



# Statische Verstärkung von Zwillingsbrücken mit Speziallamellen

Text: Daniel Müller | Fotos: S&P

Der Autobahnabschnitt zwischen Küssnacht und Brunnen wird Instand gesetzt. Bestandteil der Autobahn sind auch Kunstbauten, die verstärkt werden müssen. Die statische Verstärkung der Zwillingsbrücke Boli erfolgt mittels hochmoduligen S&P Lamellen des Typs 120/2.8.

Die in den 80er-Jahren erstellten Zwillingsbrücken Boli, Mettlen sowie Linden Fahrbahn Altdorf und Fahrbahn Zürich, bestehen aus vorgefertigten und vorgefertigten T-Trägern von 2,5 Meter Höhe ohne zusätzlichen Überbau aus Ortbeton. Das Gesamtsystem der Brücken ist als Durchlaufträger ausgebildet. Sie sind Bestandteil des Erhaltungsprojekts A4 Küssnacht–Brunnen und liegen im Teilabschnitt 2 Süsswinkel-Goldau. Die Instandsetzungsmassnahmen wurden im Auftrag des Bundesamts für Strassen ASTRA ausgeführt.

Die Ziele des Massnahmenprojekts (MP) waren die Validierung, Präzisierung und Detailbearbeitung der im Massnahmenkonzept MK2 respektive dem Ergänzungsdossier zum MK2 mit revidierter Verkehrsführung definierten Instandsetzungs- und Verstärkungsmassnahmen am Bauwerk zur Sicherstellung des Nationalstrassenbetriebs.

## Schlechter Zustand des Bauwerks

Die Bauwerksteile der Brücken Boli, Mettlen sowie Linden FBAL/FBZH sind in «annehmbaren» (ZK 2) bis «schlech-

tem» (ZK 4), lokal sogar «alarmierendem» (ZK 5) Zustand. Gesamthaft wurde das Bauwerk als «schlecht» (ZK 4) bewertet. Die Brücken wiesen vor allem an den Konsolköpfen, Kragplatten und Aussen-seiten der Randlängsträger starke Korrosionsschäden und massive Chloridkonzentrationen auf, welche lokal weit über dem zulässigen Grenzwert lagen. An der Untersicht dieser Bauteile waren grossflächige Abplatzungen und Bewehrungen mit Korrosionsgrad 4 vorhanden. An den aussenliegenden Längsträgern wurden Lochfrasskorrosion an Bewehr-



Gesamtansicht der Zwillingsbrücken.



Oben: Brückenuntersicht mit Lamellen und Schubverstärkung. Unten: Brückenuntersicht mit Lamellen und C-Sheet gegen Delaminieren.

rung, Hüllrohr und den Drähten der Vorspannung festgestellt.

Bei der Zustandserfassung der Längsträger 2015 wurde gegenüber dem Zustand der vorherigen Untersuchung von 2008 eine massive, überproportionale Schadenszunahme festgestellt. An den Stegen und am Fuss der Längsträger der Brücken Mettlen sowie Boli waren lokale, alarmierende Schadstellen mit massiven Betonabplatzungen und Querschnittsverlusten an den Bügeln bis 20%, an der Längsbewehrung von 50 – 100% vorhanden. Bei der baugleichen Brücke Linden war am

Vorspannkabel ein Verlust von bis zu 4% des Kabelquerschnitts sondiert worden. Ursache für die massiven Schäden waren zu kurze Belagsentwässerungsröhrchen sowie schadhafte Brückenentwässerungsleitungen, aus denen chloridhaltiges Wasser entlang der Kragplattenuntersicht und Längsträgerstegen herunterlief.

#### **Normgemässe Tragsicherheit nicht mehr gewährleistet**

Die Brücken wiesen selbst unter Berücksichtigung von vollständigen, intakten Vorspannungs- und Bewehrungsquer-

schnitten keine genügende normgemässe Tragsicherheit für die Längsträger ( $n_{\min} = 0.77$ , SIA269), Stützenquerträger ( $n_{\min} = 0.63$ , SIA 269) und Feldquerträger ( $n_{\min} = 0.86$ , Ausnahmetransporte) auf. Bei Berücksichtigung der lokal vorhandenen massiven Schäden an den Längsträgern sinken die Erfüllungsgrade auf Werte von 0.4 bis 0.5 ab (SIA 269).

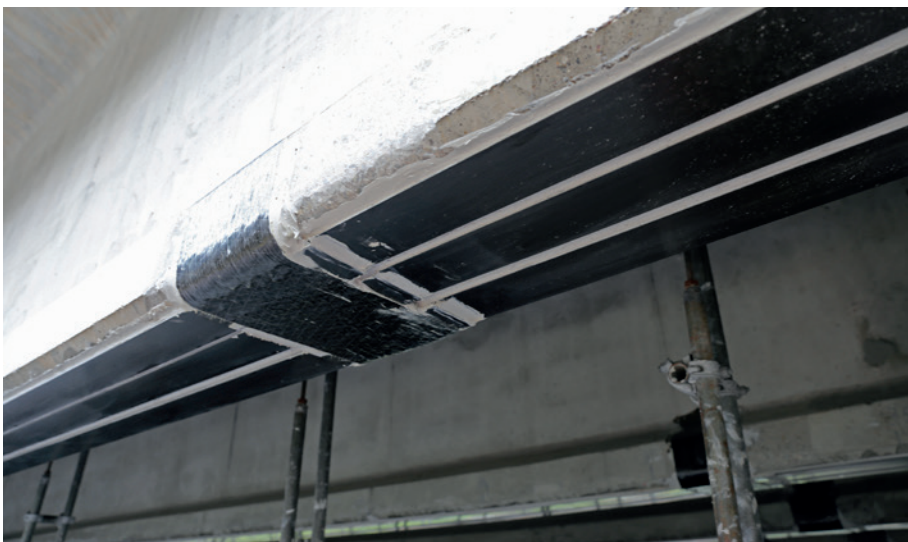
Aufgrund des Zustands und der ungenügenden Tragsicherheit der Brücken Mettlen, Linden sowie Boli FBAL und FBZH wurde im MK2 entschieden, für diese Objekte eine Gesamtinstandsetzung und

#### **Geometrische Angaben der Brücken:**

Bezeichnung		Gesamtlänge [m]	Spannweiten [m]	Gesamtbreite [m]
Brücke	Fahrspur			
Mettlen	Altdorf	122	40 / 42 / 40	10
	Zürich	152	4 x 38	10
Linden	Altdorf	526	40 / 7 x 42 / 40 / 4 x 38	10
	Zürich	536	40 / 10 x 42 / 2 x 38	10
Boli	Altdorf	288	40 / 4 x 42 / 2 x 40	10
	Zürich	332	40 / 6 x 42 / 40	10



Detail Schubverstärkung mit Lastverteiler-Konstruktion



Schutz gegen Delaminieren (C-Sheet Umwicklung)

Ertüchtigung nach UPlANS-Philosophie vorzusehen. Nebst der Verstärkung der Brücken mittels eines UHFB-Aufbetons wurden die vorfabrizierten Brückenendträger mit defizitären Erfüllungsgraden mit eigens für diese Baustelle hergestellten hochmoduligen Lamellen des Typs 120/2.8 verstärkt.

Eine der grossen Herausforderungen des Verstärkungsvorschlags mittels CFK-Lamellen lag in den hohen Verankerungskräften aus den Lamellen und der Kräfteinleitung im Verankerungsbereich der vorfabrizierten Brückenträger.

### Lösung mit hochmoduligen CFK-Lamellen

Der durch den Projektverfasser vorgesehene Verstärkungsvorschlag mit vier übereinander verklebten hochmoduligen CFK-Lamellen konnte durch S&P Schweiz mittels einer innovativen und wirtschaft-

lichen Lösung wesentlich optimiert werden. Durch speziell für dieses Projekt hergestellte hochmodulige Lamellen mit einem Querschnitt von 336 mm<sup>2</sup> (120 x 2.8 mm) konnten die Applikationsarbeiten halbiert werden.

Durch die Entwicklung eines für die Baustelle zugeschnittenen Kleberaufziehgerätes und Abrollgerätes für die Lamellen durch S&P konnten weitere zeiter sparende Vorteile für den Unternehmer generiert werden.

Im Bereich der Endverankerung der CFK-Lamellen an den Trägerenden wurde ebenfalls eine innovative Lösung durch die S&P Schweiz entwickelt. Die Haftzugfestigkeit des Betons der vorhandenen Träger reichte für die Verankerung der Lamellenkräfte und damit der Kräfteinleitung aus den Lamellen in den Betonuntergrund nicht aus.

Durch Versuche an der EMPA Schweiz konnte ein System entwickelt werden, welches die Verbundfläche im Verankerungsbereich deutlich erhöht und somit die Verbundkraft beinahe verdoppelt. Zusätzlich zu diesem neu entwickelten System wurden die Verankerungsbereiche der übereinanderliegenden Lamellen gestaffelt und ausserdem durch C-Sheets gegen Delaminieren gesichert. Im Bereich der grössten Schubkräfte wurden die vorfabrizierten Träger durch Stahlkonstruktionen zusätzlich gesichert. Dies erhöhte die Sicherheit gegen das Delaminieren, hervorgerufen durch mögliche auftretende Schubrisse und der daraus resultierenden Versatzbildung, ebenfalls.

### Beengte Platzverhältnisse sorgen für Herausforderungen

Nach dem Aufbau des Arbeitsgerüsts unter den Zwillingsbrücken wurden sämtliche zu verstärkenden Träger vorbereitet. Diese Arbeiten beinhalteten losen Überdeckungs Beton zu entfernen und entsprechend zu reprofilieren, die Trägerunterseiten zu schleifen und in den Verankerungszonen das patentierte System EBROG zu erstellen. Die beengten Platzverhältnisse zwischen Gerüstboden und Träger stellten den Unternehmer vor diverse Herausforderungen. Durch die innovativen Lösungen der S&P Schweiz konnten diese beispielsweise durch das mobile und auf Rollen befindliche Kleberaufziehgerät stark vereinfacht werden. Die rund 38m langen Lamellen wurden auf dem Gerüst ausgelegt, mit S&P Resin 220 versehen und appliziert. Im Verankerungsbereich sind zusätzlich S&P C-Sheets über die Lamellen und den Fussbereich des Brückenträgers gezogen worden. Nach dieser anspruchsvollen Arbeit wurden die Schubverstärkungen aus Stahl in den Randzonen der Träger montiert. Wegen des hohen Anpressdrucks der Stahlkonstruktion auf die Lamellen wurden diese mit einer speziellen Lastverteilerplatte ausgestattet.

[www.sp-reinforcement.ch](http://www.sp-reinforcement.ch) ■