
ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN VERSCHIEDENEN REGELWERKEN FÜR SPRITZBETONE/-MÖRTEL IN DEUTSCHLAND

RELATIONS BETWEEN VARIOUS TECHNICAL GUIDELINES FOR SPRAYED CONCRETE / SPRAYED MORTAR IN GERMANY

Rolf **Breitenbücher**, Lehrstuhl für Baustofftechnik, Ruhr-Universität Bochum, Germany

Für die Herstellung, Verwendung und Überwachung von Spritzbeton und Spritzmörtel sind in Deutschland Regelungen in zum Teil unterschiedlichen Regelwerken festgelegt. Dies führt des Öfteren zu Irritationen. Insbesondere sind davon die notwendigen Nachweise, die teilweise vom Hersteller der Grundmischung, teilweise vom Verarbeiter vorzunehmen sind, betroffen. Des Weiteren hat es in letzter Zeit auch Unstimmigkeiten bezüglich der Anwendung von reinem, nicht-kunststoffmodifiziertem Spritzmörtel nach DIN 18551 im Bereich der Instandsetzung von Betonbauteilen gegeben. Im Beitrag werden die wesentlichen Zusammenhänge zwischen den diversen für Spritzbeton und Spritzmörtel relevanten Regelwerken dargestellt.

In Germany rules for production, application and conformity for sprayed concrete and sprayed mortar have been defined in various guidelines. This often results in irritations. This mainly belongs to the required proofs, which have to be performed partly by the producers of the basic mixes, partly by the contractors on site. Furthermore in the last time discussions have been arisen referring the application of non-polymer-modified sprayed mortar according DIN 18551 within repair works. In the report the most important relations between the various guidelines are illustrated.

1. Einleitung

Neben diversen Einsatzgebieten bilden die Bereiche „Tunnelbau“ und „Instandsetzung“ die maßgeblichen Anwendungen für Spritzbetone und Spritzmörtel. Daraus leiten sich aber auch sehr unterschiedliche Anforderungen ab. Im Bereich Tunnelbau ist in erster Linie eine hohe Frühfestigkeit bei einer entsprechend großen Schichtdicke (auch über Kopf) relevant, wozu die Zudosierung eines Erstarrungsbeschleunigers an der Spritzdüse notwendig ist. Hingegen spielt bei Instandsetzungsarbeiten, bei denen der neue Spritzbeton/Spritzmörtel auf einen vorhandenen Altbeton aufgebracht wird, der Verbund zwischen den beiden Betonen die entscheidende Rolle.

Die Eigenschaften des aufgetragenen Spritzbetons werden neben den Eigenschaften und Mengenanteilen der einzelnen Ausgangskomponenten maßgeblich von dessen Applikation bestimmt. Bei Spritzbeton ist das Verarbeitungsverfahren von weitaus größerer Bedeutung als bei herkömmlichen Rüttelbetonen. Dadurch ergeben sich maßgebende Schnittstellen in der Produktkette von den Ausgangsstoffen bis zum endgültig aufgetragenen Spritzbeton. Daraus leiten sich teilweise zusätzliche Überprüfungen ab, die aufgrund verschiedener Ausgangssituationen und Anwendungsbereichen zum Teil in verschiedenen Regelwerken zusammengefasst sind.

Basisregelwerk für alle Spritzbetonarbeiten ist die europäische Norm EN 14487, Teile 1 [1] und 2 [2], in Verbindung mit der nationalen Ergänzungsnorm DIN 18551 (Bild 1) [3]. Auf nationaler Ebene wird dabei auch Spritzmörtel mit erfasst. Für einzelne Anwendungen bzw. Produktschienen werden dann spezielle Anforderungen, Arbeitsschritte usw. in weiteren speziellen Regelwerken ergänzend geregelt, auf die nachfolgend weiter eingegangen wird.

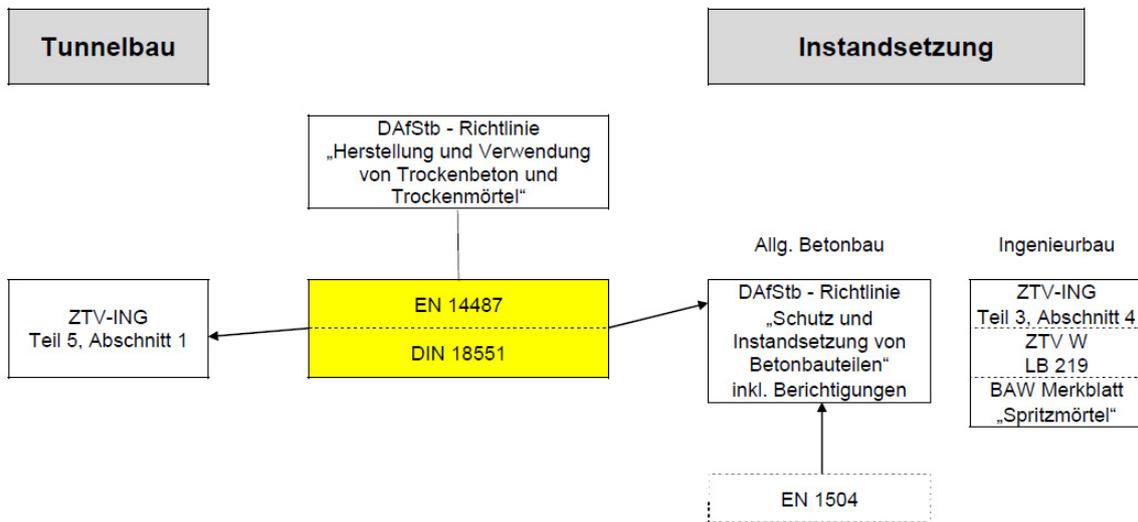


Bild 1: Maßgebliche Regelwerke für Spritzbetone und deren Anwendung

2. Schnittstellen Grundmischung – Spritzbeton

Der aufgetragene Spritzbeton wird maßgeblich durch die Art und Qualität der Applikation beeinflusst. So wird schon durch den unvermeidbaren Rückprall die Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung im Spritzbeton gegenüber der Grundmischung (früher Bereitstellungsgemisch) zu einem feinstteilreicheren Gemisch hin verschoben (Bild 2). Gleichzeitig erhöht sich dabei auch der Bindemittelgehalt je m^3 .

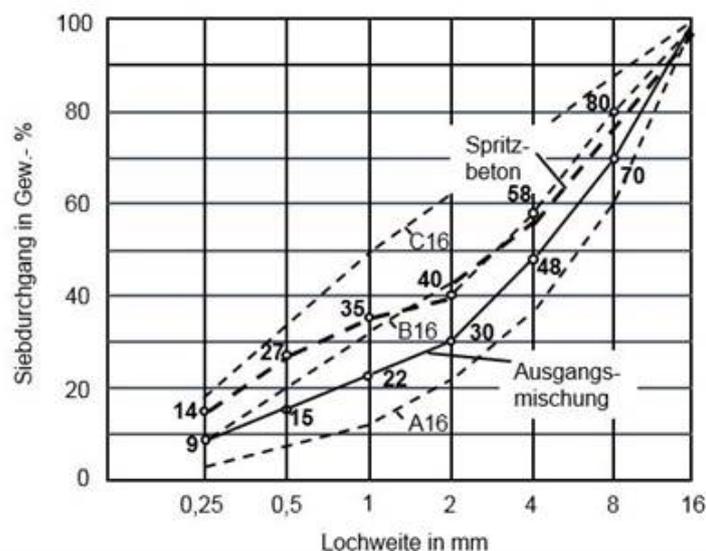


Bild 2: Veränderung der Kornzusammensetzung von Spritzbeton gegenüber der Grundmischung (Ausgangsgemisch)

Im Fall von Mängel- oder Schadensfällen bleibt dann die Frage offen, ob die Ursache hierfür bereits in der Grundmischung liegt oder der Fehler erst bei der Verarbeitung, d.h. bei der Applikation des Spritzbetons herbeigeführt wurde. Um in solchen Fällen die Verantwortlichkeiten eindeutig zuordnen zu können, ist es notwendig, die Eigenschaften der bereitgestellten Grundmischung bereits bei Anlieferung an der Schnittstelle der beiden Leistungsbereiche prophylaktisch zu überprüfen und zu dokumentieren.

Diese Prüfungen entsprechen den in früheren Normausgaben der DIN 18551 (seit Ausgabe 1992) [4] in der Prüfebene 1 vorgenommenen Prüfungen an Bereitstellungsgemischen. (Nach EN 14487-1 [1] wird das zugelieferte Material als Grundmischung benannt, während dieses früher in DIN 18551 [4] als Bereitstellungsgemisch bezeichnet wurde.)

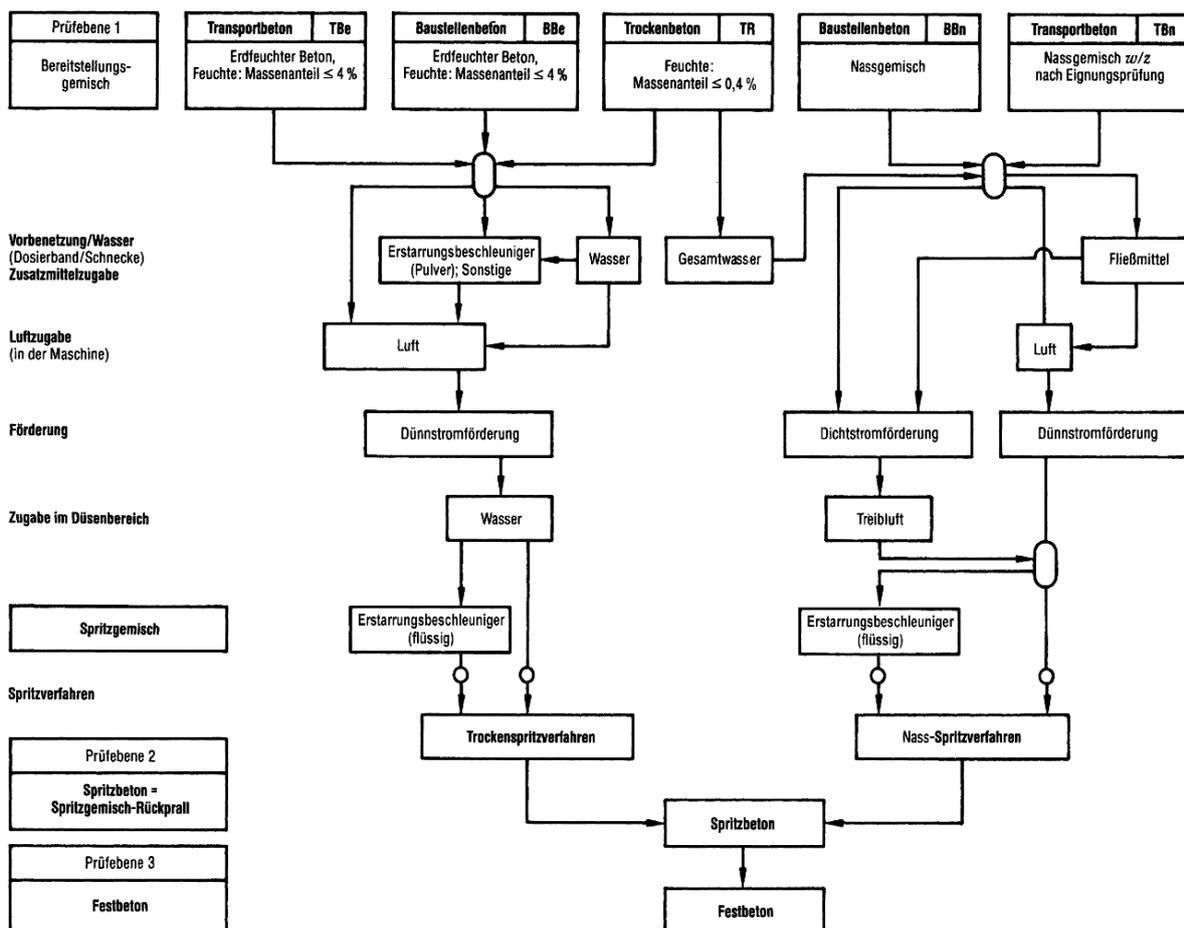


Bild 3: Verschiedene Prüfebenen für Spritzbetone nach DIN 18551:1992-03 [4]

Dabei ist zwischen Nassspritzbeton und Trockenspritzbeton zu differenzieren. In DIN EN 14487-1 [1] ist hierzu beim Nassspritzverfahren bei Übergabe der Grundmischung zum jeweiligen Produktionsbeginn die Konsistenz zu überprüfen. Ergänzend zur europäischen Norm wird in DIN 18551 [3] bei der Übergabe auch die Überprüfung der Druckfestigkeit verlangt. Der Umfang richtet sich dabei nach der insgesamt zu applizierenden Menge an Spritzbeton. Diese Überprüfung, die von der annehmenden Baustelle vorzunehmen ist, ist vergleichbar mit der Identitätsprüfung nach DIN 1045-3 [6]. Parallel hat selbstverständlich der

Betonhersteller die Konformität für sein ausgeliefertes Produkt, in diesem Fall nach EN 206-1 [7]/ DIN 1045-2 [8], nachzuweisen.

Im Fall der Verwendung eines Trockenbetons stellt sich ein noch weitergehender Sonderfall ein, da das Wasser erst auf der Baustelle zudosiert und damit der maßgebende Wasserzementwert auch erst dort eingestellt wird. Dies betrifft sowohl das Trockenspritzverfahren (Wasserzugabe an der Düse) als auch das Nassspritzverfahren (Herstellung eines Frischbetons vorab auf der Baustelle). Nach DIN 18551 [3] sind in diesem Fall die Eigenschaften des Betons, der mit dem angelieferten Trockenbeton hergestellt wurde, in Anlehnung an die DAfStb- Richtlinie „Herstellung und Verwendung von Trockenbeton“ [9] auf der Baustelle zu bestimmen. Auch diese Prüfung dient ausschließlich der Überprüfung der Gleichmäßigkeit des angelieferten Trockenbetons. Daher braucht in diesem Fall – abweichend von der Trockenbeton-Richtlinie – die Prüfung auch vereinfachend nur bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$ vorgenommen werden, die sonst bei stark davon abweichenden Temperaturen notwendigen Betonuntersuchungen sind für diese Fragestellung entbehrlich. Dabei ist für die Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Frischbeton mit einem Wasserzementwert von 0,60 herzustellen, sofern zwischen Hersteller und Abnehmer keine abweichenden Festlegungen getroffen werden. Der so hergestellte Frischbeton soll im Fall des Trockenspritzverfahrens eine Konsistenz im Bereich plastisch bis weich, im Fall des Nassspritzverfahrens eine Konsistenz im Bereich weich bis fließfähig aufweisen.

Die hier in DIN 18551 [3] beschriebene Überprüfung der Gleichmäßigkeit des Trockenbetons hat wiederum auf der Baustelle bei Anlieferung zu erfolgen. Die Konformität des Trockenbetons selbst ist davon unbenommen vom Hersteller des Trockenbetons entsprechend den Regelungen in der Trockenbeton-Richtlinie nachzuweisen. Der Hersteller des Trockenbetons hat auch die grundsätzliche Eignung des betroffenen Betons für das Spritzverfahren auszuweisen.

Neben dieser Überprüfung der Gleichmäßigkeit der extern angelieferten Grundmischung an der Schnittstelle hat der Hersteller des endgültigen Spritzbetons, d.h. die bauausführende Firma, die Konformität seiner Leistung, d.h. die Eigenschaften des applizierten Spritzbetons nach Tab. 12 in EN 14487-1 [1] nachzuweisen.

3. Spritzbeton für die Errichtung von Tunneln

Da Tunnel in aller Regel von öffentlichen Bauherrn beauftragt werden, sind für Spritzbetone im Tunnelbau in der Regel neben den o.g. Spritzbetonnormen die Regelungen der ZTV-ING, Teil 5, Abschnitt 1 [10], zu berücksichtigen. Weil bei dieser Anwendung im Normalfall hohe Frühfestigkeiten erreicht werden müssen, werden hier die meisten Spritzbetone mit Erstarungsbeschleunigern hergestellt. Da insbesondere Letztere die Eluierbarkeit von Spritzbetonen erheblich beeinflussen, dürfen nach ZTV-ING nur nahezu alkalifreie Beschleuniger mit einem Na_2O -Äquivalent unter 1,0 M.-% eingesetzt werden.

Neben der üblichen Druckfestigkeitsprüfung im Alter von 28 Tagen sind vor Ort insbesondere die Frühfestigkeiten mit geeigneten indirekten Verfahren (Eindringnadelverfahren nach EN 14488-2 und/oder mit dem Bolzentreibverfahren nach EN 14488-2 [11]) nachzuweisen. Dies muss nach ZTV-ING über DIN 18551 hinausgehend mindestens an einer Serie je 100 m^3 des eingebauten Spritzbetonvolumens, mindestens aber alle fünf Betoniertage erfolgen.

4. Spritzbeton /Spritzmörtel für Instandsetzungsmaßnahmen

4.1 Allgemeine Regelungen

Zunächst ist festzuhalten, dass in den o.g. Normen ausschließlich Spritzbeton / Spritzmörtel geregelt werden. Die bei Instandsetzungsmaßnahmen häufig eingesetzten kunststoffmodifizierten Systeme (SPPC) werden hier nicht erfasst. Gleichzeitig sei noch angemerkt, dass

Spritzmörtel als Zementmörtel mit einem Größtkorn von 4 mm (5 mm bei Splitt) in der europäischen Spritzbetonnorm DIN EN 14487 selbst nicht geregelt werden, hingegen in DIN 18551 bereits seit Jahrzehnten mit aufgenommen ist, sofern dieser wie Spritzbeton im Sinne der Definition nach DIN EN 14487-1 [1] verwendet wird. (Dies geschah in Anlehnung an die damalige DIN 1045 / heutige DIN 1045-2 [8], in der Zementmörtel für Fugen auch ergänzend zu Beton geregelt ist). Aus dem Querbezug zur DIN EN 14487-1 [1], die auch die Instandsetzung mit Spritzbeton regelt, wurde abgeleitet, dass Spritzmörtel auch für die Instandsetzung von Betonbauteilen verwendet werden darf. Die DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Ausgabe 2001 (Rili-SIB) [12], lässt nur die Instandsetzung von Betonbauteilen mit Spritzbeton nach DIN 18551 zu. Spritzmörtel durfte entsprechend dem zugelassenen Anwendungsbereich in den früheren Ausgaben von DIN 18551, z.B. DIN 18551:1992-03 [4], auf die sich auch die Rili-SIB [12] bezieht, lediglich für die Herstellung von tragenden Bauteilen verwendet werden. Auch in DIN 18551:2005-01 [5] war diese Einschränkung noch enthalten.

4.2 Instandsetzungsmaßnahmen im allgemeinen Betonbau

Nach der Rili-SIB [12] durfte Spritzmörtel bis vor kurzem für die Instandsetzung von Betonbauteilen nur in Form von SPCC verwendet werden. Voraussetzung hierfür sind zusätzliche Leistungsmerkmale im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit und das Verbundverhalten, die beim Spritzmörtel nach DIN 18551 fehlen.

Ein dauerhafter Verbund zwischen Alt- und Neubeton ist bei Instandsetzungsmaßnahmen eines der entscheidendsten Kriterien. Dabei spielt eine maßgebende Rolle, ob der Betonerersatz lediglich über reinen Haftverbund auf dem Altbetonuntergrund haftet, oder ob zusätzlich eine mechanische Verzahnung, z.B. die freigelegte Bewehrung aus dem Altbeton oder Verbundanker, den Verbund mit sich stellt. Dabei ist auch die Schichtdicke von Relevanz. Für Spritzbeton, also Beton mit einem Größtkorn von über 4 mm, meist mit 8 mm oder gar 16 mm, muss die Schichtdicke nach ZTV-ING, Teil 3 [13], mindestens 30 mm (bei Betonerersatz und Erhöhung der Betondeckung bei vorwiegend ruhender Belastung) bzw. 50 mm (Erhöhung der Betondeckung bei vorwiegend nicht-ruhender Belastung) betragen. Bei größeren Schichtdicken, wie sie i. Allg. bei Spritzbeton gegeben sind, kann man davon ausgehen, dass die Bewehrung freigelegt oder zusätzliche Anker angeordnet werden (Bild 4). Hingegen ist dies bei kleineren Schichtdicken, in denen i. Allg. Spritzmörtel appliziert wird, meist nicht gegeben. Hier ist ausschließlich ein adäquater Haftverbund auf dem vorbehandelten Untergrund für die dauerhafte Verbindung zwischen Alt- und Neubeton sicherzustellen (Bild 5).



Bild 4: Vorbereitete Betonoberfläche mit freigelegter Bewehrung – mechanische Verankerung des Spritzbetons sichergestellt



Bild 5: Vorbereitete Betonoberfläche ohne mechanische Verankerung des Spritzbetons

Seitens der Praxis wurde bereits seit längerem gewünscht, auch Spritzmörtel, der nach DIN EN 14487-1 in Verbindung mit DIN 18551 zusammengesetzt ist, für Instandsetzungsmaßnahmen einzusetzen.

Um diesem Wunsch soweit möglich entgegenzukommen und hierzu zeitnah Klarheit in den Regelwerken zu schaffen, hat der DAfStb beschlossen, diesbezügliche Regelungen in die 3. Berichtigung zur Rili-SIB (Ausgabe 2001) [13] aufzunehmen. Ergänzend wurde der Anwendungsbereich für Spritzmörtel in der Neuausgabe von DIN 18551: 2014-08 [3] dahingehend definiert, dass Spritzmörtel nach dieser Norm alleine lediglich zum Oberflächenausgleich oder zur Oberflächenglättung eingesetzt werden darf. Für die Verwendung von Spritzmörtel im Bereich der Instandsetzung wird auf die weiteren Nachweise gemäß der 3. Berichtigung zur Rili-SIB [13] verwiesen.

In dieser 3. Berichtigung wird hierzu folgendes festgehalten:

„(6) Spritzmörtel, der wie Spritzbeton nach DIN EN 14487-1 in Verbindung mit DIN 18551 hergestellt und gemäß den Anforderungen der Überwachungskategorien 2 oder 3 (nur Instandhaltung) überwacht sowie entsprechend den dort geregelten Anforderungen an eine Ausführung für die Instandsetzung verarbeitet wird, darf bei der Instandsetzung von Betonbauteilen für folgende Anwendungen eingesetzt werden:

- a) Erhöhung/Herstellung der Betondeckung für Bauteile in den Expositionsklassen X0, XC1 und XC2 in Schichtdicken bis höchstens 30 mm ohne zusätzliche Prüfungen;
- b) Erhöhung/Herstellung der Betondeckung für Bauteile in den Expositionsklassen XC3, XC4 und XF1 in Schichtdicken bis höchstens 30 mm mit zusätzlichen Prüfungen gemäß Teil 2, Tabelle 4.7, Zeilen 26 (bei Verzicht auf Zeile 26 zusätzlicher Oberflächenschutz erforderlich), 30 (senkrecht und über Kopf), 33, 35;
- c) Erhöhung/Herstellung der Betondeckung für Bauteile in allen anderen Expositionsklassen in Schichtdicken bis höchstens 30 mm mit zusätzlichen Prüfungen gemäß Teil 2, Tabellen 4.4 und 4.7, außer Zeilen 3 bis 11, 13, 14, 17, 18, 22, 27, 34, 37 und 38.“

Somit sind für die Anwendung von Spritzmörtel im Bereich der Instandsetzung in Abhängigkeit von den jeweiligen Expositionsklassen unterschiedliche zusätzliche Nachweise in Anlehnung an die dort festgeschriebenen Regelungen für SPCC zu erbringen. Insbesondere soll dadurch der dauerhafte Verbund unter den verschiedensten Randbedingungen sichergestellt werden. Gleichzeitig wird die Schichtdicke von Spritzmörteln auf 30 mm begrenzt, was durchaus sinnvoll ist, zumal bei größeren Schichtdicken bereits Spritzbeton nach EN 14487 / DIN 18551 eingesetzt werden kann und auch sinnvollerweise verwendet wird. Mit diesen Regelungen wird darüber hinaus Gleichheit mit dem Vorgehen bei den anderen Systemen für dünne Schichten (PCC, SPCC) in der Richtlinie hergestellt.

Für die Instandsetzung von Innenbauteilen sind nach a) somit für Spritzmörtel keine über DIN EN 14487 / DIN 18551 hinausgehenden Nachweise zu erbringen. Für die Verwendung von Spritzmörtel bei typischen Außenbauteilen des Hochbaus, die üblicherweise in die Expositionsklassen XC 4 und XF 1 einzustufen sind, sind das Karbonatisierungsverhalten, die Haftzugfestigkeiten (Applikation auf senkrechte Flächen und über Kopf), die Haftzugfestigkeiten nach Temperaturwechselbeanspruchung sowie das Schwindverhalten bei Verformungsbehinderung nachzuweisen.

Soll der Spritzmörtel in Expositionsklassen außerhalb der unter a) und b) aufgelisteten eingesetzt werden, ist im Prinzip eine Grundprüfung wie für SPCC, jedoch ohne die kunststoffrelevanten Untersuchungen, durchzuführen.

Parallel zu den bisher betrachteten Regelungen in den einschlägigen Spritzbetonregelwerken (DIN EN 14487 / DIN 18551 / DAfStb-Richtlinie) sind für Instandsetzungswerkstoffe, also auch für Spritzbeton / Spritzmörtel, in EN 1504-3 Spezifikationen und Nachweise auf europäischer Ebene genormt. Dabei handelt es sich um eine Norm, die Anforderungen an die Identifizierung, die Leistungseigenschaften (einschließlich Gebrauchstauglichkeit) und die Sicherheit von Produkten und Systemen festlegt, die für die statisch und nicht statisch relevante Instandsetzung von Betontragwerken angewendet werden können. Für die Anwendung dieser Stoffe bedarf es jedoch entsprechender zusätzlicher Anwendungsregeln, die national mit konkretem Bezug auf diese Norm definiert werden. In Deutschland sind für spritzbare Systeme dieser EN 1504-3 [15] bislang keine nationalen Anwendungsregeln vorhanden, sodass spritzbare Produkte nach dieser Norm zwar auf den Markt gebracht werden könnten, mangels zugehöriger Anwendungsregeln jedoch nicht für die Instandsetzung von Betonbauwerken eingesetzt werden können.

4.3 Instandsetzungsmaßnahmen im Ingenieurbau

Ingenieurbauwerke unterliegen i. Allg. Beanspruchungen, die über die von allgemeinen Betonbauwerken hinausgehen. Daher werden auch in den einschlägigen Regelwerken weitergehende Anforderungen gestellt. Nach ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 [13], ist als spritzbarer Betonersatz nur Spritzbeton zugelassen, reine zementgebundene Spritzmörtel (ohne Kunststoffmodifizierung) sind für Instandsetzungen an Ingenieurbauwerken des Bundesministeriums für Verkehr bislang nicht geregelt. Inwieweit die in 4.2 dargelegten zukünftigen Regelungen für Spritzmörtel für allgemeine Betonbauwerke auf Ingenieurbauwerke übertragen werden, ist noch offen.

Bei Anwendung von Spritzmörteln und Spritzbetonen zur Instandsetzung von Wasserbauwerken ist nach dem BAW-Merkblatt Spritzmörtel / Spritzbeton [16] deren Verwendbarkeit vorab durch Überprüfung der maßgebenden Eigenschaften projektspezifisch nachzuweisen. Dies betrifft im Wesentlichen all die Eigenschaften, für die auch bei SPCC's entsprechende Nachweise zu erbringen sind. Somit sind hierbei insbesondere Haftzugfestigkeiten an Verbundkörpern mit unterschiedlichen Vorbeanspruchungen zu ermitteln. Bei diesen Nachweisen sind auch die verfahrensbedingten Einflussparameter (Schlauchlängen, Förderdruck) mit

einzubeziehen. Ändern sich Letztere, sind die dadurch beeinflussbaren Eigenschaften erneut zu überprüfen. Nach ZTV-W LB 219 [17] ist bei Spritzbetonen in bewehrten / verankerten Bereichen eine Schichtdicke von mindestens 90 mm einzuhalten, in unbewehrten / nicht verankerten Bereichen muss die Schichtdicke von Spritzbetonen / Spritzmörteln mindestens 20 mm und maximal 60 mm betragen.

5. Zusammenfassung

Bei Spritzbeton werden die endgültigen Eigenschaften neben den Eigenschaften der Grundmischung (früher: Bereitstellungsgemisch) maßgeblich von der Applikation bestimmt. Um die Verantwortung bei Mängeln oder späteren Schäden klar zuordnen zu können, bedarf es einer entsprechenden Überprüfung der Materialeigenschaften bei der Übergabe an der Schnittstelle Lieferwerk – Verarbeiter. Dazu ist auch bei der Verwendung von Trockenbeton dessen Leistungspotenzial bzw. die Identität des angelieferten Gemenges mit den Spezifikationen zu überprüfen.

Im Bereich der Instandsetzung haben sich in letzter Zeit des Öfteren Fragen zur Verwendung von nicht-kunststoffmodifiziertem Spritzmörtel ergeben. Mit der 3. Berichtigung zur DAfStb-Instandsetzungsrichtlinie wurde jetzt klar definiert, unter welchen Bedingungen bzw. mit welchen zusätzlichen Nachweisen solcher Spritzmörtel nach DIN 18551 für Instandsetzungsmaßnahmen eingesetzt werden kann. Zusätzlich werden die für die Verwendung von Spritzbeton / Spritzmörtel im Bereich von Ingenieurbauwerken erörtert.

6. Literatur / Regelwerke

- [1] DIN EN 14487-1:
Spritzbeton, Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität. Ausgabe März 2006. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2006.
- [2] DIN EN 14487-2:
Spritzbeton, Teil 2: Ausführung. Ausgabe Januar 2007. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2007.
- [3] DIN 18551:
Spritzbeton - Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen. Ausgabe August 2014, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2014.
- [4] DIN 18551:
Spritzbeton – Herstellung und Güteüberwachung. Ausgabe März 1992, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1992.
- [5] DIN 18551:
Spritzbeton – Anforderungen, Herstellung, Bemessung und Konformität. Ausgabe Januar 2005, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2005.
- [6] DIN 1045-3:
Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung - Anwendungsregeln zu DIN EN 13670. Ausgabe März 2012. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2012.
- [7] DIN EN 206-1:
Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Ausgabe Juli 2001. Berlin: Beuth Verlag GmbH 2001.
- [8] DIN 1045-2:
Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206. Ausgabe August 2008. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2008.
- [9] DAfStb-Richtlinie:
Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel (Trockenbeton-Richtlinie). Ausgabe Juni 2005. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.

- [10] ZTV-ING:
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten Teil 5: Tunnelbau, Abschnitt 1: Geschlossene Bauweise (ZTV-ING 5-1). Bundesanstalt für Straßenwesen, Dezember 2012.
- [11] DIN EN 14482-2:
Prüfung von Spritzbeton - Teil 2: Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton. Ausgabe September 2006. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2006.
- [12] DAfStb-Richtlinie:
Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie). Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze, Teil 2: Produkte und Anwendung, Teil 3: Anforderung an die Betriebe und Überwachung der Ausführung, Teil 4: Prüfung. Ausgabe Oktober 2001. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2001.
- [13] ZTV-ING:
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten Teil 3: Massivbau, Abschnitt 4: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (ZTV-ING 3-4). Bundesanstalt für Straßenwesen, Dezember 2012.
- [14] DAfStb:
3. Berichtigung zur DAfStb-Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen" (Instandsetzungs-Richtlinie). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Beuth Verlag GmbH, Berlin, September 2014/15.
- [15] DIN EN 1504-2:
Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität, Teil 2: Oberflächenschutzsysteme für Beton. Ausgabe März 2006. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2006.
- [16] BAW-Merkblatt:
Spritzmörtel/Spritzbeton nach ZTV-W LB 219, Abschnitt 5. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe September 2012.
- [17] ZTV-W LB 219
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Schutz und Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken (Leistungsbereich 219). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Eisenbahnen, Wasserstraßen, Ausgabe 2004.

Zum Autor

Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher
Studium Bauingenieurwesen und Promotion TU München; 1992-2002 Leiter Zentrales Baustofflabor Phillip Holzmann AG; seit 2003 Professur für Baustofftechnik Ruhr-Universität Bochum
rolf.breitenbuecher@rub.de