

BAW-MITEX

Merkblatt für die Instandsetzung von gerissenen Betonflächen mit textilbewehrten Mörteln/Betonen

Amir Rahimi, Andreas Westendarp, Karlsruhe, Cynthia Morales Cruz, Günther Rößler, Michael Raupach, Aachen

Instandsetzungssysteme aus textilbewehrten Mörteln und Beton sind durch die intensiven Forschungsarbeiten der vergangenen beiden Dekaden weit entwickelt und in der Praxis erprobt worden. Mit dem BAW-Merkblatt „Flächige Instandsetzung von Wasserbauwerken mit textilbewehrten Mörtel- und Betonschichten (MITEX)“ werden derartige Systeme geregelt. Dadurch soll ihre Anwendbarkeit sowie Wettbewerbsfähigkeit als eine praxistaugliche und ausschreibungsreife Lösung für Maßnahmen mit bestimmten Randbedingungen sichergestellt werden.

1 Hintergrund

Bewehrte und im Altbeton verankerte Vorsatzschalen aus Beton und Spritzbeton sind geregelte Betonersatzsysteme für eine robuste und sichere Instandsetzung von Betonbauwerken [1–3]. Aufgrund der im Hinblick auf Betondeckung und Krafteinleitung erforderlichen großen Schichtdicken stellen sie jedoch bei der Instandsetzung von massiven Infrastrukturbauwerken nicht in jedem Fall eine technisch und wirtschaftlich vorteilhafte Lösung dar. Dünnschichtige Instandsetzungssysteme aus Mörtel oder Beton in Schichtdicken von etwa 30 mm bis 60 mm, die über Adhäsion mit dem Betonuntergrund verbunden sind, wären in vielen Fällen als Instandsetzungslösung vorzuziehen. Derartige Systeme sind bisher als unverankerte und unbewehrte Produkte geregelt [1], da der konventionelle Einsatz von Betonstahl bei derartigen Schichtdicken nicht möglich oder nicht zielführend ist (u.a. hohe Korrosionsgefahr aufgrund sehr geringer Betondeckung). Folglich werden die im Altbeton vorhandenen Risse bei Rissbreitenänderungen in das unbewehrte Betonersatzsystem durchschlagen, auch wenn der Instandsetzungsmörtel oder -beton in seinem Verformungsverhalten an das des Betonuntergrunds angepasst ist [1, 3]. Als Lösung für diese Problematik bieten sich dünnschichtige Betonersatzsysteme mit eingelegerter korrosionsunempfindlicher textiler Bewehrung an.

In einer Zusammenarbeit der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) mit dem Institut für Bauforschung Aachen (ibac) der RWTH Aachen University wurde vor diesem Hintergrund das BAW-Merkblatt „Flächige Instandsetzung von Wasserbauwerken mit textilbewehrten Mörtel- und Betonschichten (MITEX)“ [4] erarbeitet. In ihm wird der Einsatz von textilbewehr-

ten Betonersatzsystemen zur Instandsetzung von Beton- und Stahlbetonbauwerken unter definierten Randbedingungen und Beanspruchungsszenarien geregelt. Berücksichtigt werden dabei die Aspekte Bemessung, Baustoffe und Bauausführung sowie Qualitätssicherung.

2 Anwendungsbereich und -grenzen des Merkblatts

Das BAW-MITEX gilt für die flächige Instandsetzung gerissener Bauwerke aus Beton

oder Stahlbeton mittels textilbewehrtem Spritzmörtel/Spritzbeton aus zementgebundenem Betonersatz mit oder ohne Polymermodifizierung gemäß [1], Abschnitt 5, mit einem Größtkorn ≤ 6 mm, der in dünnen Schichten (30 mm bis 40 mm) ohne zusätzliche Verankerung im Spritzverfahren auf Betonuntergründe der Altbetonklasse A2, A3, A4 oder A5 gemäß [1] aufgebracht wird. Weitere Betonersatzsysteme, d.h. Mörtel und Beton für geschalte Flächen und im Handauftrag, werden derzeit im Merkblatt nicht

Die Autoren:

Dr.-Ing. Amir Rahimi studierte Bauingenieurwesen mit der Vertiefungsrichtung konstruktiver Ingenieurbau an der RWTH Aachen und war dort anschließend von 2008 bis 2011 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) in der Arbeitsgruppe Beton tätig. Seit 2011 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Referat Baustoffe der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW). Von 2011 bis 2016 war er Gastwissenschaftler am Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der TU München in der Arbeitsgruppe Stahl und Korrosion.

Dipl.-Ing. Andreas Westendarp studierte Bauingenieurwesen mit Schwerpunkt Konstruktiver Ingenieurbau an der TU Hannover. Nach seinem Eintritt in die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Karlsruhe 1987 war er zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Referat Baustoffe tätig, dessen Leitung er 1999 übernahm. Zu seinen Aufgabenschwerpunkten gehört die Bearbeitung baustofflicher und bauausführungsspezifischer Grundsatzfragen beim Neubau und bei der Instandsetzung von Verkehrswasserbauwerken. Auf diesen Gebieten ist er auch in zahlreichen Ausschüssen und Arbeitskreisen tätig.

Dipl.-Ing. Cynthia Morales Cruz studierte von 2005 bis 2012 Bauingenieurwesen mit der

Fachrichtung Konstruktiver Ingenieurbau an der RWTH Aachen University. Seit 2012 ist sie Mitarbeiterin der Arbeitsgruppe Erhaltung und Instandsetzung am Institut für Baustoffforschung Aachen.

Dipl.-Ing. Günther Rößler studierte Bauingenieurwesen mit der Fachrichtung Konstruktiver Ingenieurbau an der RWTH Aachen University und befasst sich als wissenschaftlicher Angestellter seit 1984 am Institut für Baustoffforschung Aachen intensiv mit Produkten und Verfahren für die Betoninstandsetzung.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Raupach arbeitete von 1993 bis 1996 als Geschäftsführer des Ingenieurbüros Sasse + Schiebl + Fiebrich + Raupach in den Bereichen Baustoffe und Bauwerkserhaltung. Von 1997 bis 1999 war er Inhaber und Geschäftsführer des Ingenieurbüros Prof. Schiebl + Dr. Raupach Consulting + Engineering und Geschäftsführer der S+R Sortortec GmbH. Im Jahr 2000 wurde Michael Raupach zum Universitätsprofessor an die RWTH Aachen University berufen und leitet seither den Lehrstuhl für Baustoffkunde und das Institut für Baustoffforschung der RWTH Aachen University.

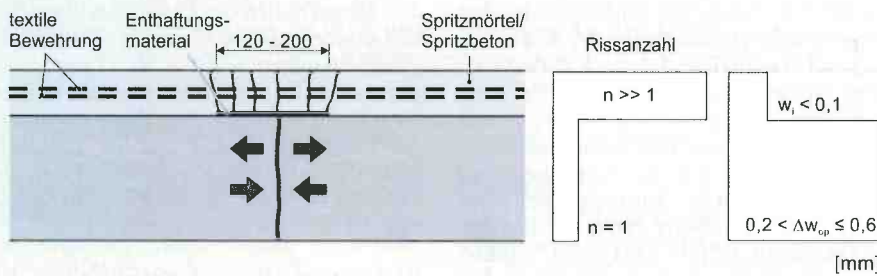


Bild 1: Aufbau und Funktionsweise des Instandsetzungssystems [4] (in Anlehnung an [5]) Grafik: ibac

berücksichtigt. Eine zukünftige Anwendung dieser Systeme ist jedoch vorstellbar.

Die Instandsetzungsschicht darf während der Applikations- und Nutzungsphase keinem hydrostatischen Wasserdruck von der Rückseite (Risswasser- und Porenwasserdruck) oder von der Vorderseite ausgesetzt sein. Das Instandsetzungssystem darf bei Bauteilen der Expositionsclassen XALL, XBW1, XCR, Δw LFR, XC1(trocken), XC3, XC4, XS1, XD1, XF1 und XF2 gemäß [1] und [3] eingesetzt werden. Die Anwendung ist nur zulässig bei Rissbreitenänderungen im Betonuntergrund, die vorwiegend aus jahreszeitlich bedingten Temperaturänderungen resultieren. Die Rissbreitenänderung im Betonuntergrund darf in der Regel maximal 0,6 mm betragen. Der Verbund zwischen dem Betonuntergrund und der textilbewehrten Spritzmörtel-/Spritzbetonschicht wird ausschließlich über Adhäsion hergestellt. Das Instandsetzungssystem kann an senkrechten und stark geneigten Flächen sowie über Kopf angebracht werden. Die Instandsetzungsmaßnahme zielt auf eine Verlängerung der Nutzungsdauer von 30 bis 50 Jahren ab.

Es ist beabsichtigt, weitere Anwendungsbereiche (mit Wasserdruck und Verankerung) entsprechend Tabelle 2 des Merkblatts [4] in späteren Fassungen des Merkblatts [4] zu berücksichtigen.

3 Aufbau und Funktionsweise des Instandsetzungssystems

Das in BAW-MITEX beschriebene und geregelte Instandsetzungssystem besteht aus einem an den Betonuntergrund angepassten Spritzmörtel/Spritzbeton gemäß [1], Abschnitt 5, und einer textilen Carbon-Bewehrung. Bei Rissen mit einer Rissbreitenänderung von $\Delta w_{op} > 0,2$ mm, die vom Sachkundigen Planer als maßgebend erkannt wurden, kommt zudem ein Enthaftungsbereich zur Anwendung. Das Enthaftungsmaterial soll im Bereich des Risses den Verbund zwischen Untergrund und Spritzmörtel/Spritzbeton verhindern und so zu einer Erhöhung der freien Dehnlänge des textilbewehrten Spritzmörtels/Spritzbetons führen. Die in den Spritzmörtel/Spritzbeton eingebettete textile Bewehrung ermöglicht die Realisierung von dünnen bewehrten Schichten. Diese sorgt dafür, dass die Rissbreitenänderung Δw_{op} des zu überbrückenden Risses am Bauwerk im Enthaftungsbereich auf

mehrere Risse mit Rissbreiten $w_i < 0,1$ mm im textilbewehrten Spritzmörtel/Spritzbeton verteilt wird (Bild 1).

4 Planung

Als Basis für die Planung der Instandsetzungsmaßnahme sind die maximalen jahreszeitlichen Rissbreitenänderungen im Bauteil zu ermitteln, z.B. durch hinreichend langes Bauteilmonitoring. Darauf basierend wird die maßgebliche Rissüberbrückungsklasse nach Tafel 1 festgestellt. Damit wird die Randbedingung der Systemprüfung (minimale Rissaufweitung) für den Nachweis der Verwendbarkeit des Instandsetzungssystems (im Labor) definiert.

Bei Rissen mit einer Rissbreitenänderung von $\Delta w_{op} > 0,2$ mm, die vom Sachkundigen Planer als maßgebend erkannt wurden, wird ein Enthaftungsbereich vorgesehen. Die Breite des Enthaftungsbereichs quer zum Rissverlauf wird durch den Sachkundigen Planer und abhängig von der Rissüberbrückungsklasse (Tafel 1) des Bauteils gewählt (zwischen 120 mm und 200 mm). Im Instandsetzungsplan ist festzulegen, welche Risse mit einem Enthaftungstreifen zu versehen sind. Als Grundlage für die Ausführung ist vom Sachkundigen Planer als Bestandteil des Instandsetzungsplans ein Bewehrungsplan für die textile Bewehrung inklusive Angaben zu Mindestübergreifungslängen zu erstellen. Aufgrund der unterschiedlichen Rissverläufe der instand zu setzenden Bauteile sind textile Bewehrungen mit quadratischen Maschen und gleichem

Faserquerschnitt in beiden Tragrichtungen zu verwenden. Es sind mindestens zwei Lagen textiler Bewehrung vorzusehen.

5 Anforderungen und Qualitätssicherung

Die Anforderungen an das Instandsetzungssystem und die damit verbundene Qualitätssicherung werden anhand folgender Nachweisverfahren geregelt:

- Nachweis der Verwendbarkeit
 - Nachweis der Verwendbarkeit der Einzelkomponenten
 - Spritzmörtel/Spritzbeton
 - textile Bewehrung
 - Enthaftungsmaterial
 - Nachweis der Verwendbarkeit des Instandsetzungssystems (Systemprüfung)
- Nachweis der Übereinstimmung
- Prüfungen im Rahmen der Ausführung
- Überprüfung der ausgeführten Leistung

Nachweis der Verwendbarkeit des Spritzmörtels/Spritzbetons

Der Spritzmörtel/Spritzbeton muss hinsichtlich seines Festigkeits- und Verformungsverhaltens dem jeweiligen Altbeton angepasst sein. Als Spritzmörtel/Spritzbeton können Produkte gemäß [1] auf Basis von [6] in Verbindung mit [7] mit zusätzlichen Merkmalen oder Produkte unbekannter Zusammensetzung verwendet werden. Die expositionsbedingten Anforderungen sind in [8] enthalten.

Nachweis der Verwendbarkeit der textilen Bewehrung

Vom Hersteller der Textilbewehrung sind definierte Eigenschaften wie z.B. Typ und Feinheit der Carbonfaser, Tränkungsmaterial (Art, Glasübergangstemperatur) anzugeben. Im Fall einer Oberflächenmodifikation der textilen Bewehrung sind das Beschichtungsmaterial (Art, Glasübergangstemperatur) und die Besandung (Partikelart und Sieblinie) anzugeben. Zusätzlich müssen bestimmte Kennwerte anhand im Merkblatt [4] beschriebener Prüfverfahren ermittelt werden. Das lichte Maß zwischen zwei Rovings muss mindestens dem dreifachen Größtkorndurchmesser des Spritzmörtels/Spritzbetons entsprechen.

Tafel 1: Rissüberbrückungsklassen und Prüfbedingungen im Rahmen der Systemprüfung [4]

1	2	3
Maximale Rissbreitenänderung des zu überbrückenden Risses am Bauwerk Δw_{op}	Rissüberbrückungsklasse (RÜK)	Minimale Rissaufweitung für die Systemprüfung $w_{min,lab}$
μm	–	μm
≤ 200	1	*)
≤ 300	2	450
≤ 400	3	600
≤ 600	4	900***)
> 600	5	***)
ANMERKUNG: Zwischenwerte sind nicht zu interpolieren		
*) Die Anwendung des Instandsetzungssystems ist im Regelfall nicht vorgesehen. Ob das Instandsetzungssystem eingesetzt wird und wie es ggf. geprüft wird, entscheidet der Sachkundige Planer		
) Durchführung mit einem Untergrundbeton $\geq A4$		*) nicht zulässig

Nachweis der Verwendbarkeit des Enthaftungsmaterials

Das Enthaftungsmaterial muss zum einen auf trockenem und/oder feuchtem Untergrund gut haften. Zum anderen darf zwischen Spritzmörtel/Spritzbeton und dem Enthaftungsmaterial kein nennenswerter Haftverbund bestehen. Dies wird im Rahmen des Nachweises der Verwendbarkeit des Instandsetzungssystems (Systemprüfung, s.u.) geprüft. Es wird jedoch empfohlen, die Entkopplungswirkung des Enthaftungsmaterials vor der Systemprüfung mittels Prüfung der Haftzugfestigkeit an entsprechend hergestellten Probekörpern zu bestimmen. Als Enthaftungsmaterialien kommen beispielsweise Klebebänder, Epoxidharze oder zementöse Dichtungsschlämme in Frage.

Nachweis der Verwendbarkeit des Instandsetzungssystems (Systemprüfung)

Die Systemprüfung erfolgt an Verbundprobekörpern (Bild 2) bestehend aus Grundkörperbeton (gerissen), Enthaftungsmaterial und

textilbewehrter Spritzmörtel-/Spritzbetonschicht. Sie umfasst die Prüfungen der Applizierbarkeit, Haftzugfestigkeit, Rissverteilung und Haftzugfestigkeit nach Rissaufweitung. Die jeweiligen Probekörper für diese Prüfungen werden aus den Verbundprobekörpern entsprechend Bild 2 gewonnen.

Mit der Prüfung der Applizierbarkeit wird das eventuelle Auftreten von Fehlstellen in unmittelbarer Nähe der Rovings in Anlehnung an [8], Anlage A1.7, untersucht. Mit der Prüfung der Haftzugfestigkeit vor und nach der Prüfung der Rissverteilung wird der notwendige Adhäsionsverbund zwischen dem Betonersatzsystem und dem Untergrund nach der Ausführung bzw. nach der Beanspruchung in Folge der Rissaufweitung überprüft.

Für die Prüfung der Rissverteilung wird der Rissüberbrückungskörper nach Bild 2 an einem Prüfrahmens befestigt. Durch das Aufbringen einer Zugkraft auf den Grundkörper wird der Riss auf die vorgesehene Breite $w_{\min,lab}$ (s. Tafel 1, Spalte 3) aufgeweitet. Anschließend werden die Rissbreiten im

textilbewehrten Spritzmörtel/Spritzbeton an den Seitenflächen der Probe über dem Enthäftungsbereich in über die Probenhöhe gleich verteilten Ebenen auf 1 μm genau gemessen. Die Rissbreiten müssen weniger als 0,1 mm betragen. Des Weiteren werden die Textiltzugspannung und die Textildehnung im Enthäftungsbereich im Laufe des Versuchs ermittelt. Sie dürfen 1500 N/mm² bzw. 10 % nicht überschreiten.

Nachweis der Übereinstimmung

Die Übereinstimmung des Spritzmörtels/Spritzbetons mit dem Spritzmörtel/Spritzbeton, der im Rahmen des Nachweises der Verwendbarkeit untersucht worden ist, muss gemäß [8] nachgewiesen werden. Für das Enthäftungsmaterial muss die Übereinstimmung von dem entsprechenden Hersteller mittels Lieferschein bestätigt werden. Der Nachweis der Übereinstimmung der textilen Bewehrung muss durch eine Werkeigene Produktionskontrolle (WPK) und eine Fremdüberwachung (FÜ) gemäß [9] durch eine von der BAW hierfür anerkannte

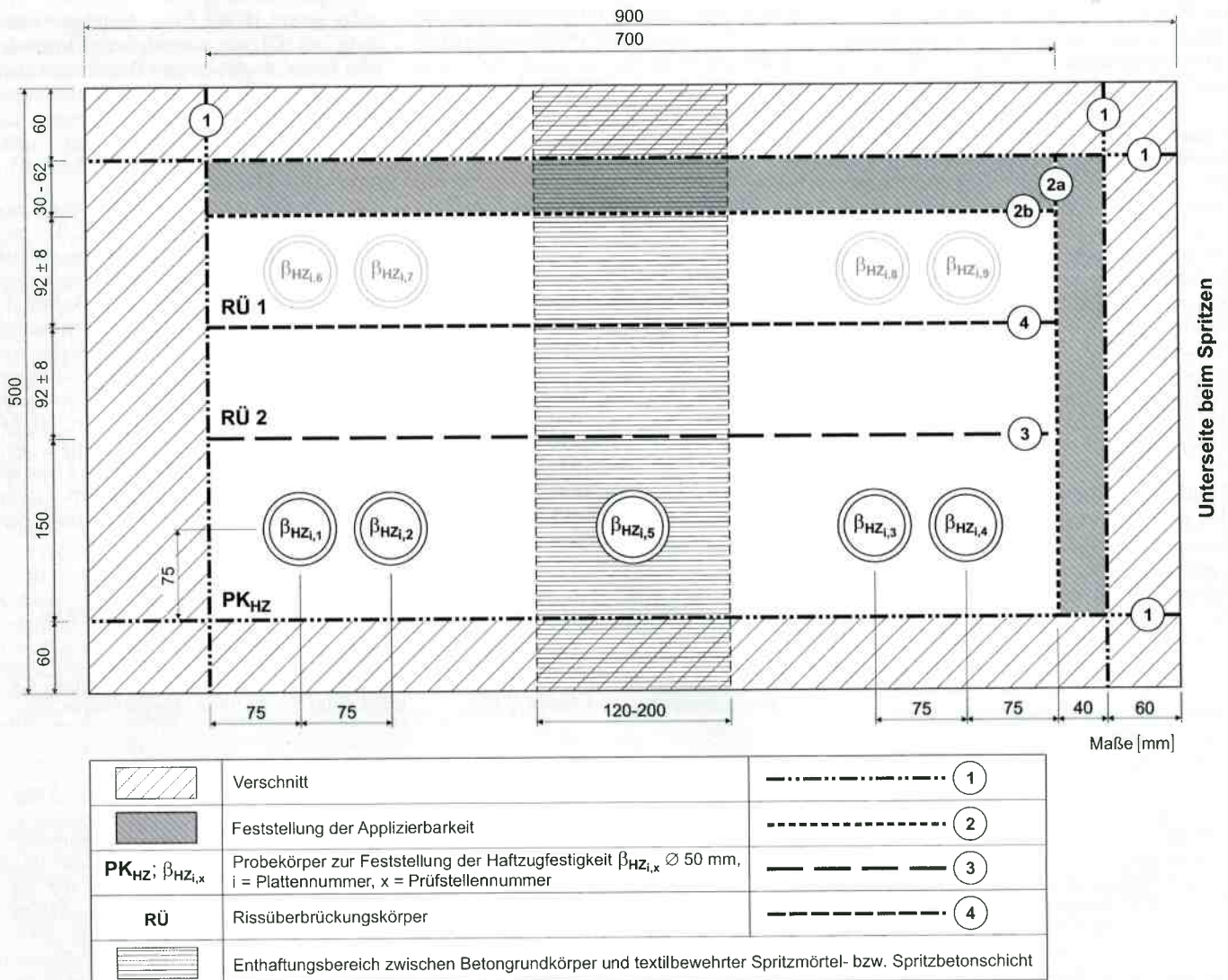


Bild 2: Verbundkörper für die Systemprüfung, Schnittmuster (beispielhaft für die senkrechte Herstellung) [4]

Grafik: ibac

Stelle sichergestellt sein. Die Häufigkeit der durchzuführenden Prüfungen sowie die Anforderungen, die im Rahmen der WPK und der FÜ zu erfüllen sind, sind im Merkblatt vorgegeben.

Prüfungen im Rahmen der Ausführung

Hinsichtlich des Spritzmörtels/Spritzbetons ist entsprechend [1], Abschnitt 5.6.2, vorzugehen. Hinsichtlich der textilen Bewehrung und des Enthaftungsmaterials müssen vom Auftragnehmer im Rahmen der Eigenüberwachung zusätzliche Kontrollen zur ordnungsgemäßen Lieferung und zur Qualität des Materials durchgeführt werden. Angaben hierzu sind in [4] enthalten.

Überprüfung der ausgeführten Leistung

Die Überprüfung der ausgeführten Leistung ist vom Auftragnehmer gemäß [1], Abschnitt 5.6.3, durchzuführen und zu dokumentieren. Zusätzlich ist die Höhenlage der textilen Bewehrung an den Bohrkernen für die Verbundfestigkeitsprüfung zu bestimmen. Die lichten Maße zwischen der Betonuntergrundoberfläche und der benachbarten textilen Bewehrungslage, zwischen den benachbarten textilen Bewehrungslagen sowie zwischen der Spritzmörtel-/Spritzbetonoberfläche und der benachbarten textilen Bewehrungslage müssen mindestens dem

Größtkorndurchmesser entsprechen und dürfen 5 mm nicht unterschreiten. Die Bestimmung der Trockenrohddichte erfolgt an Scheiben ohne textile Bewehrung mit einer Dicke von 8 mm bis 15 mm, die aus den Bohrkernen für die Verbundfestigkeitsprüfung präpariert werden.

6 Ausblick

Das BAW-MITEX soll nach dem Abschluss eines Gelbdruckverfahrens spätestens Mitte 2019 veröffentlicht werden.

Die Regelungen des Merkblatts gelten derzeit nur für Schichten aus Spritzmörteln/Spritzbetonen zur Anwendung an stark geneigten Flächen sowie über Kopf. Eine Erweiterung des Merkblatts im Hinblick auf weitere Instandsetzungsverfahren bzw. -materialien, d.h. Mörtel und Beton für geschalte Flächen und im Handauftrag, sowie zur Applikation auf horizontalen Flächen ist vorstellbar; entsprechende Untersuchungen sind im Gange. Derzeit dürfen nur textile Bewehrungen aus Carbonfasern angewandt werden. Eine zukünftige Anwendung weiterer Materialien, z.B. AR-Glasfaser, ist vorstellbar.

Der Anwendungsbereich des Merkblatts [4] ist derzeit auf die Instandsetzung frei bewitterter Bauteile ohne hydrostatische vorder- und rückseitige Wasserbeanspruchung, d.h. auf frei bewitterte Außenbau-

teile beschränkt. Eine Erweiterung des Merkblatts für die Anwendung in weiteren Bereichen ist vorstellbar; auch unter diesem Aspekt werden bereits entsprechende Untersuchungen durchgeführt. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf die Verankerung des Instandsetzungssystems im Betonuntergrund zur Sicherstellung des erforderlichen Verbunds zwischen beiden Schichten.

Literatur

- [1] ZTV-W LB 219: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für die Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken (Leistungsbereich 219), Ausgabe 2017
- [2] RiLi SIB: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Ausgabe 2001
- [3] IH-RL: Richtlinie für Instandhaltung von Betonbauteilen, Gelbdruck 2017
- [4] BAW-MITEX: Merkblatt Flächige Instandsetzung von Wasserbauwerken mit textilbewehrten Mörtel- und Betonschichten (MITEX), Gelbdruck 2019
- [5] Büttner, T.; Raupach, M.: Des Bauwerks neue Kleider. Funktionsprinzipien und Einsatzmöglichkeiten von Textilbetonschichten zum Schutz von Bauwerken. Bauen in Bestand 35 (2012) H. 6, S. 70–75
- [6] DIN EN 14487-1:2006 „Spritzbeton – Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität“
- [7] DIN 18551:2014 „Spritzbeton – Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen“
- [8] BAWEmpfehlung: Instandsetzungsprodukte – Hinweis für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe 2017
- [9] DIN 18200:2018 „Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte – Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung“

Feuchtesonden für die Betonindustrie.

IMKO
www.imko.de



Die SONO®-Sensoren sind nicht vergleichbar mit den handelsüblichen Feuchtesonden. Denn nur mit der patentierten TRIME®-Technologie können jetzt über viele Jahre Sand, Kies, Splitt und Frischbeton präzise und langzeitstabil vermessen werden – und das ganz ohne Nachkalibrierung.

Sie sparen bis zu 90% an Wartungsaufwand gegenüber herkömmlichen Sensoren.

Für Sand, Kies und Splitt:



Für Frischbeton:



Mobiles Prüfsystem:

