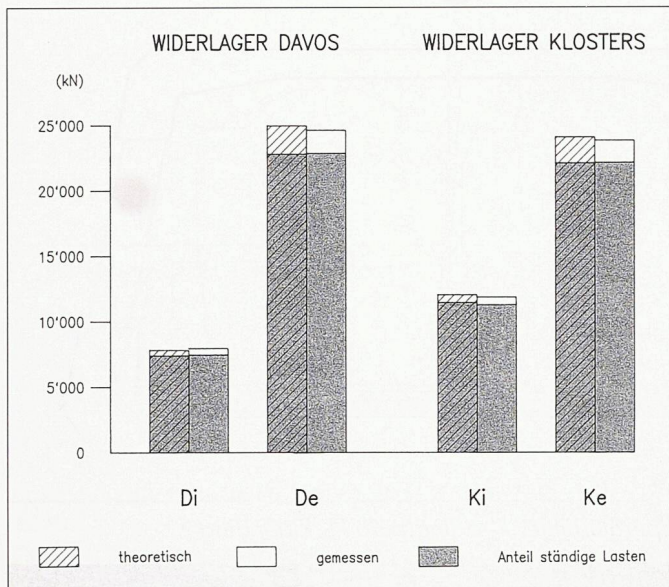


Bild 6. Diagramm der Auflagerreaktionen, theoretisch und gemessen; oberhalb des grauen Bereichs ist der Anteil aus der Laststellung 1 hinzugefügt (Bild 7) (Ing.-büro H. Rigendinger)

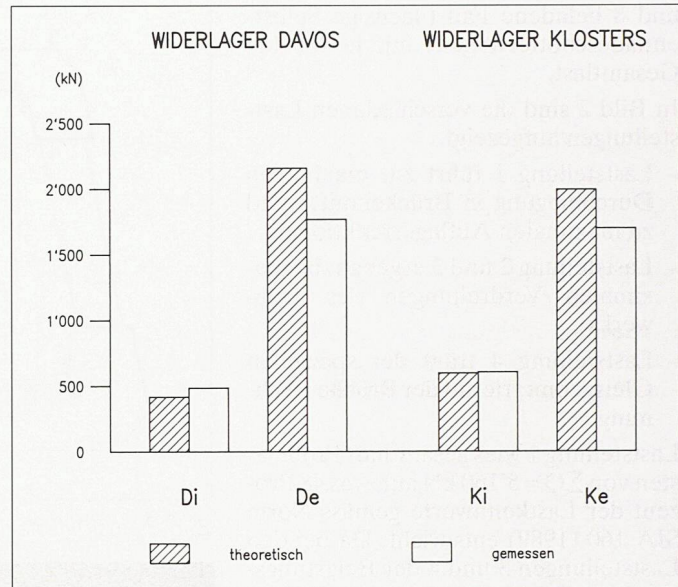


Bild 7. Auflagerreaktionen allein infolge Laststellung 1 (Ing.-büro H. Rigendinger)

detailliertes Ablaufprogramm inkl. aller Zugformationen vorbereitet hatte, klappte der Ablauf der Messungen reibungslos. Die Stationsangestellten und die Lokführer stellten die Zugkompositionen in der vorgesehenen Zeit um und befuhren die Brücke programmgemäß. Um ca. 15.30 Uhr waren die Messungen abgeschlossen.

Weil die Schienenstöße vor und auf der Brücke noch nicht definitiv ausgeführt waren, musste die Geschwindigkeit des Belastungszuges bei den Laststellungen 3 und 4 auf 20 km/h reduziert werden. Das äussere Gleis konnte nur statisch belastet werden, da die Schienen erst ca. 30 m in die Baustelle des Zugwaldtunnels hineinreichten.

Um Ablesefehler auszuschalten, war jede Laststellung mindestens einmal zu wiederholen. Vor und nach jeder Belastung wurden Nullmessungen durchgeführt, womit sich bleibende Deformationen feststellen liessen.

### Auswertung

Stellvertretend für die gesamte Belastungsprobe sind hier nur die Ergebnisse aus der Laststellung 1 mit Probelasten von  $\Sigma Q = 5'160$  kN kommentiert.

In Bild 5 sind die Vertikaleinsenkungen des äusseren und inneren Fachwerkstrebenzuges aufgetragen. Mit relativ grossem rechnerischem Aufwand wurde im voraus die theoretisch erwartete Biegelinie gesucht. Ganz entscheidend ist dabei die gewählte Steifigkeit der Fachwerkzugstreben. Diese eingehende Analyse unter Einbezug einer weiten Variation im Deformationsverhal-

ten von Stahlbetonquerschnitten unter Zugbeanspruchungen führte zu den dargestellten Vorgabewerten. Die effektiven Einsenkungen lagen dann allerdings nur etwa bei der Hälfte der Vorgabekurven. Die Auswertung aller Laststellungen ergab letztlich, dass mit durchwegs homogenen Betonquerschnitten und einem integralen E-Modul von  $E = 47'500$  N/mm<sup>2</sup> (Ausgangswert:  $E = 45'000$  N/mm<sup>2</sup>) praktisch vollständige Übereinstimmung zwischen dem statischen Modell und dem wirklichen Deformationsverhalten vorliegt. Damit ist auch gezeigt, dass mindestens bis zur halben Normnutzlastbeanspruchung das Brückentragwerk ein rein elastisches Tragverhalten aufweist. Eindrücklich ist der hohe Einfluss der Stabsteifigkeiten des Fachwerkstrebenzuges auf die Gesamtdeformationen. Eine denkbare, aber sehr unwahrscheinliche Änderung im Rissebild (nach Stahlbetontheorie) der Streben im Laufe der Zeit würde sich ganz eindeutig bei den periodischen Inspektionen des BAV sofort in den Durchbiegewerten manifestieren.

Die Überwachung der Auflagerreaktionen direkt an den eingebauten Kraftmesseinrichtungen der Neotopflager bestätigt das bei anderen Brückenbauwerken bereits festgestellte Bild. Die Messwerte für die ständigen Lasten stimmen äusserst genau mit der vorhandenen Auflast überein, die Abweichungen liegen innerhalb von 1 Prozent der Lagerreaktion (Bild 6). Bei Probelasten oder sogar nur einzelnen Fahrzeugüberfahrten kann dieser Genauigkeitsgrad nicht erwartet werden. Die Trägheit des Messsystems und Rei-

bungseinflüsse zwischen dem Lagertopf und dem Lagerdeckel mit direktem Stahlkontakt führen dazu, dass die Messwerte aus der Neoprenebeanspruchung immer zu tiefe Angaben für die vorhandene Auflagerreaktion liefern. Bei der Belastungsprobe an der Landquartbrücke ergab die durchschnittliche Messung etwa 85 Prozent der aufgeführten Probelasten (Bild 7). Das geführte resp. feste kurvenäussere Lager wies systematisch tiefere Messwerte auf, während die allseitig beweglichen kurveninneren Lager nahezu genau den theoretischen Wert lieferten. Der Temperatureinfluss während der gesamten Versuchsdauer mit teilweise direkter Sonneneinstrahlung spielte bei dieser Tragwerkform in der Auswertung der Messergebnisse eine erhebliche Rolle.

### Abschliessende Bemerkungen

Die Brückenbelastungsprobe vom 24. April 1993 bestätigt das rein elastische Tragwerkverhalten der neuen RhB-Landquartbrücke. Der daraus bestimmte integrale Elastizitätsmodul von  $E = 47'500$  N/mm<sup>2</sup> entspricht der vielfach dokumentierten Relation zur effektiven Druckfestigkeit des hochdichten Mikrosilikatbetons.

Adressen der Verfasser: Toni Eder, dipl. Bauing. ETH/SIA, Sektion für Bau und feste Anlagen, Bundesamt für Verkehr, Bundeshaus Nord, 3003 Bern; Walter Maag, dipl. Bauing. ETH/SIA, Ing.büro H. Rigendinger, Hartbertstrasse 11, 7000 Chur.