



Aktuelles zu Betonstrassen und zur Verkehrsinfrastruktur

update 3/11

Dauerhafte Lösungen bei der Brückeninstandsetzung mit UHFB

Mit seinen besonderen Eigenschaften leistet Ultrahochleistungs-Faserbeton (UHFB) einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Verbesserung der Dauerhaftigkeit von Infrastrukturbauten. Praxisbeispiele aus der Schweiz belegen die Eignung und die Umsetzbarkeit von Brückeninstandsetzungen und -abdichtungen mit UHFB.

Dauerhafte Lösungen bei der Brückeninstandsetzung mit Ultrahochleistungs-Faserbeton (UHFB)

UHFB – ein zukunftsweisender Werkstoff, der sich seinen Platz in der Bauindustrie erobert. Nach Jahrzehnten der wissenschaftlichen Forschung europäisch und weltweit ist UHFB bereit für die praktische Anwendung im Bauwesen. Nachdem in einer Vielzahl von Studien die wesentlichen Materialeigenschaften untersucht und optimiert wurden, richtet sich der Fokus jetzt vermehrt auf die für die praktische Anwendung wichtigen Aspekte Normung und Bemessung. Wie bei allen Baustoffen und Bauweisen bedürfen Planer und Bauausführende praxisorientierter Richtlinien, um mit UHFB sicher, effizient und kreativ bauen zu können. Darin liegt derzeit die Herausforderung.

UHFB grenzt sich in vielen Aspekten von den heute typischerweise verwendeten Betonen ab. Dabei steht nicht nur die Steigerung der Festigkeit, sondern insbesondere auch die massgebliche Verbesserung der Dauerhaftigkeit im Vordergrund. Die charakteristischen Eigenschaften von UHFB, seine hohe Druck-, Biegezug- und Zugfestigkeit und niedrige Permeabilität, beruhen auf drei wichtigen materialtechnologischen Entwicklungen:

Optimierung der Packungsdichte

Typische UHFB-Rezepturen verwenden hochwertigen Zement, kombiniert mit hochreinem Mikrosilika in grösseren Mengen. Aufgrund der Feinheit des Mikrosilika erweitert sich die Korngrössenzusammensetzung nach unten, sodass auch kleinste Hohlräume gefüllt werden und damit eine optimale Packungsdichte und eine grosse Homogenität des Partikelgefüges erreicht werden kann. Zudem beteiligt sich das puzzolanische Mikrosilika massgeblich an der Festigkeitsentwicklung und wirkt sich positiv auf die Verarbeitbarkeit des UHFB aus.

Reduktion des w/z-Werts

Obwohl die Zugabewassermenge ähnlich hoch wie bei normalfestem Beton ist, ergibt sich für UHFB aufgrund des deutlich höheren Zementanteils ein wesentlich niedrigerer w/z-Wert, der in der Regel kleiner als 0,25 ist. Dadurch entsteht eine deutlich verminderte Gesamtporosität im Zementstein, die durch sehr kleine Porendurchmesser und eine nur geringe Vernetzung gekennzeichnet ist. Aufgrund des niedrigen w/z-Werts verbleibt unhydratisierter Zement als hochwertiger Füllstoff im Gefüge. Die Mischbarkeit und die Verarbeitbarkeit von UHFB werden durch die Verwendung moderner Hochleistungsverflüssiger gewährleistet. Dabei kann die Konsistenz fließfähig und selbstverdichtend oder thixotrop für Anwendungen mit Gefälle eingestellt werden.

Bewehrung mit Stahl- oder Kunststofffasern

Die hochfeste, aber sehr spröde Matrix von UHFB wird mit Stahl- oder Kunststofffasern bewehrt, um die Duktilität des Materials zu steigern. Typische Fasergehalte liegen bei 2–4 Volumenprozent.



Um die Duktilität des Materials zu steigern, wird UHFB mit Stahl- oder Kunststofffasern bewehrt



Einbau der Abdichtungsschicht aus UHFB



Bearbeitung der UHFB-Oberfläche

Niedrige Permeabilität und hohe Festigkeit als Schlüsseigenschaften

Die besonderen Eigenschaften von UHFB sind für Anwendungen im Bereich des Strassen- und Brückenbaus von grosser Bedeutung. Aufgrund seiner niedrigen Permeabilität eignet sich UHFB, um stark beanspruchte Bauwerksbereiche wie beispielsweise Brückenplatten, Pfeiler oder Leitmauern (Betonstützwände) vor Wasser und Tausalzen zu schützen und abzudichten [1]. Der hohe Karbonatisierungs- und Chloridwiderstand, ebenso wie die niedrige Wasserleitfähigkeit und der ausgeprägte Frost-Tausalzwiderstand, können mit den gängigen Versuchen für normierte Betone nachgewiesen werden (Bsp.: SIA 262/1 Anhang A bis D [2]). Ebenso erfüllen bestimmte UHFB-Typen alle Anforderungen der Norm EN 1504-3 für Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken in statisch und nicht statisch relevanten Instandsetzungen. Damit ist eine normative Grundlage zur Bestimmung der Eigenschaften und für den Vergleich mit anderen Systemen gegeben.

Mit dem Aufbringen einer 30–50 mm dünnen Schicht aus UHFB, die in bestimmten Fällen auch Bewehrungsstäbe enthalten kann, ist es möglich, Stahlbetonbauteile dauerhaft zu schützen. Durch das Aufbringen der UHFB-Schicht entstehen Verbundquerschnitte, die besonderen Beanspruchungen unterworfen sind [3]. Aufgrund des behinderten Schwindens der UHFB-Schicht durch den in der Regel deutlich steiferen Stahlbetonuntergrund können hohe Zwangsspannungen entstehen, die zu einer Vorschädigung der Schicht durch Rissbildung führen könnten. Diese Zwangsspannungen werden

von UHFB einerseits durch die hohe Zugfestigkeit aufgenommen, andererseits durch Kriechprozesse mit der Zeit teilweise abgebaut. Die hohe Zugfestigkeit und das grosse Verformungsvermögen aufgrund der Faserbewehrung verhindern die Bildung von Einzelrissen in der Schicht und garantieren damit die niedrige Permeabilität, die für die Funktion als Abdichtungs- und Schutzschicht wesentlich ist [4]. Die Verwendung von UHFB als Abdichtungs- und Schutzschicht geht mit einer Reihe von positiven Aspekten einher. Die sehr hohe Dauerhaftigkeit des UHFB bietet Gewähr für die Funktionstüchtigkeit der Beschichtung über eine lange Nutzungsdauer. UHFB als mineralischer Baustoff ist hochkompatibel zu Stahlbeton und erreicht sehr gute Haftzugfestigkeiten bei korrekter Untergrundvorbereitung. Warte- und Trocknungszeiten wie bei Kunstharzbeschichtungen entfallen. Da die UHFB-Schicht mehrere Funktionen wie Reprofilierung, Abdichtung und in besonderen Fällen auch die des Fahrbelags gleichzeitig erfüllen kann, ergeben sich aus der Reduktion der Anzahl der Arbeitsgänge wirtschaftliche Vorteile. Die eventuell geringere Höhe des Schichtaufbaus mit UHFB wirkt sich positiv auf einzuhaltende Strasseniveaus und Höhenkoten aus.

Anhand der beiden folgenden Beispiele aus der Schweiz werden die Möglichkeiten der Anwendung von UHFB bei Infrastrukturbauten dargestellt.

Abdichtung einer Strassenbrücke mit UHFB

Die Brunnetobelbachbrücke in Rüthi wurde in den 1960er-Jahren in Stahlbetonbauweise ohne Abdichtung ausgeführt. Um die beginnende

Bewehrungskorrosion zu stoppen und die Brücke für die weitere Nutzung zu ertüchtigen, wurde eine Schutz- und Abdichtungsschicht aus UHFB konzipiert. Die zu beschichtenden Oberflächen wurden mit Höchstdruckwasserstrahlen vorbereitet. Anschließend wurde der vor Ort gemischte UHFB mit einem Fasergehalt von 4,5% auf die mit 5% Gefälle geneigte Oberfläche in einer Schichtdicke von 30 mm aufgebracht. Die Brückenfläche wurde in zwei Etappen beschichtet, sodass der Verkehr während der Bauarbeiten einspurig geführt werden konnte. Die UHFB-Schicht erfüllte bei dieser Anwendung die Funktion der Abdichtung und der Reprofilierung. Nach sieben Tagen konnte die dünne Asphaltdecke eingebracht und die Brücke nach Abschluss der Nebenarbeiten dem Verkehr wieder übergeben werden. Aufgrund des niedrigen Schichtaufbaus mit UHFB entfiel die Notwendigkeit, das angrenzende Strassenniveau anzuheben, wie es bei einer herkömmlichen Abdichtungslösung erforderlich gewesen wäre. Damit konnte die Brückeninstandsetzung innerhalb kürzester Zeit mit hoher Qualität und der Aussicht auf eine lang währende Funktionstüchtigkeit ausgeführt werden.

Instandsetzung einer historischen Stahlbetonbrücke

Die als bauhistorisch bedeutsam eingestufte Stahlbetonbrücke über den Fluss Landquart in Küblis aus den 1920er-Jahren wies umfassenden Instandsetzungsbedarf auf. Breite landwirtschaftliche

Fahrzeuge hatten zum Teil erheblichen Schaden an den über der Fahrbahn liegenden Bauwerksteilen angerichtet. Im Jahr 2008 wurde die Brücke unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Aspekte saniert. So sollte die Brücke als Baudenkmal ihr ursprüngliches Erscheinungsbild weitgehend erhalten. Bei der Instandsetzung kam neben den Methoden der herkömmlichen Betoninstandsetzung auch UHFB zum Einsatz. Eine durchschnittlich 50 mm starke UHFB-Schicht mit 3 Volumenprozent Stahlfasern und zusätzlicher Längsbewehrung wurde auf die vorgängig aufgeraute Fahrbahnplatte aufgebracht. Die als Ortbeton ausgeführte UHFB-Schicht erfüllt hierbei gleichzeitig mehrere wichtige Funktionen:

- Sie dient der Verstärkung der Fahrbahnplatte gegenüber Biegung und Querkraft/Durchstanzen.
- Die zusätzliche Längsbewehrung zur Verstärkung des Zugbands des Stahlbetonbogens ist in der UHFB-Schicht korrosionsgeschützt eingebettet und mit dem Bauwerk kraftschlüssig verbunden.
- Die UHFB-Schicht wirkt als Abdichtung der Fahrbahnplatte und schützt die darunterliegenden Bauwerksteile.
- Die UHFB-Schicht dient als Fahrbahnbelag. Durch Einstreuen von Splitt erhält die UHFB-Oberfläche die nötige Griffbarkeit und ersetzt damit den herkömmlichen Schwarzbelag.

Nach inzwischen dreijähriger Nutzungsdauer zeigt sich die UHFB-Schicht in sehr gutem Zustand. Es sind keinerlei Risse oder sonstige Schäden, abgesehen von der Abnutzung des eingestreuten Splitts



Einbau der multifunktionalen UHFB-Schicht (Verstärkung, Abdichtung, Fahrbahnbelag)



Landquartbrücke bei Dalvazza vor und nach der Instandsetzung

durch das Befahren, zu sehen. Im Gegensatz dazu treten an den Brückenteilen, die herkömmlich instandgesetzt wurden, bereits wieder erste Schäden in Form von Rissen und Abplatzungen auf. Im direkten Vergleich wird damit die exzellente Dauerhaftigkeit des UHFB deutlich sichtbar.

Mit dem Ziel, die Dauerhaftigkeit von Infrastrukturbauten nachhaltig zu steigern, sind für die zukünftige Verwendung von UHFB im Strassenbau verschiedene Anwendungsszenarien vorstellbar [5]. Bei weiterer Optimierung der Oberflächenqualität könnte UHFB vermehrt als direkt befahrbare Abdichtungsschicht auf Brücken eingesetzt werden. Leitmauern (Betonschutzwände) und andere Verschleissteile im Bereich hoher Belastungen durch Taumittel könnten mit reduzierten Querschnitten massiv aus UHFB gefertigt werden. Ebenso sind Brückenquerschnitte komplett aus UHFB oder in Verbindung mit Stahlbeton schon heute in der Praxis erprobt und eine vielversprechende Bauweise.

Literatur

- [1] Brühwiler, E. und Denarié, E.: Rehabilitation of concrete structures using Ultra-High Performance Fibre Reinforced Concrete, in: Proceedings UHPC-2008: The Second International Symposium on Ultra High Performance Concrete, March 05 – 07, 2008, Kassel, Germany.
- [2] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA 262/1: 2003, Betonbau – Ergänzende Festlegungen, 2003.
- [3] Oesterlee, C., Bewehrter UHFB und Verbundbauweise, in: Tagungsband der Fachtagung UHFB, 27.10.2011, Fribourg.
- [4] Oesterlee, C., Brühwiler, E., Denarié, E., Tragverhalten von Verbundbauteilen aus bewehrtem UHFB und Stahlbeton, in: Beton- und Stahlbetonbau, Vol. 104, Ausgabe 8, S. 462–470, 2009.
- [5] Fleury, B., Oesterlee, C., Wassmann, K., Exemples conceptuels d'utilisation du BFUP, in: Tagungsband der Fachtagung UHFB, 27.10.2011, Fribourg.

Fotos: Dr. Cornelius Oesterlee, Holcim (Schweiz) AG

Interessengemeinschaft Betonstrassen

cemsuisse
Verband der Schweizerischen
Cementindustrie
Marktgasse 53, 3011 Bern
Telefon 031 327 97 97
Fax 031 327 97 70
info@cemsuisse.ch
www.cemsuisse.ch

BEVBE

Beratung und Expertisen für
Verkehrsflächen in Beton
Herenholzweg 5, 8906 Bonstetten
Telefon 044 700 14 02
Fax 044 700 14 03
werner@bevbe.ch
www.bevbe.ch

Grisoni-Zaugg SA

Rue de la Condémine 60
Case postale 2162, 1630 Bulle 2
Telefon 026 913 12 55
Fax 026 912 74 54
info@grisoni-zaugg.ch
www.grisoni-zaugg.ch

Holcim (Schweiz) AG
Hagenholzstrasse 83, 8050 Zürich
Telefon 058 850 62 15
Fax 058 850 62 16
betonstrassen@holcim.com
www.holcim.ch

Holcim (Suisse) SA
1312 Eclépens
Telefon 058 850 91 11
Fax 058 850 92 95
chausseebeton@holcim.com
www.holcim.ch

Implenia Bau AG

Infra Ost Tiefbau
Binzmühlestrasse 11, 8008 Zürich
Telefon 044 307 90 90
Fax 044 307 93 94
daniel.hardegger@implenia.com
www.implenia-bau.com

Jura-Cement-Fabriken AG

Talstrasse 13, 5103 Wildegg
Telefon 062 887 76 66
Fax 062 887 76 69
info@juracement.ch
www.juracement.ch

Juracime SA Fabrique de ciment

2087 Cornaux
Telefon 032 758 02 02
Fax 032 758 02 82
info@juracime.ch
www.juracement.ch

Specogna Bau AG
Lindenstrasse 23, 8302 Kloten
Telefon 044 800 10 60
Fax 044 800 10 80
spc@specogna.ch
www.specogna.ch

Synaxis AG Zürich (vormals Wolf, Kropf & Partner AG)

Thurgauerstrasse 56, 8050 Zürich
Telefon 044 316 67 86
Fax 044 316 67 99
c.bianchi@synaxis.ch
www.synaxis.ch

Toggenburger AG

Schlossackerstrasse 20
8404 Winterthur
Telefon 052 244 13 03
Fax 052 244 12 24
info@toggenburger.ch
www.toggenburger.ch

Ciments Vigier SA

Zone industrielle Rondchâtel
2603 Péry
Telefon: 032 485 03 00
Fax: 032 485 03 32
info@vigier-ciment.ch
www.vigier-ciment.ch

Walo Bertschinger AG

Postfach 7534, 8023 Zürich
Telefon 044 745 23 11
Fax 044 745 23 65
kurt.glanzmann@walo.ch
www.walo.ch

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

bdz.
Deutsche Zementindustrie

BDZ, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.
Kochstraße 6–7, D-10969 Berlin
Telefon +49 (0)30 2800 2-100, Fax +49 (0)30 2800 2-250
BDZ@BDZement.de, www.BDZement.de

beton

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