

# Verstärkung Rheinbrücke Oberriet - Meinungen

Autor(en): **Walser, Rolf / Steiner, Werner**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **114 (1996)**

Heft 44

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79072>

## **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.

Rissbreiten und die entsprechend bessere Verzahnung im Riss wird eine allfällige Abschergefahr etwas reduziert. Keine Veränderung erfährt der Biegezugwiderstand, und die Stahlspannungen werden nur geringfügig reduziert. In obigem Beispiel erfolgt eine Verkleinerung von  $\sigma$ , um lediglich 2% (294 statt 300 N/mm<sup>2</sup>), das Flie遨moment  $M$ , wird ebenfalls nur um 2% erhöht.

Eine erhebliche Verminderung der Abschergefahr sowie eine deutliche Entlastung der inneren Stahlbewehrung mit der entsprechenden Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit bewirkt dagegen eine gespannt applizierte Lamelle. Die Umsetzung dieser Anwendung wird, da sowohl Spannvorrichtung als auch Verankerungsmethoden noch weiter entwickelt werden müssen, noch etwas Zeit in Anspruch nehmen.

Adresse der Verfasser:

Martin Deuring, Dr. sc. techn., dipl. Bauing, ETH/SIA, Dr. Deuring+Oehninger AG, Paulstrasse 8, 8400 Winterthur, und Walt+Galmarni AG, Englischviertelstrasse 24, 8032 Zürich, Werner Steiner, dipl. Bauing, ETH/SIA, Sika AG, Tüfenwies 16-22, 8048 Zürich

#### Literatur

[1] Ladner M., Pralong J., Weder Ch.: Geklebte Bewehrung: Bemessung und Erfahrungen, Empa-Bericht Nr. 116/5, 1990

[2] Meier U.: Brückensanierung mit Hochleistungsfaserverbundwerkstoffen, Material und Technik Nr. 4, 1987

[3] Deuring M.: Bemessung von mit CFK-Lamellen verstärkten Stahlbetonträgern sowie gespannt CFK-Lamellen. Nachträgliche Verstärkung von Bauwerken mit CFK-Lamellen. Empa/SIA-Studientagung, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Dokumentation D 0128, S. 37-49 sowie S. 97-99, 21. September 1995

[4] Deuring M.: CFK-Lamellen im Bauwesen. Verstärkung von Tragwerken aus Beton. Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 26, 23. Juni 1994

[5] Wüststorf A., Zumbühl R. und Deuring M.: CFK-Lamellen-verstärkte Stahlbetonträger unter Brandbeanspruchung: Empa-Versuchsergebnisse. Empa/SIA-Studientagung, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Dokumentation D 0128, S. 85-86, 21. September 1995

[6] Sika, 1996: Sika-CarboDur, hochfestes CFK-Verstärkungssystem sowie Sikadur-30, CFK-Kleber. Technische Merkblätter. Sika AG, CH-8048 Zürich, 6.96

[7] Steiner W.: Praktische Anwendungstechnik mit dem Anroll-Verfahren: Qualitätssicherung. Nachträgliche Verstärkung von Bauwerken mit CFK-Lamellen. Empa/SIA-Studientagung, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Dokumentation D 0128, S. 25-28, 21. September 1995

[8] Schwegler G.: Verstärkung von Mauerwerk mit CFK-Lamellen sowie CFK-Verstärkungen im Mauerwerks- und Holzbau. Nachträgliche Verstärkung von Bauwerken mit CFK-Lamellen. Empa/SIA-Studientagung, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Dokumentation D 0128, S. 71-83 sowie S. 61-65, 21. September 1995

[9] Künz P. und Meier H.: Das statische Biegeverhalten von Hybridträgern und kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen unter Kurzzeitbelastungen. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa, Dübendorf, Bericht Nr. 126/537/2, 1991

Rolf Walser, Buchs, und Werner Steiner, Zürich

## Verstärkung Rheinbrücke Oberriet-Meiningen

**Bei der beinahe 35jährigen Rheinbrücke Oberriet-Meiningen waren aufgrund der gestiegenen Strassenlasten 1996 Verstärkungsarbeiten an der Fahrbahnplatte nötig. Diese Verstärkung wurde erstmals mit einer Kombination zweier Verstärkungsmethoden ausgeführt, wobei sich vor allem die Verklebung von total 670 m CFK-Lamellen in der Ausführung bewährte.**

Die im Jahre 1965 erstellte Grenzbrücke zwischen der Schweiz und Österreich verbindet das Land Vorarlberg (Meiningen) mit dem Kanton St. Gallen (Oberriet). Sie überquert den Rhein als Dreifeldträger mit den Spannweiten 35,10 m, 45,00 m und 35,10 m (Bild 1). Der Überbau besteht aus einem Stahlverbundträger mit geschweissten Blechträgern und einer Ortbetonplatte (Bild 2).

Die periodische Überwachung des Kantons St. Gallen zeigte auf, dass Unter-

haltsmassnahmen nötig waren. Aufgrund der ausführlichen Bestandaufnahme, zu der auch eine Nachrechnung nach den gültigen SIA-Normen gehörte, ergab es sich, dass nebst den normalen Unterhaltsarbeiten auch eine Verstärkung der Fahrbahnplatte in Querrichtung erforderlich war, weil die Fahrbahnplatte 1963 lediglich für Lastwagen mit 14 Tönnen Gewicht bemessen worden war.

#### Verstärkungskonzept

Um die Tragsicherheit für die heutigen Strassenlasten weiterhin gewährleisten zu können, standen verschiedene Lösungsmöglichkeiten zur Auswahl.

- Ersatz der gesamten Brückenplatte
- Erhöhen der statischen Höhe durch Ergänzen des Querschnitts
- Verstärkung mit geklebter Bewehrung

Da die bestehende Betonplatte in einem sehr guten Zustand war, die Bohr-

kerndruckfestigkeit ( $f_{c, \text{min}} = 70.7 \text{ N/mm}^2 / f_{c, \text{m}} = 92.5 \text{ N/mm}^2$ ) betrug und die Chloridverseuchung nur in den obersten 10 mm die Grenzwerte überschritt, wurde aus Kostengründen auf einen Totersatz der Betonplatte verzichtet. Das Aufbringen eines Überbetons in der notwendigen Stärke zur Erzielung der vollen Biegetragsicherheit ergab jedoch eine zu hohe Beanspruchung in Längsrichtung. Damit blieb nur noch das Verfahren mit geklebter Bewehrung übrig. Verstärkte Bauteile mit aufgeklebter Bewehrung sollten jedoch bei Ausfall der Lamellen noch eine restliche Gesamtsicherheit von  $\gamma_d \times \gamma_R = 1.2$  aufweisen. Da der nötige Verstärkungsgrad 2.15 betrug, musste die Brückenplatte trotzdem zusätzlich verstärkt werden.

Mit einer Verstärkung der Plattendicke um 8 cm sowie einer geklebten Bewehrung konnten sämtliche Randbedingungen erfüllt werden (Bild 2). Durch die Aufbetonierung konnte gleichzeitig die chloridverseuchte Beton durch Wasserstrahlen entfernt werden. Für die Bewehrung wurden CFK-Lamellen von 80 mm Breite und 1.2 mm Dicke gewählt (Fasertyp T 700).

Zur Verstärkung des Feldes wurden insgesamt 160 Lamellen von rund 4 m Länge in einem gegenseitigen Abstand



von 75 cm verklebt. Dank diesem Konzept präsentiert sich die Brücke nun in neuwertigem Zustand und erfüllt die heutigen Sicherheitsanforderungen vollumfänglich.

### Statische Berechnungen

Die Bemessung der nachträglichen Verstärkung durch Aufbetonieren ist in [1], diejenige durch CFK-Lamellen in [2] ausführlich beschrieben. Auf die einzelnen Bemessungsschritte wird deshalb nicht weiter eingegangen.

Die Brückenplatte wies sowohl im Feld wie über den Längsträgern eine ungenügende Tragsicherheit auf. Die Schnittkräfte sind in Bild 3 für den verstärkten Querschnitt dargestellt. Die negativen Momentbereiche wurden mit konventionellem Stahl S500 verstärkt, der in die Aufbetonierung zu liegen kam. Über eine Verdübelung wurde der Verbund sichergestellt [1]. In der Feldmitte resultierte vor Verklebung der CFK-Lamellen, wie die Schnittkräfte zeigen, ein beinahe spannungsloser Zustand unter den ständigen Lasten. Dadurch konnten die Vordehnungen in guter Näherung zu Null gesetzt werden. Mit den Rechenwerten:

Stahl II 1963:	$f_{yk} = 350 \text{ N/mm}^2$
Stahl S500 1996:	$f_{yk} = 460 \text{ N/mm}^2$
Beton 1963:	$f_{ck} = 32,5 \text{ N/mm}^2$
Beton 1996 B45/55:	$f_{ck} = 23,0 \text{ N/mm}^2$
CFK-Lamelle:	$f_{tk} = 2000 \text{ N/mm}^2 /$ $f_{fk} = 3000 \text{ N/mm}^2$

ergibt sich in Feldmitte folgendes Bild:

- Bruchmoment vor Verstärkung  $m_{B0} = 75 \text{ KNm/m}$
- Bruchmoment nach Aufbetonierung  $m_{B1} = 106,0 \text{ KNm/m}$
- Bruchmoment mit zusätzlicher CFK-Verstärkung  $m_{B2} = 181,4 \text{ KNm/m}$



1  
Längsansicht

Für  $m_{B2}$  sind die einzelnen Resultate in Bild 4 festgehalten. Für die Dehnungsebenen wird dabei von mittleren Dehnungen ausgegangen, während die Lamellen- und Stahlzugkräfte für die Beschreibung der Gleichgewichtsbedingungen den maximalen Dehnungen entsprechen [2]. Als Verhältnis der mittleren zu den maximalen Dehnungen wurden folgende Koeffizienten angenommen: Lamelle  $\kappa_L = 0,7 /$  Stahl  $\kappa_S = 0,9$

Aus Bild 4 geht ebenso hervor, dass der Lamellenbruch während des Stahlfließens, jedoch vor dem Betonbruch eintritt. Der Gesamtverstärkungsgrad von 2,4 setzt sich aus den Anteilen Aufbetonierung (1,4) x CFK-Lamelle (1,7) zusammen.

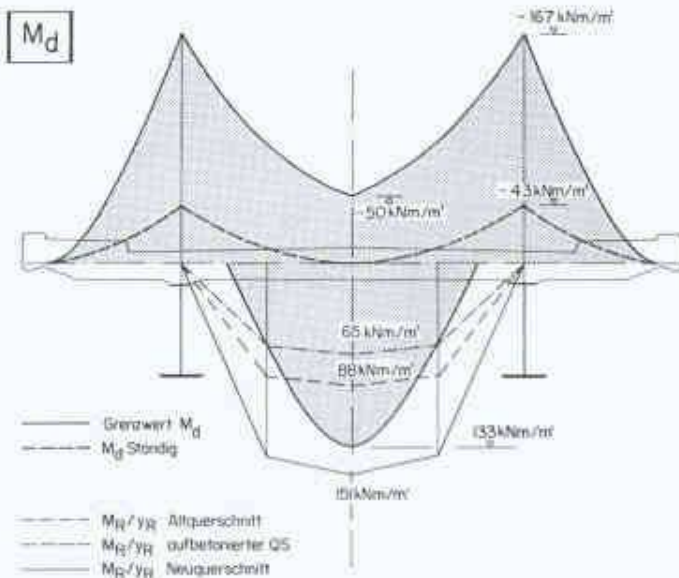
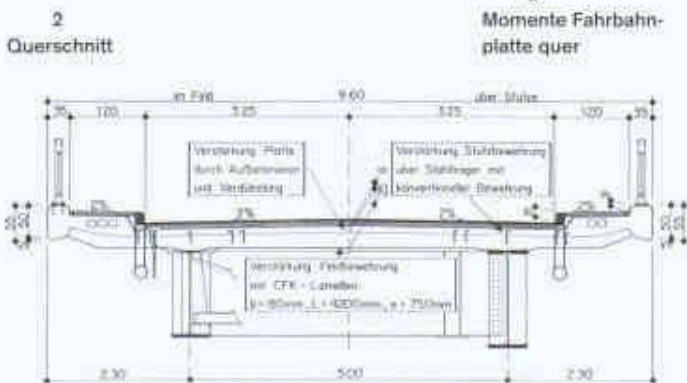
Mit einer maximalen äusseren Einwirkung von  $m_{ex} = 88,9 \text{ KNm/m}$  auf Gebrauchsniveau kann zudem die Bedingung erfüllt werden, dass bei einem Ausfall der CFK-Lamelle noch eine Gesamtsicherheit  $\gamma_d \times \gamma_R$  von 1,2 vorhanden ist. Dem Umstand, dass die CFK-Lamelle keine plastische Verformungsreserve aufweist, wird durch die Wahl des Rechenwertes von  $f_{tk} = \frac{1}{3} f_{fk}$  Rechnung getragen.

### Applikation

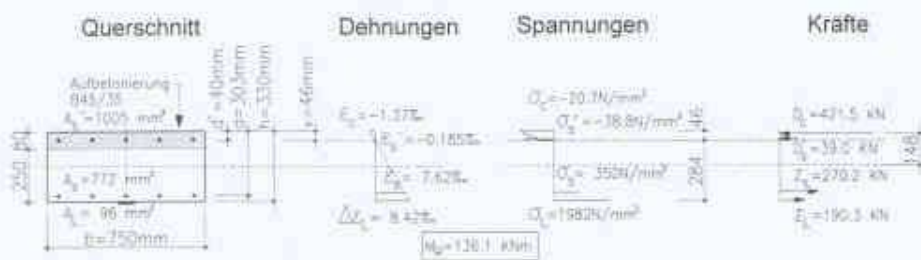
Die Unterseite der Fahrbahnplatte wurde durch Sandstrahlen vorbehandelt. Von den zur Zeit zur Verfügung stehenden Oberflächenvorbehandlungsmethoden ist diese Methode für CFK-Lamellen-Verklebungen die geeignetste. Einerseits können die Zementhäute gleichmässig entfernt und die Zuschlagkörner optimal freigelegt werden und andererseits entsteht die für Verklebungsarbeiten günstige Rauigkeit von 0,5 bis 1,0 mm.

Damit eine gute Verbindung zwischen Epoxidkleber und Beton entsteht, sollte die Feuchtigkeit des Betons weniger als 4% betragen.

Unmittelbar vor den Verklebungsarbeiten wurde die Oberfläche mit einer Bürste und einem Staubsauger nachgereinigt. Die vorbehandelten Streifen der Brückenunterseite wiesen zum Teil zu grosse Unebenheiten und Löcher auf, die aufgrund von Schalungsrückständen entstanden sind. Die notwendigen Reprofilierungsarbeiten wurden jeweils am Vortag der Verklebungsarbeiten ausgeführt, so







4  
Ermittlung Bruchmoment



5  
Applikation CFK-Lamelle

dass der applizierte Epoxidmörtel bei Beginn der Verklebungsarbeiten ausgehärtet war.

Der Klebemörtel wird unmittelbar nach der Feinreinigung mittels Traufel als Kratzspachtelung auf die Betonoberfläche aufgetragen. Die zu verklebende Lamellenoberfläche ist werkseitig aufgeraut, die oberste Kohlenfaserschicht somit freigelegt. Mit Hilfe eines weissen Lappens wird die Oberfläche mit einem lösungsmittelhaltigen Reiniger abgerieben. Dabei wird neben Verunreinigungen vor allem Kohlenstaub entfernt. Die vollständig abgetrocknete CFK-Lamelle wird mit einem Spezialspachtel dachförmig mit Epoxidharz-Klebstoff beschichtet. Zwei Arbeiter konnten die federleichte, rund vier Meter lange CFK-Lamelle an die Verklebungstelle tragen und mit einem leichten Fingerdruck an der Brückenunterseite befestigen. Mit einem Hartgummiroller wurde die CFK-Lamelle sorgfältig angedrückt, so dass der noch frische Kleber beidseitig ausgepresst wurde. Wegen der dachförmigen Beschichtung des Klebers kann die Luft während des Anrollens beidseitig der

6  
Querschnitt durch Kernbohrung: Unten (schwarzer Streifen) die Lamelle



CFK-Lamelle vollständig entweichen. Überschüssiger Kleber wird mit einem Zungenspachtel sorgfältig entfernt, und die Lamellenoberfläche wird gereinigt. Dank der ausgezeichneten Standfestigkeit des verwendeten Epoxidklebers und des geringen Gewichts der CFK-Lamelle braucht es weder Geräte zum Anpressen noch Unterstutzungen, um die Lamelle über Kopf in Position zu halten. Dieses Anrollverfahren wurde an Stahlbetonbalken der Empa erfolgreich getestet und auch bezüglich Luftfeinschlüssen in der Klebefläche mittels Infrarot-Thermografie untersucht.

### Qualitätssicherung

Nach der Untergrundvorbehandlung wurde die Oberfläche visuell auf Schwachstellen, Betoneinschlüsse, wie Holz und Risse, überprüft. Wie bereits erwähnt, waren an der Brückenunterseite vor allem Holzrückstände der Schalungen vorhanden, die im Bereich der Verklebungsfächen herausgespitzt werden mussten. Mittels Abziehen von aufgeklebten Stahlrondellen wurden die Haftzugfestigkeiten vor allem im Verankerungsbereich gemessen. Bereits während der Voruntersuchungen wurde festgestellt, dass die Betonqualität der Fahrbahnplatte der Brücke ausgezeichnet ist. Es ergaben sich Werte im Bereich von 3.5 N/mm<sup>2</sup> bis 3.7 N/mm<sup>2</sup>.

Die Ebenheit der Oberfläche wurde mit einer Metalllatte überprüft. Die geforderten maximalen Abweichungen von 5 mm auf 2 Meter Länge respektive 1.0 mm bei 0.3 Meter Länge waren bei über 10% der Flächen überschritten. Diese Stellen mussten deshalb vorgängig mit Epoxidmörtel auf die vorgeschriebene Toleranz ausgeglichen werden.

Besondere Aufmerksamkeit mussten den Temperatur- und Feuchtigkeitswerten bei der Applikation unmittelbar über dem Wasser geschenkt werden, weshalb die Taupunkttemperatur 3- bis 4mal pro Tag bestimmt wurde. In einem Fall war der geforderte Taupunktabstand von 3°C nicht erfüllt, so dass die Verklebungsarbeiten auf

### Am Bau Beteiligte

Bauherr:	Kanton St. Gallen Lind Vorarlberg
Oberbauleitung:	TStV Kt. SG, Abt. Brückenbau- und -unterhalt
Projektverfasser:	Ingenieurbüro Bänziger + Köppl + Partner
CFK-Lamellen:	Sika AG

den nächsten Tag verschoben werden mussten.

Die vorhandene Betonfeuchtigkeit betrug an allen Betonverklebungsfächen weniger oder gerade 1%, lag also bedeutend unter dem bereits erwähnten Wert von 4%.

Für die Überprüfung der Qualität des Verbunds der applizierten CFK-Lamellen am Bauobjekt wurden vier zusätzliche CFK-Lamellen verklebt. Die gemessenen Haftzugwerte, je zwei pro Lamelle, ergaben Werte von 2.4 N/mm<sup>2</sup> bis 5.2 N/mm<sup>2</sup>, mit einem Mittelwert von 3.4 N/mm<sup>2</sup>. Der geforderte Bruch im Beton wurde bei allen Proben erfüllt.

Für die nachträgliche Prüfung des Epoxidklebers wurden während der Verklebungsarbeiten je zwei Prismen pro Tag, total 12, zur Prüfung der Druck- und Biegezugfestigkeit im Labor hergestellt. Bei der Abnahme wurden sämtliche CFK-Lamellen visuell überprüft. Mittels sorgfältigem Abklopfen wurden alle CFK-Lamellen auf Hohlstellen kontrolliert. Als Nachkontrolle e wurde erneut die Ebenheit der verklebten CFK-Lamellen überprüft, wobei die vorher erwähnten Limiten der Ebenheit des Untergrunds massgebend sind. Alle Kontrollen sowie die gemessenen Werte wurden auf Protokollblättern festgehalten.

### Adresse der Verfasser:

Rolf Walser, dipl. Bauing, HTL, Bänziger + Köppl + Partner, Ingenieure + Planer SIA/ASIC, Bahnhofstrasse 50, 9470 Bachs, Werner Steiner, dipl. Bauing, ETH/SIA, Sika AG, Tüfenwies 16-22, 8048 Zürich

### Literatur

- [1] Meiri, C., Brenni, P., Keller, U., Pellegrinelli, L.: Verbindung von altem und neuem Beton, Bundesamt für Strassenbau, Forschungsauftrag 82/1990
- [2] Dearing, M.: Verstärken von Stahlbeton mit gespannten Faserverbundwerkstoffen, Empa-Forschungsbericht Nr. 224, 1993