



Aktuelles zu Betonstrassen und zur Verkehrsinfrastruktur

update 3/14

Effiziente Instandsetzung und Verstärkung bestehender Infrastrukturbauwerke mit Ultrahochleistungs-Faserbeton (UHFB)

Betonbauwerke können mit einer vergleichsweise dünnen Schicht aus UHFB effizient instandgesetzt und verstärkt werden. Ohne die ständigen Lasten der Konstruktion zu erhöhen, wird die Tragfähigkeit erhöht und die Dauerhaftigkeit der Betonkonstruktion verlängert. Die UHFB-Technologie ist kostengünstig und reif, bisherige Methoden der Instandsetzung und Verstärkung von Betonbauten zu ersetzen.

Effiziente Instandsetzung und Verstärkung bestehender Infrastrukturbauwerke mit Ultrahochleistungs-Faserbeton (UHFB)

Die wichtigste Aufgabe des modernen Betonbaus ist die Entwicklung von neuartigen Methoden und Technologien zur dauerhaften Erhaltung und Verbesserung bestehender Betonbauten, um deren Nutzungsdauer zu verlängern oder sie für grössere Nutzlasten zu verstärken.

Seit jeher führen neuartige Baustoffe zu Fortschritten im konstruktiven Ingenieurbau. In den letzten zwanzig Jahren wurden faserverstärkte, zementgebundene Verbundbaustoffe zu einer neuen Reihe von Baustoffen mit deutlich verbesserten Eigenschaften weiterentwickelt, die sogenannten Ultrahochleistungs-Faserbetone (UHFB).

Die Instandsetzung und Verstärkung bestehender, den Nutzungsanforderungen nicht mehr genügender oder schadhafter Infrastrukturbauwerke wie Brücken, Fahrbahnplatten, Leitmauern und Konsolköpfe, wird immer häufiger mit UHFB realisiert. Damit können sowohl die statisch-konstruktiven Anforderungen an das Tragwerk und seine Dauerhaftigkeit als auch die Interessen der Bauwerkseigentümerschaft hinsichtlich einer Kostenoptimierung für Erhaltungsmassnahmen bei möglichst begrenzten Nutzungseinschränkungen für die Verkehrsteilnehmer vereint werden.

Was ist UHFB und wo wird er eingesetzt?

UHFB besteht aus einer zementgebundenen Matrix, die neben Zement auch reaktive Feinststoffe und feine Quarzsande mit einer Korngrösse in der Regel von maximal 1 mm enthält. Diese Matrix wird durch Kurzfasern in hoher Dosierung verstärkt. Diese 15 mm langen Fasern sind in der Regel aus Stahl und nur 0,2 mm dick. Sie machen mindestens 3% des Volumens aus. Die Packungsdichte der Komponenten ist infolge Korngrössenoptimierung sehr hoch und der Wasserzementwert beträgt maximal 0,20. Deshalb wird das bei der Herstellung des UHFB zugegebene Wasser beim Erhärten vollständig für die Zementhydratation verbraucht, womit kein eigentlicher Trocknungsvorgang mit einer Bildung von kommunizierenden Kapillarporen stattfinden kann. Entsprechend ist ein Wassereintritt von aussen in den UHFB vernachlässigbar gering, und die für Beton üblichen Schadensmechanismen können nicht auftreten.

Ein wichtiges Einsatzgebiet von UHFB ist die Verbesserung bestehender Betonbauten mit UHFB, indem die bekannten, immer wieder Schäden zeigenden Bauteilbereiche in Stahlbeton mit UHFB dauerhaft instandgesetzt und dabei auch statisch verstärkt werden. Seit 2004 wird UHFB in der Schweiz für die Verbesserung bestehender Betonbauten eingesetzt.

Die bisherigen Anwendungen können in drei Gruppen eingeteilt werden, welche die Verwendung von UHFB (mit und ohne Einlage von Betonstahl in Haupttragrichtung) betreffen:

1. Schutzfunktion auf horizontalen Flächen
2. Schutzfunktion auf vertikalen Flächen
3. Trag- und Schutzfunktion für Platten und Gesamttragwerke.



Abb. 1 Auflichtbild einer Kontaktzone zwischen Beton und UHFB. Deutlich sichtbar der Unterschied der Baustoffe (Grösstkorn, Faserbewehrung, Dichtheit)

Produkt UHFB

Die Holcim (Schweiz) AG hat seit nunmehr fünf Jahren zwei kommerzielle Produkte für vertikale Anwendungen sowie für Anwendungen im Gefälle auf dem Markt. Beide Produkte mit gleichwertigen mechanischen Eigenschaften werden als geprüftes und CE zertifiziertes System für verschiedenste Anwendungen bereitgestellt. Zum System gehört ein Premix sowie die dazugehörigen Stahlfasern und Fließmittel, welche entweder als Sackware oder für grössere Anwendungen auch

in «big bags» bereitgestellt werden. Ein kompetentes Team berät die Planer und Baufirmen hinsichtlich der Herstellung und des Einbaus des UHFB und erstellt eine projektbezogene Dosieranweisung. Die Herstellung vor Ort erfolgt in üblichen Zwangsmischern, bei grösseren Mengen kann der UHFB in einer Ortbetonanlage gemischt werden.

Nachfolgend werden mehrere kürzlich ausgeführte Instandsetzungen und Verstärkungen von Brücken mit UHFB vorgestellt.

Beschichtung von SBB Bachdurchlässen und Strassenunterführungen mit UHFB als Abdichtung

Clemens Bühlmann, Ingenieurbüro Gmeiner AG, geht in seinem Erfahrungsbericht über die Planung und Ausführung von Abdichtungen von Brückenplatten mittels UHFB von einer theoretischen Nutzungsdauer der Abdichtung von 100 Jahren aus. Damit kann auf die Erneuerung der Abdichtung nach 50 Jahren verzichtet werden, wie sie beim herkömmlichen Abdichtungssystem (Polymerbitumen-Dichtungsbahnen) zu erwarten ist. Damit reduzieren sich sowohl die finanziellen Aufwendungen als auch die meist kritischen Einschränkungen in der Verfügbarkeit der Infrastrukturwege.

Die tragenden Konstruktionsteile aus Natursteinmauerwerk sind durch die Abdichtung vor eindringendem Oberflächenwasser langfristig geschützt und deren Zerfallsprozess kann markant verlangsamt werden. Künftige Instandsetzungsmaßnahmen werden so zu einem deutlich späteren Zeitpunkt notwendig. Die zusätzliche Investition von rund 100 bis 150 CHF/m² Brückenfläche gegenüber herkömmlichen Abdichtungssystemen ist über eine theoretische Nutzungsdauer von 100 Jahren wirtschaftlich.

Bauherrschaft

Schweizerische Bundesbahnen SBB
Infrastruktur-Netzprojekte-Projektmanagement
Zentralstrasse 1, 6002 Luzern

Projektverfasser

Gmeiner AG Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau
Schlösslirain 3, 6006 Luzern

Bauausführung

Immensee-Arth-Goldau, 2012/2013: C. Vanoli AG
Karregasse 2014, Marti AG

Produkt

UHFB Holcim 707, UHFB Holcim 710
Schichtdicke 30 mm



Abb. 2 Abdecken des UHFB unverzüglich nach dem Einbau, Sonnenschutzdach



Abb. 3 Einbau Bahnschotter und Gleisrost auf UHFB-Abdichtung; linker Bildrand: Negativschalung für vertikale UHFB-Fläche am Randbord

Bauwerksinstandsetzung N01, Effretikon-Ohringen, Tössbrücke Winterthur Instandsetzung der Leitmauer (2014 /2015)

Im Rahmen der Zustandserfassung konnte bei den vor 20 Jahren erstellten Leitmauern eine Schädigung in Form von netzartigen Rissen mit direktem Chlorideintrag aus Spritzwasser und Sprühnebel festgestellt werden.

Die gemessenen Chloridkonzentrationen im Beton liessen auf eine wahrscheinliche Korrosion der Bewehrung und Schädigung der Betonstruktur schliessen. Im Zuge der Massnahmenplanung durch die IG Winti Tössbrücke c/o Bänziger & Partner AG wurde eine Reprofilierung der Betonleitmauer mit UHFB als Bestvariante vorgesehen. Während der Realisierung 2014 und 2015 wird der chloridbelastete oberflächennahe Beton bis auf das Niveau der ersten Bewehrungslage mittels HWD (Höchstwasserdruckverfahren) abgetragen und die neue UHFB-Schutzschicht mit einer Schichtstärke von zirka 40 mm aufgetragen.

Die Instandsetzung mit UHFB erfolgt in zwei unmittelbar aufeinander folgenden Schritten. Zuerst werden die geschalteten Flächen mit fließfähigem UHFB vergossen und anschliessend mit einem gefällegeeigneten UHFB die Krone beschichtet. Letzteres erweist sich als sehr anspruchsvoll, da durch den laufenden Verkehr leichte Erschütterungen auf die gesperrte Fahrbahn übertragen wurden. Trotz der thixotropen Konsistenz, welche üblicherweise die Erstellung von Beschichtungen in bis zu 6 % Gefälle erlaubt, war für die Ausbildung des Gefälles von nur 2 % eine anspruchsvolle handwerkliche Massarbeit der ausführenden Firma erforderlich.

Bauherrschaft

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA,
Infrastrukturfiliale Winterthur

Projektverfasser

IG Winti Tössbrücke c/o Bänziger & Partner AG
Grubenstrasse 35, 8045 Zürich

Bauausführung

Walo Bertschinger AG, Infrastrukturbau
Postfach 1155, 8021 Zürich

Produkt

UHFB Holcim 707, UHFB Holcim 710
Schichtdicke 30 bis 40 mm



Abb. 4 Vorbereitete Schalung für die Beschichtung



Abb. 5 Fertiggestellte mit UHFB beschichtete Leitmauer



Abb. 6 Detail zur Oberflächenausbildung mit eingestreutem Splitt

Restaurierung der Valtschielbrücke bei Donat (2013)

Die Valtschielbrücke bei Donat gehört zu den ersten versteiften Stabbogenbrücken, einem Tragwerkssystem, das vom Ingenieur Robert Maillart entwickelt wurde. Die Brücke wurde im Jahr 1924 eröffnet und wird heute nur noch für den Langsamverkehr genutzt. Im Jahr 2013 wurde die Brücke

nach denkmalpflegerischen Grundsätzen instandgesetzt, um die originale Bausubstanz möglichst weitgehend zu erhalten und die Erscheinung der Brücke zu bewahren. Dabei wurde die Oberfläche der Brückenplatte mit einer 30 mm dicken UHFB-Schicht abgedichtet. Beim Einbau des frischen UHFB wurde auf die Oberfläche Splitt eingestreut und eingedrückt, sodass eine genügend raue, direkt begeh- und befahrbare UHFB-Oberfläche entstand.

Bauherrschaft

Gemeinde Donat, Geschäftsstelle Naturpark Beverin

Projektverfasser

Conzett Bronzini Gartmann AG

Bahnhofstrasse 3, 7000 Chur

Bauausführung

Walo Bertschinger AG

Raschärenstrasse 21, 7000 Chur

Produkt

UHFB Holcim 710

Schichtdicke 30 mm



Abb. 7 Brücke nach der sanften Instandsetzung

Verstärkung und Instandsetzung einer Brücke in Montbovon (2013)

Im Herbst 2013 wurde die vor 100 Jahren gebaute, als Durchlaufträger konzipierte Stahlbetonbrücke mit einer Gesamtlänge von 50 m über die Saane für eine langfristige weitere Nutzungsdauer von mehr als 70 Jahren ertüchtigt. Da keine zuverlässigen Angaben zum Bewehrungsgehalt in den Betonquerschnitten vorhanden waren, wurde die Tragfähigkeit der bestehenden Konstruktion mit einer geradlinigen externen Vorspannung, kombiniert mit einer 40 mm dicken Schicht aus bewehrtem UHFB, derart erhöht, dass jegliche Anforderungen infolge Strassenlasten und Sondertransporten erfüllt werden konnten. Die Arbeiten konnten so ausgeführt werden, dass eine Vollsperrung dieser einem wichtigen Zugang dienenden Brücke während nur fünf Tagen notwendig war. Die ertüchtigte Brücke weist damit die gleiche Leistungsfähigkeit auf wie eine neue Brücke. Hingegen waren die Kosten von 1 940 CHF/m² Brückenfläche nur etwa halb so hoch wie die geschätzten Kosten eines ressourcenintensiven Ersatzneubaus.

Bauherrschaft

Groupe e SA, Granges-Paccot

Projektverfasser

sd ingénierie fribourg SA, Fribourg

Bauausführung

Implenia, Fribourg

Produkt

UHFB Holcim 710

Schichtdicke 40 mm



Abb. 8 Überblick Brücke in Montbovon während Instandsetzung



Abb. 9 Detail zur Ausführung



Abb. 10 Ansicht Strassenviadukt Moudon



Abb. 11 Untersicht der instandgesetzten Randabschlüsse

Instandsetzung des Strassenviadukts in Moudon VD (2014)

Dieser 200 m lange und 12,5 m breite, 40 Jahre alte Strassenviadukt ist eine massive, vorgespannte Platte. Diese Platte zeigte infolge Bewehrungskorrosion Schäden auf und ihre Randabschlüsse mussten ersetzt werden. Im Sommer 2014 wurden insgesamt 130 m³ UHFB auf der Brückenoberfläche eingebaut, um diese abzudichten und an einigen korrosionsbeschädigten Stellen zu verstärken, sowie die neuen Randabschlüsse in der Platte einzuspannen.

Bauherrschaft

Canton de Vaud, Service des Routes, Lausanne

Projektverfasser

sd ingénierie Lausanne, Lausanne

Bauausführung

Marti SA, Lausanne

Produkt

UHFB Holcim 710
Schichtdicke 30 mm

Umbau und Verstärkung der Jupiterbrücke Bern (2014)

Im Zuge der Umnutzung von Pannestreifen zu Fahrstreifen der Autobahn A6 im Raume Bern wurde die Strassenüberführung Jupiterbrücke, die vom Strassen- und Tramverkehr benutzt wird, ertüchtigt. Die massive Platte aus Spannbeton mit einem eingehängten Gerberträger wurde zu einem monolithischen Rahmentragwerk umgebaut, indem die beiden Gerbergelenke aufgehoben wurden. Der dabei eingesetzte bewehrte UHFB diente dazu, negative Biegemomente im Bereich der Stützen aufzunehmen und die gesamte Brückenoberfläche abzudichten. Die Arbeiten wurden im Sommer 2014 ausgeführt. Für die Verfüllung der «Plomben», die im Zuge des Ersatzes des Gerbergelenkes hergestellt wurden, kam der fliessfähige UHFB zur Anwendung. Die Fahrbahn wurde mit UHFB mit Gefälleeignung be-

schichtet, auch in grösseren Schichtdicken von bis zu 80 mm, für Bereiche mit hohem Gehalt an Betonstahl. Auch hierbei konnte das Gefälle zielsicher eingestellt werden. Nach dem Einbau der Verstärkungs- und Abdichtungsschicht UHFB wurde ein Walzasphalt aufgebracht.

Bauherrschaft

ASTRA Filiale Thun

Projektverfasser

Hartenbach & Wenger AG, Egelgasse 70, 3006 Bern

Bauausführung

Frutiger AG, Abt. Tiefbau, Frutigenstrasse 37, 3601 Thun

Produkt

UHFB Holcim 710, Holcim 707

Schichtdicken zwischen 30 mm und 80 mm



Abb. 12 Blick auf die für die Beschichtung vorbereitete Fahrbahnhälfte



Abb. 13 Blick auf die bereits fertig gestellte Fahrbahnhälfte; Untersicht des Überführungsbauwerks



Abb. 14 Maschineller Einbau des UHFB mit einem eigens umgebauten Strassenfertiger

Verstärkung der Chillon-Viadukte mit bewehrtem UHFB (2014)

Zehn Jahre nach der ersten UHFB-Anwendung auf der nur zehn Meter kurzen Strassenbrücke über den Morge-Bach bei Sion erfolgte auf dem Chillon-Viadukt der Autobahn A9 bei Montreux in Bezug auf die Ausführungstechnologie ein grosser Schritt vom manuellen hin zum maschinellen Einbau, der neue Dimensionen der UHFB-Anwendung eröffnet.

Der Beton der Chillon-Viadukte ist einem beginnenden Schädigungsprozess infolge Alkali-Aggregat-Reaktion unterworfen. Um der zu erwartenden Abnahme der Betonfestigkeiten entgegenzuwirken, wurde die Fahrbahnplatte des 2,1 km langen Viadukts mit einer 40 respektive 50 mm dicken Schicht aus bewehrtem UHFB verstärkt. Dadurch wurden der Tragwiderstand der Platte in Querrichtung bezüglich Biegung, Schub und Ermüdung sowie die Steifigkeit und der Biege- und Schubwiderstand des Brückenträgers in Längsrichtung erhöht. Zudem

wird die Stahlbetonplatte der Fahrbahn mit der UHFB-Schicht abgedichtet. Die für den ersten Viadukt notwendige UHFB-Menge von 1240 m³ wurde im Sommer 2014 auf der Baustelle in einer UHFB-Zentrale hergestellt und in nur fünf Wochen bei Tagesleistungen von bis zu 80 m³ mit einer speziell entwickelten Maschine bei Gesamtkosten von 230 CHF/m² Brückenfläche eingebaut. Der zweite Viadukt wird 2015 auf die gleiche Art und Weise verstärkt.

Bauherrschaft

ASTRA Filiale Estavayer

Projektverfasser

Monod Piguet & Associés Ingénieurs Conseils SA, Lausanne

Bauausführung

Walo Bertschinger SA

Produkt

Ductal

Schichtdicke 40 bis 50 mm

Ausblick

Die kurz beschriebenen Anwendungen zeigen, dass Betonbauwerke durch das Aufbringen einer vergleichsweise dünnen Schicht aus UHFB effizient instandgesetzt und verstärkt werden können, indem die Tragfähigkeit – ohne die ständigen Lasten der Konstruktion zu erhöhen – erhöht und die Dauerhaftigkeit der Betonkonstruktion verlängert werden. Die Anwendungen dieser neuartigen Technologie unter Baustellenbedingungen seit zehn Jahren zeigen, dass die UHFB-Technologie kostengünstig und reif ist, bisherige Methoden der Instandsetzung und Verstärkung von Betonbauten zu ersetzen.

Im Hinblick auf die breite Umsetzung der UHFB-Technologie erstellt eine Arbeitsgruppe der SIA-Begleitkommission 262 das Merkblatt «SIA 2052: UHFB – Baustoffe, Bemessung, Ausführung», das voraussichtlich 2015 veröffentlicht wird.

Die Technologie wurde ins Ausland, unter anderem nach Frankreich, Deutschland, Österreich, Kanada und China exportiert. Bei Sapporo in Japan wurde im Oktober 2014 eine 120 m lange Strassenbrücke mit UHFB ertüchtigt.

Literatur

- [1] E. Brühwiler, E. Denarié, Stahl-UHFB – Stahlbeton Verbundbauweise zur Verstärkung von bestehenden Stahlbetonbauteilen mit Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB), Beton- und Stahlbetonbau 108, Heft 4, 2013, S.216-226
- [2] Merkblatt SIA 2052 Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) – Baustoffe, Bemessung und Ausführung, Schlussentwurf nach der Vernehmlassung, Nov. 2014
- [3] Bericht zu Pilotversuch, Abdichtung mittels UHFB, Januar 2011, Gmeiner AG Luzern

Zusammensetzung der in den Projekten verwendeten UHFBs (Ausnahme Projekt: Chillon-Viadukt)

| | | |
|---|------------------------------------|---|
| Premix | Sack zu 25 kg | |
| Fließmittel | 1.2 – 1.6 M.-% | |
| Stahlfasergehalt | 3 – 4 Vol.-% | |
| äquivalenter w/z-Wert | 0.18 – 0.19 | |
| Mechanische Eigenschaften | | |
| Würfeldruckfestigkeit | 100 × 100 × 100 mm | 140 +/- 10 N/mm ² |
| Prismendruckfestigkeit | 40 × 40 × 160 mm | 180 +/- 10 N/mm ² |
| Zugfestigkeit (zentrisch) | 500 × 300 × 30 mm | ≥ 7 – 10 N/mm ² |
| Biegezugfestigkeit | 40 × 40 × 160 mm | 40 +/- 10 N/mm ² |
| Elastizitätsmodul | | 40 000 +/- 10 000 N/mm ² |
| Dauerhaftigkeitseigenschaften | | |
| Erhöhter Widerstand gegen Säureangriff | | ESW Nachweis |
| Luftpermeabilität | | sehr gering |
| kapillare Wasseraufnahme (Sorptionskoeffizient) | kg/m ² h ^{0.5} | 0.05 |
| Chloridwiderstand | | sehr hoch |
| mittlere Karbonisierungstiefe | nach 56d bei 1 % CO ₂ | < 0,1 mm |
| Frost-Frosttausalz-widerstand | | sehr hoch |
| Verschleiss | nach Böhme | 6.5 cm ³ /50 cm ² |
| Sulfatwiderstand (totale Dehnung) | % | -0.12 |



Für weiterführende Informationen steht Ihnen die Gruppe Betonmarketing Österreich jederzeit zur Verfügung

www.betonmarketing.at



Vereinigung der Österreichischen
Zementindustrie
Reisnerstraße 53
A-1030 Wien
Tel. +43 (0)1 714 66 81-0



Verband Österreichischer
Beton- und Fertigwerke
Kinderspitalgasse 1
A-1090 Wien
Tel. +43 (0)1 403 48 00



Güterverband
Transportbeton
Wiedner Hauptstraße 63
A-1045 Wien
Tel. +43 (0)5 90 900-4882



Forum
Betonzusatzmittel
Wiedner Hauptstraße 63
A-1045 Wien
Tel. +43 (0)5 90 900-3749

Vertrieb durch
BETONSUISSE

BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53, CH-3011 Bern
Telefon +41 (0)31 327 97 87, Fax +41 (0)31 327 97 70
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch



VDZ, Verein Deutscher Zementwerke e.V.
Tannenstraße 2, D-40476 Düsseldorf
Telefon +49 (0)211 45 78-1, Telefax +49 (0)211 45 78-296
info@vdz-online.de, www.vdz-online.de



Gruppe Betonmarketing Österreich
Anfragen für den Bereich Betonstraßen an Zement + Beton Handels-
und Werbeges.m.b.H., Reisnerstraße 53, A-1030 Wien
Tel. +43 (0) 1 714 66 85-0, www.zement.at