

BAWMerkblatt

Flächige Instandsetzung von Wasserbauwerken mit textilbewehrten Mörtel- und Betonschichten (MITEX)

Ausgabe 2019

EU-Notifizierung

Nr. 2019/0554/D vom 12.02.2020

Hinweis:

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 241 vom 17.9.2015, S. 1)

BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Postfach 21 02 53
76152 Karlsruhe

Tel.: 0721 9726-0
Fax: 0721 9726-4540

info@baw.de
www.baw.de

Übersetzung, Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers: © BAW 2019

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Verweisungen auf Normen, Literatur und sonstige technische Regelwerke	4
2	Anwendungsbereich	6
3	Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen	6
3.1	Begriffe	6
3.2	Formelzeichen und Abkürzungen	10
4	Aufbau, Funktionsweise, Planung und Bemessung	13
4.1	Aufbau und Funktionsweise des Instandsetzungssystems	13
4.2	Planung und Bemessung	13
4.2.1	Untersuchung am Bauwerk vor der Instandsetzung	13
4.2.2	Planungsgrundsätze	14
5	Anforderungen an das Instandsetzungssystem	17
5.1	Nachweis der Verwendbarkeit der Einzelkomponenten	17
5.1.1	Spritzmörtel/Spritzbeton	17
5.1.2	Textile Bewehrung	17
5.1.3	Enthaftungsmaterial	18
5.2	Nachweis der Verwendbarkeit des Instandsetzungssystems – Systemprüfung	19
5.2.1	Allgemeines	19
5.2.2	Grundkörperbeton	19
5.2.3	Herstellung des Verbundkörpers	21
5.2.4	Prüfungen am Verbundkörper	26
5.2.4.1	Applizierbarkeit	26
5.2.4.2	Haftzugfestigkeit	26
5.2.4.3	Rissverteilung	27
5.2.4.4	Haftzugfestigkeit nach Rissaufweitung	31
5.3	Zusammenstellung der Anforderungen an das Instandsetzungssystem	31
6	Ausführung der Instandsetzungsmaßnahme	34
7	Qualitätssicherung	34
7.1	Nachweis der Verwendbarkeit	34
7.2	Übereinstimmung	36
7.3	Prüfungen im Rahmen der Ausführung	36
7.4	Überprüfung der ausgeführten Leistung	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verwendbare Spritzmörtel/Spritzbetone gemäß /ZTV-W LB 219/, Abschnitt 0.5, Tabelle 0.4	6
Tabelle 2:	Belastungsszenarien zur flächigen Instandsetzung	14
Tabelle 3:	Rissüberbrückungsklassen und Prüfbedingungen im Rahmen der Systemprüfung	14
Tabelle 4:	Breite des Enthaftungsmaterials in Abhängigkeit von der Maschenweite der textilen Bewehrung und der RÜK sowie Breite des RÜ in Abhängigkeit von der Maschenweite der textilen Bewehrung	24
Tabelle 5:	Zusammenstellung der Anforderungen an das Instandsetzungssystem	32

Bildverzeichnis

Bild 1:	Aufbau und Funktionsweise des Instandsetzungssystems (in Anlehnung an /Büttner 2012/)	13
Bild 2:	Schematische Vorgehensweise beim Nachweis der Verwendbarkeit – „Systemprüfung“	19
Bild 3:	Plattengrundkörper mit Anordnung der Prüfstellen für die Feststellung von Oberflächenzugfestigkeit, Trockenrohdichte, Wasseraufnahme und Rautiefe (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)	21
Bild 4:	Schalungsaufbau für die Herstellung des Verbundkörpers (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)	23
Bild 5:	Verbundkörper für die Systemprüfung, Schnittmuster (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)	25
Bild 6:	Beispiele für Fehlstellen im Instandsetzungssystem	26
Bild 7:	Einrichtung für die Prüfung der Rissverteilung (Seiten- und Vorderansicht) (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)	28
Bild 8:	Schema der Hilfslinien zur Auswertung der Rissbreiten (beispielhaft für zwei Lagen textiler Bewehrung) (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)	30
Bild 9:	Beispiel zur Abschätzung des Einbettungsgrades	44

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Zusammenstellung von Dokumenten für die Aufnahme von für den Wasserbau zugelassenen Stoffen, Einrichtungen und Verfahren (Zusammenstellungen Wasserbau) „Textilbewehrte Spritzmörtel/Spritzbetone“	38
A 1.0 Allgemeines	38
A 1.1 Nachweis der Verwendbarkeit	38
A 1.2 Prüfung der Angaben zur Ausführung	38
A 1.3 Nachweis der Übereinstimmung	38
A 1.4 Verwendbarkeitsbestätigung	38
A 1.5 Antrag auf Aufnahme in die Zusammenstellungen Wasserbau	39
A 1.6 Aufnahme in die Zusammenstellung der für den Wasserbau zugelassenen Stoffe, Einrichtungen und Verfahren (Zusammenstellungen Wasserbau)	39
Anlage 2: Prüfung der textilen Bewehrung	40
A 2.1 Bestimmung des Flächengewichts	40
A 2.2 Rovingzugfestigkeit	40
Anlage 3: Prüfung der modifizierten Oberfläche der textilen Bewehrung	42
A 3.1 Anteil vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) auf der Textiloberfläche	42
A 3.2 Größe vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) im Beschichtungsmaterial	42
A 3.3 Qualität der Einbindung der Partikel (Besandungsmaterial) – Tape-Test	42
A 3.4 Einbettungsgrad vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) im Beschichtungsmaterial	43
Anlage 4: Ausführungsanweisung, Vorlage	45

Vorbemerkung

Grundlage dieses Merkblattes ist die /ZTV-W LB 219/, sofern es in diesem Merkblatt nicht anders geregelt ist. Es gelten Abschnitt 0 (Planungshinweise), die Abschnitte 1 und 2 (Basisabschnitte) und Abschnitt 5 (systemspezifischer Abschnitt) der /ZTV-W LB 219/. Die gespritzten textildbewehrten Schichten in diesem Merkblatt stellen ein weiteres Verfahren zu den in Abschnitt 0.5 der /ZTV-W LB 219/ aufgelisteten Instandsetzungsverfahren für die flächige Instandsetzung von Wasserbauwerken dar, welches Rissbreitenänderungen im Untergrund berücksichtigt.

Derzeit sind nur textile Bewehrungen aus Carbonfasern anzuwenden. Eine zukünftige Anwendung weiterer Materialien ist vorstellbar.

Die Regelungen dieses Merkblattes gelten derzeit nur für Schichten aus Spritzmörteln und Spritzbetonen nach Abschnitt 5 der /ZTV-W LB 219/. Eine Erweiterung des Merkblattes zur Anwendung weiterer Instandsetzungsmaterialien ist vorstellbar.

Der Anwendungsbereich dieses Merkblattes ist derzeit auf die Instandsetzung freibewitterter Bauteile ohne vor- und rückseitige Wasserbeanspruchung beschränkt. Eine Erweiterung des Merkblattes für die Anwendung auf weitere Bereiche ist vorstellbar.

Sofern dieses Merkblatt verbindlicher Vertragsbestandteil ist, ist die Anwendung anderer als vorgenannten Materialien bzw. in anderen als vorgenannten Bereichen nur nach Zustimmung durch den Auftraggeber möglich.

Waren, die rechtmäßig in einem anderen Mitgliedstaat der Europäischen Union oder in der Türkei in Verkehr gebracht werden oder die ihren Ursprung in einem EFTA-Staat haben, der Vertragspartei des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ist, und dort rechtmäßig in Verkehr gebracht werden, gelten als mit dieser Maßnahme vereinbar. Die Anwendung dieser Maßnahme unterliegt der Verordnung (EG) Nr. 764/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 zur Festlegung von Verfahren im Zusammenhang mit der Anwendung bestimmter nationaler technischer Vorschriften für Produkte, die in einem anderen Mitgliedstaat rechtmäßig in den Verkehr gebracht worden sind, und zur Aufhebung der Entscheidung Nr. 3052/95/EG (ABl. L 218 vom 13.8.2008, S. 21).

1 Verweisungen auf Normen, Literatur und sonstige technische Regelwerke

/BAWEmpfehlung 2019/ BAWEmpfehlung: Instandsetzungsprodukte - Hinweis für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren. Bundesanstalt für Wasserbau, 2019.

/Büttner 2012/ Büttner, T.; Raupach, M.: Des Bauwerks neue Kleider. Funktionsprinzipien und Einsatzmöglichkeiten von Textilbetonschichten zum Schutz von Bauwerken. In: Bauen im Bestand 35, Nr. 6, S. 70-75, 2012.

/DIN EN 12192-1/ DIN EN 12192-1: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Korngrößenverteilung - Teil 1: Prüfverfahren, 2002.

/DIN EN 1062-7/ DIN EN 1062-7: Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Substrate und Beton im Außenbereich; Teil 7: Bestimmung der rissüberbrückenden Eigenschaften, 2004.

/DIN EN 10204/	DIN EN 10204: Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen, 2005.
/DIN EN 1504-1/	DIN EN 1504-1: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken: Definitionen, Anforderungen, Güteüberwachung und Beurteilung der Konformität; Teil 1: Definitionen, 2005.
/DIN EN 14487-1/	DIN EN 14487-1: Spritzbeton – Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität, 2005.
/DIN EN 14487-2/	DIN EN 14487-2: Spritzbeton - Teil 2: Ausführung, 2006.
/DIN 18551/	DIN 18551: Spritzbeton – Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen, 2014.
/DIN EN ISO 4618/	DIN EN ISO 4618: Beschichtungsstoffe – Begriffe, 2015.
/DIN EN 12390-3/	DIN EN 12390-3: Prüfung von Festbeton – Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern, 2017.
/DIN EN 1766/	DIN EN 1766: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Referenzbetone für Prüfungen, 2017.
/DIN 18200/	DIN 18200: Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte - Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung, 2018.
/DIN EN 12127/	DIN EN 12127: Textile Flächengebilde - Bestimmung der flächenbezogenen Masse unter Verwendung kleiner Proben, 1997.
/DIN EN 1542/	DIN EN 1542: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch, 1999.
/ISO 10406-1/	ISO 10406-1: Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete - Test Methods - Part 1: FRP bars and grids, 2015.
/Morales Cruz 2019/	Morales Cruz, Cynthia: Crack-Bridging Carbon Textile Reinforced Concrete Protection Layers. Dissertation in Bearbeitung, Veröffentlichung voraussichtlich in 2020, Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule RWTH Aachen University, 2019.
/ZTV-W LB 219/	ZTV-W LB 219: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für die Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken (Leistungsbereich 219). Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), 2017.

2 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt gilt für die flächige Instandsetzung gerissener Wasserbauwerke aus Beton oder Stahlbeton mittels textildbewehrtem Spritzmörtel/Spritzbeton aus zementgebundenem Betonersatz mit oder ohne Polymermodifizierung gemäß /ZTV-W LB 219/, Abschnitt 5, mit einem Größtkorn ≤ 6 mm, der in dünnen Schichten (30 bis 40 mm) ohne zusätzliche Verankerung im Spritzverfahren auf Betonuntergründe der Altbetonklasse A2, A3, A4 oder A5 gemäß /ZTV-W LB 219/ aufgebracht wird. Die Instandsetzungsschicht darf während der Applikations- und Nutzungsphase keinem hydrostatischen Wasserdruck von der Rückseite (Risswasser- und Porenwasserdruck) oder von der Vorderseite ausgesetzt sein (siehe Tabelle 2). Die Anwendung ist nur zulässig bei Rissbreitenänderungen im Betonuntergrund, welche 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 textildbewehrten Spritzmörtel-/Spritzbetonschicht wird ausschließlich über Adhäsion hergestellt. Der Spritzmörtel/Spritzbeton muss hinsichtlich seines Festigkeits- und Verformungsverhaltens dem jeweiligen Altbeton angepasst sein. Als Spritzmörtel/Spritzbeton können Produkte gemäß /ZTV-W LB 219/ auf Basis von /DIN EN 14487-1/ in Verbindung mit /DIN 18551/ mit zusätzlichen Merkmalen oder Produkte unbekannter Zusammensetzung verwendet werden (siehe Tabelle 1)

Das Instandsetzungssystem kann an senkrechten und stark geneigten Flächen sowie über Kopf angebracht werden.

Tabelle 1: Verwendbare Spritzmörtel/Spritzbetone gemäß /ZTV-W LB 219/, Abschnitt 0.5, Tabelle 0.4

Nr.	Produkte
1	Spritzmörtel/Spritzbeton S-A2, S-A3, S-A4 und S-A5 auf Basis von /DIN EN 14487-1/ und /DIN EN 14487-2/ in Verbindung mit /DIN 18551/ mit zusätzlichen Merkmalen
2	Spritzmörtel SRM-A2, SRM-A3 und SRM-A4 und SRM-A5 oder Spritzbeton SRC-A2, SRC-A3, SRC-A4 und SRC-A5 (unbekannte Zusammensetzung)

Im weiteren Verlauf dieses Merkblattes wird vereinfachend von Spritzmörtel und Spritzbeton gesprochen.

3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Merkblattes gelten die folgenden Begriffe.

Abreißversuch

Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit des Betonuntergrundes (der Betonunterlage) oder der Haftzugfestigkeit aufgetragener Spritzmörtel- oder Spritzbetonschichten durch Zugbeanspruchung normal zur Oberfläche

Adhäsion

Haften von zwei Phasen an einer Grenzfläche (Benetzungsfähigkeit), z. B. Adhäsion des Wassers an den Wänden der kapillaren Poren in Beton durch elektrostatische Kräfte (van-der-Waals'sche Nebenvalenzkräfte)

Altbeton

Vor einer Instandsetzungsmaßnahme bereits vorhandener Beton, der als Untergrund für die zu applizierenden Instandsetzungsprodukte und -systeme dient

Äquivalentdurchmesser

Maß für die Größe eines unregelmäßig geformten Sandkornpartikels, berechnet sich aus dem Vergleich einer Eigenschaft des unregelmäßigen Partikels mit einer Eigenschaft eines regelmäßig geformten Partikels

Arbeitsfuge

Ansatzstelle im Beton, Betonersatz- oder Oberflächenschutzsystem infolge einer Arbeitsunterbrechung

Besandung

Gleichmäßiger Auftrag von getrockneten Mineralstoffen auf eine frische Beschichtung, wobei das Korn fest in die Oberfläche eingebunden wird

Beschichtung

Durchgehende Schicht, die durch ein- oder mehrmaliges Auftragen eines Beschichtungstoffes auf ein Substrat, beispielsweise die bereits getränkte textile Bewehrung, entsteht /DIN EN ISO 4618/

Betonersatz

Zement- oder kunststoffgebundener Mörtel oder Beton und Ausgleichsschicht bzw. Kratzspachtel (Auftrag im Hand- oder Spritzverfahren). Als Betonersatz nach diesem Merkblatt gelten:

- Spritzmörtel und Spritzbeton nach /DIN EN 14487-1/ und /DIN 18551/ mit zusätzlichen Merkmalen,
- Betonersatz im Spritzverfahren (SRM und SRC)

Betonuntergrund

Oberfläche und oberflächennahe Schicht eines Betonbauteils unter dem jeweils herzustellenden Betonersatz

Charge

Produktionseinheit einer Komponente eines Instandsetzungsstoffes aus kontinuierlicher Herstellung oder eines einzelnen Produktionsansatzes

Enthftungsmaterial

Material, das den Verbund zwischen Untergrund und Spritzmörtel/Spritzbeton verhindert und dadurch zu einer Erhöhung der freien Dehnlänge des textilbewehrten Spritzmörtels/Spritzbetons führt

Beispiele: Klebeband, Epoxidharz, zementöse Schicht

Erhärtung

Übergang eines Bindemittels vom flüssigen in den festen Zustand durch chemische oder physikalische Reaktionen

Haftzugfestigkeit

Siehe Abreißversuch

Hohlraum/Hohlstelle

Fehlstelle oder Gefügestörung im Betonbauteil, verursacht durch mangelhafte Verdichtung, Entmischung (Grobkornanreicherungen, Kiesnester) oder Auswaschungen

Injektion

Einbringen von Rissfüllstoffen mithilfe eines Injektionsgerätes unter geregelterm Druck über Packer mit und ohne Verdämmung

Injektionsdruck

Nennwert des Förderdrucks, mit dem der Rissfüllstoff zum Packer gefördert wird. Es wird unterschieden zwischen dem Injektionsdruck am Injektionsgerät und dem am Packer

Instandsetzungssystem

Materialkombination zum Erreichen eines bestimmten Instandsetzungsziels

Mit „Instandsetzungssystem“ ist hier eine Schutzschicht aus textildbewehrter Spritzmörtel-/Spritzbetonschicht und Enthftungsmaterial gemeint

Ist-Zustand

Der aus den vorhandenen Einwirkungen und entsprechenden Widerständen resultierende Zustand eines Bauteils oder Bauwerks zu einem bestimmten Zeitpunkt

Lage

In einem Arbeitsgang hergestellter Teil eines Mörtels bzw. Betons; Eine oder mehrere Lagen gleicher Zusammensetzung bilden eine Schicht

Oberflächenzugfestigkeit

Siehe Abreißversuch

Packer

Übergangsstück zwischen Injektionsgerät und Bauteil, befestigt auf der Bauteiloberfläche (Klebpacker) oder in Bohrlöchern (Bohrpacker), im Regelfall mit Ventil versehen

Rauheit

Mittlere Abweichung der Oberfläche eines definierten Messbereichs von einer gedachten Ebene

Rautiefe

Kennwert für die Rauheit einer Oberfläche in Millimeter, bestimmt nach dem Sandflächenverfahren nach /DIN EN 1766/

Reaktionsharz

Polymer-Stoffgemisch, das durch chemische Reaktion erhärtet

Riss, Rissarten

Trennung im Betongefüge, auch im Bereich von Scheinfugen oder Arbeitsfugen. Es wird zwischen oberflächigen Rissen, oberflächennahen Rissen, Biegerissen und Trennrissen unterschieden:

- oberflächige Risse, netzartig oder gerichtet ausgebildet, sind wenige Millimeter tief,
- Schwindrisse entstehen infolge Schwindens, dort wo die Verformungen behindert werden, verlaufen i.d.R. durch die ganze Bauteildicke
- Biegerisse erfassen wesentliche Teile des Querschnitts, wobei eine ungerissene Betondruckzone verbleibt,
- Schubrisse, bilden sich aus Biegerisse, verlaufen oft schräg zur Stabachse
- Trennrisse verlaufen durch den Gesamtquerschnitt
- Spaltrisse verlaufen parallel zu den Hauptdruckspannungen

Rissbreite

An der nicht mechanisch bearbeiteten Oberfläche des Betons als Abstand der Rissufer gemessene Breite des Risses in Millimeter

Rissbreitenänderung

Veränderung der Rissbreite in Abhängigkeit von der Zeit und den Einwirkungen auf das Bauwerk

Rissüberbrückung

Fähigkeit der Beschichtung oder des Beschichtungssystems, die Dehnung aufzunehmen, die sich durch die Bewegung der Rissflanken ergibt /DIN EN 1062-7/

Roving

Bündel, Strang oder Multifilamentgarn aus parallel angeordnete Filamente, die zur Herstellung von textilen Bewehrungen verwendet werden

Schichtdicke

Höhe einer Schicht, bestehend aus einer oder mehreren Lagen bei Betonersatz

Sollbruchstelle

Stelle im Untergrund, an der Rissbildung gezielt begünstigt wird /DIN EN 1062-7/

Spritzbeton

Spritzbeton ist Beton nach /DIN EN 14487-1/ in Verbindung mit /DIN 18551/ mit Gesteinskörnung für Beton mit einem Größtkorndurchmesser > 4 mm, der in einer geschlossenen Schlauch- oder Rohrleitung zur Einbaustelle gefördert und dort durch Spritzen aufgetragen und verdichtet wird (siehe auch Spritzmörtel)

Spritzmörtel

Zementmörtel (werkgemischte Trockenmischung) mit Gesteinskörnung für Beton ≤ 4 mm, der wie Spritzbeton nach /DIN EN 14487-1/ in Verbindung mit /DIN 18551/ hergestellt, überwacht und verarbeitet wird (siehe auch Spritzbeton)

System

Ein oder mehrere Produkte, die gleichzeitig oder nacheinander verwendet werden, um Instandsetzungs- oder Schutzmaßnahmen für Betontragwerke durchzuführen /DIN EN 1504-1/

Textile Bewehrung

Ebene, nicht metallische Bewehrung. Es wird zwischen diversen textilen Strukturen unterschieden:

- Gelege,
- Gewebe,
- Vlies,
- Gewirk,
- Gestrick,
- Geflecht

Häufig werden im Bauwesen Gelege und Gewebe in Kombination mit Mörtel bzw. Beton verwendet. Die Garne in Längsrichtung des Gewebes/Geleges werden als Ketrovings bezeichnet, die Garne in Querrichtung heißen Schussrovings. Als Ausgangsmaterialien dienen im Bauwesen i. d. R. Carbonfasern oder alkaliresistente Glasfasern.

Tränkung

Unter Tränkung wird der Vorgang im Anschluss an die Textilherstellung verstanden, bei dem ein flüssiges Gemisch in das Innere der textilen Bewehrung über Quetsch- und/oder Abstreifrollen gepresst wird. Die Aushärtung erfolgt i. d. R. unter Temperatureinfluss. Im Anschluss an die Tränkung kann die textile Bewehrung zusätzlich beschichtet werden.

Ausgehärtete getränkte textile Bewehrungen weisen i. d. R. höhere Zugfestigkeiten als ungetränkte textile Bewehrungen auf, da die inneren Filamente am Lastabtrag beteiligt werden. Zur Tränkung von textilen Bewehrungen werden aktuell Polymere auf der Basis von Epoxidharz- und Polyesterharzen sowie acrylatbasierte Dispersionen verwendet.

Tränkungsmaterial

Gemisch (i. d. R. auf Polymerbasis) mit dem die textile Bewehrung im Anschluss an die Textilherstellung durchdrungen wird.

Trockenschichtdicke

Dicke einer Beschichtung nach Trocknung oder Erhärtung

Untergrund

Oberfläche, auf die eine Instandsetzungsschicht aufgebracht werden soll oder aufgebracht wurde. /DIN EN 1062-7/

Untergrundvorbereitung

Umfasst alle Maßnahmen zur Erzielung eines geeigneten Betonuntergrundes und zur Erzielung eines geeigneten Bewehrungszustandes

Beispiele: Abtragen von Fremdschichten, Reinigung der Oberfläche, Betonabtrag zur Herstellung eines tragfähigen Betonuntergrundes

Verbundfestigkeit:

Siehe Abreißversuch

Verdämmung

Temporäre Abdichtung an der Bauteiloberfläche im Riss- und Hohlraumbereich, die während des Füllens das Austreten des Rissfüllstoffes verhindert

3.2 Formelzeichen und Abkürzungen

A	Fläche der Probe	[m ²]
A_{Bes}	Anteil der besandeten Textилоberfläche bezogen auf A_{Ges}	[%]
A_{Ges}	Untersuchungsbereich für den Besandungsanteil	[mm ²]
A_R	Faserquerschnittsfläche des Rovings	[mm ²]
A_T	Faserquerschnittsfläche der textilen Bewehrung	[mm ²]

Fortsetzung

B	Breite	[mm]
D	Größtkorndurchmesser	[mm]
d_c	Lichtes Maß zwischen der Betonuntergrundoberfläche und der benachbarten textilen Bewehrungslage bzw. lichtetes Maß zwischen den benachbarten textilen Bewehrungslagen bzw. lichtetes Maß zwischen der Spritzmörtel-/Spritzbetonoberfläche und der benachbarten textilen Bewehrungslage	[mm]
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik	[-]
$d_{min,S}$	systemspezifische Mindestschichtdicke	[mm]
d_{tr}	Dicke der Scheibe zur Bestimmung der Trocknenrohichte des Spritzmörtels/Spritzbetons	[mm]
$\Delta\varepsilon_R$	Dehnungsänderung des Rovings	[-]
E_R	E-Modul des Rovings	[N/mm ²]
$\varepsilon_{R,max}$	Bruchdehnung des Rovings	[-]
ε_T	Dehnung der textilen Bewehrung	[-]
F	Zugkraft	[N]
$F_{R,max}$	Rovingbruchkraft	[N]
FÜ	Fremdüberwachung	[-]
γ	Teilsicherheitsbeiwert	[-]
H	Höhe	[mm]
L	Länge	[mm]
ΔL	relative Längenänderung, Mittelwert der Wegaufnehmer	[mm]
l_E	Enthäftungsbreite	[mm]
LM	Lichtes Maß zwischen zwei Rovings (siehe Bild 6)	[mm]
l_o	Ausgangslänge	[mm]
m	Masse einer konditionierten Messprobe	[g]
M	Mittelwert des Flächengewichts	[g/m ²]

Fortsetzung

MaW	Maschenweite der textilen Bewehrung (siehe Bild 6)	[mm]
n	Riss- und Rovinganzahl	[-]
RÜ	Rissüberbrückungskörper	[-]
RÜK	Rissüberbrückungsklasse	[-]
SRC	Betonersatz im Spritzauftrag (Sprayable Repair Concrete), Größtkorndurchmesser (D) > 4 mm	[-]
SRM	Betonersatz im Spritzauftrag (Sprayable Repair Mortar), Größtkorndurchmesser (D) ≤ 4 mm	[-]
$\Delta\sigma_R$	Spannungsänderung des Rovings	[N/mm ²]
$\sigma_{R,max}$	Maximale Zugfestigkeit des Rovings	[N/mm ²]
σ_T	Textilzugspannung	[N/mm ²]
T_E	Einbettungsgrad eines Kornes in der Beschichtung auf der textilen Bewehrung	[%]
ÜV	Überwachungsvertrag	[-]
w_i	Einzelrissbreite	[mm]
Δw_{op}	Maximale Rissbreitenänderung des zu überbrückenden Risses am Bauwerk	[mm]
WPK	Werkseigene Produktionskontrolle	[-]
$w_{min,lab}$	Minimale Rissaufweitung für die Systemprüfung	[mm]
ZL	Zementleim als Rissfüllstoff	[-]
ZS	Zementsuspension als Rissfüllstoff	[-]

4 Aufbau, Funktionsweise, Planung und Bemessung

4.1 Aufbau und Funktionsweise des Instandsetzungssystems

Das Instandsetzungssystem besteht aus einem an den Betonuntergrund angepassten Spritzmörtel/Spritzbeton gemäß /ZTV-W LB 219/, Abschnitt 5, einer textilen Bewehrung und einem Enthäftungsmaterial. Im Bereich des Risses auf der Oberfläche des Untergrundes, der überbrückt werden soll, verhindert das Enthäftungsmaterial den Verbund zwischen Untergrund und Spritzmörtel/Spritzbeton und führt dadurch zu einer Erhöhung der freien Dehnlänge des textilbewehrten Spritzmörtels/Spritzbetons. Die in den Spritzmörtel/Spritzbeton eingebettete textile Bewehrung ermöglicht die Realisierung von dünnen bewehrten Schichten und sorgt dafür, dass die Rissbreitenänderung Δw_{op} im textilbewehrten Spritzmörtel/Spritzbeton über dem Enthäftungsbereich auf mehrere Risse mit Rissbreiten $w_i < 0,1$ mm verteilt wird, siehe Bild 1.

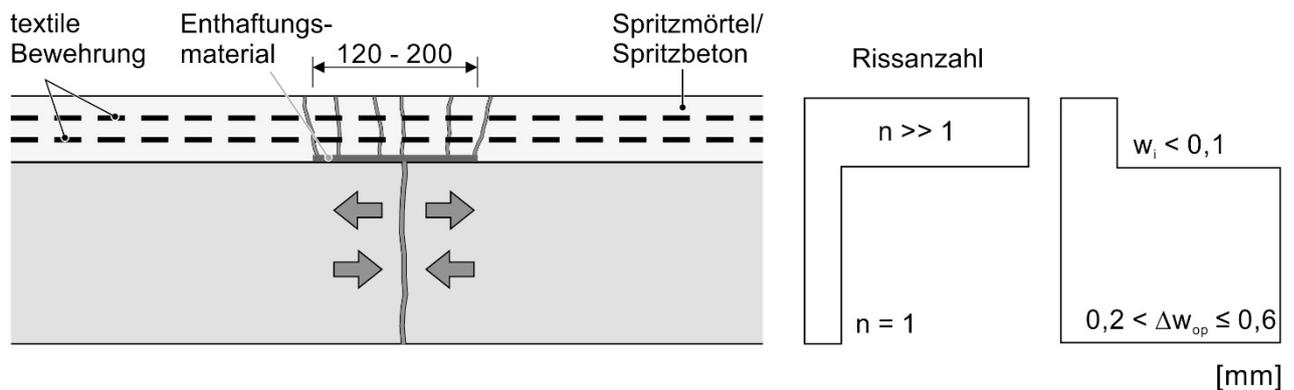


Bild 1: Aufbau und Funktionsweise des Instandsetzungssystems (in Anlehnung an /Büttner 2012/)

4.2 Planung und Bemessung

4.2.1 Untersuchung am Bauwerk vor der Instandsetzung

Gemäß /ZTV-W LB 219/, Abschnitt 0.1, ist vor der Umsetzung einer Instandsetzungsmaßnahme durch den Sachkundigen Planer eine umfassende Zustandsanalyse des betreffenden Bauteils durchzuführen und zu dokumentieren.

Der Ist- und der Mindestsollzustand des Bauwerks gemäß /ZTV-W LB 219/ sind zu bestimmen bzw. festzulegen und zu dokumentieren. Zusätzlich sind die instand zu setzenden Bauteile den Belastungsszenarien gemäß Tabelle 2 zuzuordnen.

Tabelle 2: Belastungsszenarien zur flächigen Instandsetzung

1	2	3	4	5	6	7
Belastung	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	a	b	a	b	a	b
Freibewitterte Instandsetzungsfläche	ja					
Zyklisch bewegende, evtl. wasserführende Risse im Untergrundbeton	ja					
Ausreichender Verbund zwischen Instandsetzungsschicht und Untergrundbeton	ja		nein		nein	
Risswasser- und Porenwasserdruck	nein		nein		ja	
Hydrostatische Wasserbelastung auf der Oberfläche	nein	ja	nein	ja	nein	ja

Als Basis für die Planung sind die maximalen jahreszeitlichen Rissbreitenänderungen zu ermitteln. Dies kann beispielsweise durch ein hinreichend langes Messen erfolgen. Darauf aufbauend ist die maßgebliche Rissüberbrückungsklasse nach Tabelle 3, Spalte 2, festzulegen und zu dokumentieren.

Tabelle 3: Rissüberbrückungsklassen und Prüfbedingungen im Rahmen der Systemprüfung

1	2	3
Maximale Rissbreitenänderung des zu überbrückenden Risses am Bauwerk Δw_{op}	Rissüberbrückungsklasse (RÜK)	Minimale Rissaufweitung für die Systemprüfung $w_{min,lab}$
mm	-	mm
≤ 0,20	1	*
≤ 0,30	2	0,45
≤ 0,40	3	0,60
≤ 0,60	4	0,90**
> 0,60	5	***
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 ≥ A4		
*** Nicht zulässig		

4.2.2 Planungsgrundsätze

Aufbauend auf der Einordnung des Bauteils entsprechend Abschnitt 4.2.1 muss die Planung der Instandsetzungsmaßnahmen und die Erstellung eines Instandhaltungsplanes durch einen Sachkundigen Planer erfolgen.

Das in diesem Merkblatt beschriebene Instandsetzungssystem darf unter folgenden Randbedingungen eingesetzt werden:

- Belastungsszenario Variante 1a gemäß Tabelle 2,
- Rissbreitenänderung überwiegend aus jahreszeitlichen Temperaturänderungen,
- maximale Rissbreitenänderung des zu überbrückenden Risses am Bauwerk Δw_{op} gemäß Tabelle 3,
- Expositionsklassen XALL, XBW1, XCR, Δw LFR, XC1 (trocken), XC3, XC4, XS1, XD1, XF1 und XF2.

Für die Belastungsszenarien Variante 1b sowie Varianten 2 und 3 sind projektspezifisch zusätzliche Prüfungen sowie Anforderungen an die Materialien und die Bemessung festzulegen und gesonderte Nachweise zu erbringen.

Die Dauerhaftigkeit der Stahlbewehrung im Altbeton bei Chlorideintrag und Carbonatisierung muss gewährleistet sein. Die systemspezifische Mindestschichtdicke $d_{min,S}$ (30 mm) des textilbewehrten Instandsetzungssystems darf bei der Dauerhaftigkeitsbemessung berücksichtigt werden.

Entsprechend /ZTV-W LB 219/ sind bei der Expositionsklasse XBW1 bereits vor der Applikation eines Instandsetzungssystems ggf. Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserdurchtritts bzw. Wasseraustritts vorzusehen. Hierfür sind vorzugsweise zementgebundene Füllstoffe zu verwenden.

Der Betonuntergrund ist gemäß /ZTV-W LB 219/, Abschnitt 0.4, in eine Altbetonklasse einzuordnen. Gegebenenfalls sind instand zu setzende Bauteilbereiche mit lokal abweichenden Eigenschaften durch entsprechende Untersuchungen einzugrenzen.

Bei örtlich freigelegter Bewehrung oder großen Unebenheiten in der instand zu setzenden Fläche ist der Untergrund in geeigneter Weise vorzubereiten und abzugleichen, bevor die textilbewehrte Instandsetzungsschicht aufgebracht wird, damit die Schichtdicke über die gesamte Fläche näherungsweise gleich ist.

Bei Rissen mit einer Rissbreitenänderung von $\Delta w_{op} > 0,2$ mm und bei solchen, für welche dies vom Sachkundigen Planer als notwendig erachtet wird, ist ein Enthftungsbereich vorzusehen. Der Abstand zwischen den Rändern benachbarter Enthftungsbereiche muss mindestens 400 mm betragen, anderenfalls ist der Verbund der Instandsetzungsschicht zum Untergrund gesondert nachzuweisen. Dies ist im Instandsetzungsplan zu berücksichtigen.

Im Instandsetzungsplan ist festzulegen, welche Risse mit einem Enthftungstreifen zu versehen sind.

Die Breite des Enthftungsbereichs l_E quer zum Rissverlauf ist durch den Sachkundigen Planer, abhängig von der RÜK (siehe Tabelle 3), gemäß Gleichung (1) zu ermitteln. Die Enthftungsbreite sollte so schmal wie möglich gewählt werden und die in Gleichung (1) angegebenen Grenzen nicht überschreiten. Für die RÜK 2, RÜK 3 und RÜK 4 kann die Enthftungsbreite l_E der Tabelle 4 entnommen werden.

$$120 \text{ mm} \leq l_E = \left(\frac{w_{min,lab}}{0,1} \right) * \gamma * MaW \leq 200 \text{ mm} \quad (1)$$

mit:

$$\gamma = 1,5$$

Bei abweichenden Breiten des Enthftungsbereiches muss die Funktionalität des Systems am Bauwerk nachgewiesen werden. Dies ist im Instandsetzungsplan zu berücksichtigen. Breiten größer als 200 mm erfordern einen Nachweis des sicheren Verbundes zwischen Instandsetzungssystem und instand zu setzendem Bauteil durch einen Tragwerksplaner.

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.

Als Fasermaterial für die textile Bewehrung ist im Hinblick auf das Erreichen langer Nutzungsdauern Carbon zu verwenden.

Aufgrund der unterschiedlichen Rissverläufe der instand zu setzenden Bauteile sind textile Bewehrungen mit gleichen Maschenweiten in Kett- und Schussrichtung und gleicher Feinheit in beiden Tragrichtungen zu verwenden. Es sind mindestens zwei Lagen textiler Bewehrung vorzusehen.

Die Mindestschichtdicke des Instandsetzungssystems beträgt bei flächigem Auftrag 30 mm, die Maximalschichtdicke 40 mm.

Die Abstände

- zwischen der Betonuntergrundoberfläche und der Mittelebene des benachbarten Textils,
- zwischen den Mittelebenen zweier benachbarter Textillagen und
- zwischen der Spritzmörtel-/Spritzbetonoberfläche und der Mittelebene des benachbarten Textils

müssen gleich sein.

Hinsichtlich der Dicke d_c (siehe Abschnitt 3.2) gelten folgende Anforderungen (siehe Gleichung (2a) und Gleichung (2b)):

$$d_c \geq 5 \text{ mm} \quad (2a)$$

$$d_c \geq \text{Größtkorndurchmesser} \quad (2b)$$

Der Regelaufbau bei der Applikation des textilbewehrten Spritzmörtels bzw. -betons (am Beispiel mit zwei Lagen textiler Bewehrung) ist wie folgt zu wählen:

- Spritzmörtel- bzw. Spritzbetonschicht vorlegen,
- Einlegen der ersten Textillage,
- Auftrag von Spritzmörtel bzw. Spritzbeton,
- Einlegen der zweiten Textillage,
- Deckschicht aus Spritzmörtel/-beton aufbringen.

Jede nachfolgende Lage des Spritzmörtels/Spritzbetons muss auf die noch frische (nicht erhärtete) vorhergehende Lage aus Spritzmörtel/Spritzbeton aufgetragen werden. Die maximale Wartezeit zwischen den einzelnen Schritten ist gemäß den Angaben der Spritzmörtel- bzw. Spritzbetonhersteller einzuhalten.

Der Größtkorndurchmesser der Spritzmörtel/Spritzbetone ist sowohl möglichst groß (jedoch $\leq 6 \text{ mm}$) zu wählen, als auch an das verwendete Textil anzupassen.

Die Oberfläche ist, wenn nicht anders geregelt, spritzrau zu belassen (siehe /ZTV-W LB 219/).

5 Anforderungen an das Instandsetzungssystem

5.1 Nachweis der Verwendbarkeit der Einzelkomponenten

5.1.1 Spritzmörtel/Spritzbeton

Der Spritzmörtel/Spritzbeton muss ein Größtkorn ≤ 6 mm aufweisen. Der Spritzmörtel/Spritzbeton darf im Trocken- oder Nassspritzverfahren aufgetragen werden.

Der Spritzmörtel/Spritzbeton muss den Anforderungen gemäß /BAWEmpfehlung 2019/, Tabellen 2 bzw. 5, für die Expositionsklassen XALL, XBW1, XC1 (trocken), XC3, XC4, XS1, XD1, XF1 und XF2 unter Berücksichtigung derjenigen Altbetonklassen genügen, für die das Instandsetzungssystem Anwendung finden soll. Prüfungen, die die Dauerhaftigkeit der Stahlbewehrung betreffen, brauchen nicht durchgeführt zu werden.

5.1.2 Textile Bewehrung

Vom Hersteller sind folgende Angaben zu den verwendeten Materialien bereitzustellen: Typ und Feinheit der Carbonfaser, Tränkungsmaterial (Art, Glasübergangstemperatur), ggf. Oberflächenmodifikation bestehend aus Beschichtungsmaterial (Art, Glasübergangstemperatur) und Besandung (Partikelart und Sieblinie nach /DIN EN 12192-1/).

Die textile Bewehrung muss so beschaffen sein, dass die Rovings in Längs- und Querrichtung ohne Welligkeit ausgerichtet und mit dem Tränkungsmaterial vollständig imprägniert sind. Das Tränkungsmaterial muss ausgehärtet sein.

Die Maschenform der textilen Bewehrung muss quadratisch sein. Das lichte Maß zwischen zwei Rovings muss mindestens dem dreifachen Größtkorndurchmesser des Spritzmörtels bzw. Spritzbetons entsprechen.

Der Faserquerschnitt des Rovings A_R muss in Kett- und Schussrichtung gleich sein und wird nach Gleichung (3) bestimmt:

$$A_R = \frac{\text{Feinheit}}{\text{Dichte}} \left[\frac{\text{g/km}}{\text{g/cm}^3} \right] * 10^{-3} \quad (3)$$

Das Flächengewicht des getränkten und des ggf. oberflächenmodifizierten (beschichteten und besandeten) Textils (Endzustand) ist nach Anlage 2, A 2.1 zu bestimmen.

Die Glasübergangstemperatur des Tränkungsmaterials und ggf. der Beschichtung ist in Anlehnung an /BAWEmpfehlung 2019/, Tabelle 27, Zeile 16, an jeweils drei Proben zu ermitteln. Es sind je Probe zwei Durchläufe, bestehend jeweils aus einer Aufheiz- und Abkühlkurve, durchzuführen, um die thermische Vorgeschichte der Probe auszugleichen. Die Glasübergangstemperatur wird anhand der zweiten Aufheizkurve ermittelt.

Die chemischen Verbindungen der Flüssigkomponente des Tränkungs- und ggf. des Beschichtungsmaterials sind mit Hilfe eines Referenzspektrums (Infrarotspektroskopie) gemäß /BAWEmpfehlung 2019/, Tabelle 28, Zeile 5, zu charakterisieren. Je Material sind zwei Einzelmessungen durchzuführen.

Die Zugfestigkeit des Kett- und Schussrovings ist nach Anlage 2, A 2.2, an Proben zu ermitteln, die aus dem gebrauchsfertigen Textil herauspräpariert wurden.

Bei oberflächenmodifizierten (beschichteten und besandeten) textilen Bewehrungen sind folgende Kennwerte nach Anlage 3 zu ermitteln:

- Anteil vorhandener Partikel auf der Textiloberfläche (siehe Anlage 3, A 3.1),
- Größe vorhandener Partikel im Beschichtungsmaterial (siehe Anlage 3, A 3.2),
- Qualität der Einbindung der Partikel (siehe Anlage 3, A 3.3) und
- Einbettungsgrad vorhandener Partikel im Beschichtungsmaterial (siehe Anlage 3, A 3.4).

Die Anforderungen sind in Tabelle 5 enthalten.

5.1.3 Enthftungsmaterial

Folgende Informationen über das zu verwendende Enthftungsmaterial sind vorzulegen: Art, Herstellerbezeichnung, Schichtdicke, Angaben zur Applikation.

Das Enthftungsmaterial muss zum einen auf trockenem und/oder feuchtem Untergrund gut haften. Zum anderen darf zwischen Spritzmörtel/Spritzbeton und dem Enthftungsmaterial kein nennenswerter Haftverbund bestehen.

Zur Sicherstellung der Entkopplungswirkung des Enthftungsmaterials wird empfohlen, vor der Systemprüfung (siehe Abschnitt 5.2) die Haftzugfestigkeit analog zu /DIN EN 1542/ mit 2 Platten-Grundkörpern 300 x 300 x 100 (L x B x H) mm gemäß /BAWEmpfehlung 2019/, Anlage A1.4, wie folgt herzustellen und zu prüfen.

1. Grundkörper mit Enthftungsmaterial,
2. Grundkörper mit Enthftungsmaterial und Spritzmörtel/Spritzbeton (mit der Einhaltung der Mindestschichtdicke); vereinfachend kann der Betonersatz im Handauftrag appliziert werden.

Abhängig vom Enthftungsmaterial muss ggf. vor dessen Applikation die Oberfläche des Grundkörpers matt feucht sein.

Die Haftzugfestigkeit des Enthftungsmaterials auf dem Grundkörper sollte $\geq 0,2 \text{ N/mm}^2$ sein; die Haftzugfestigkeit des Spritzmörtels/Spritzbetons auf dem Enthftungsmaterial sollte $\leq 0,05 \text{ N/mm}^2$ sein (siehe auch Tabelle 5).

5.2 Nachweis der Verwendbarkeit des Instandsetzungssystems – Systemprüfung

5.2.1 Allgemeines

Die nachfolgend beschriebenen Prüfungen, hier Systemprüfung genannt, erfolgen am Verbundsystem bestehend aus:

- Grundkörperbeton (gerissen),
- Enthftungsmaterial,
- Textilbewehrter Spritzmörtel- bzw. Spritzbetonschicht.

Die Systemprüfung beinhaltet vier aufeinander folgende Prüfungen (vgl. Bild 2):

- Applizierbarkeit,
- Haftzugfestigkeit,
- Rissverteilung,
- Haftzugfestigkeit nach Rissaufweitung.

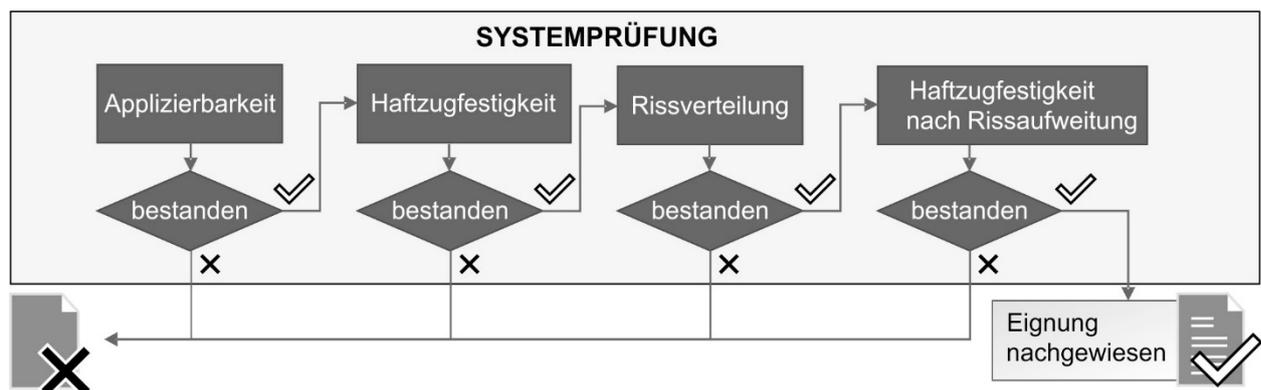


Bild 2: Schematische Vorgehensweise beim Nachweis der Verwendbarkeit – „Systemprüfung“

Werden alle vier Prüfungen bestanden, ist der Nachweis der Verwendbarkeit des Instandsetzungssystems erbracht. Die Ergebnisse sind im Prüfbericht gemäß Abschnitt 7.1 anzugeben.

Um die Eignung des Instandsetzungssystems bei einer maximalen Rissbreitenänderung des zu überbrückenden Risses am Bauwerk Δw_{op} von beispielhaft max. 0,4 mm (RÜK 3) sicherstellen zu können, ist die Systemprüfung beim Nachweis der Verwendbarkeit mit einer Rissaufweitung von mindestens $w_{min,lab} = 0,6$ mm durchzuführen (siehe Tabelle 3). Die Enthftungsbreite l_E ist entsprechend der Maschenweite der textilen Bewehrung auszuwählen (siehe Gleichung (1) und Tabelle 4). Die Systemprüfung wird auf der sicheren Seite liegend mit der kleinsten Breite des Enthftungstreifens durchgeführt.

5.2.2 Grundkörperbeton

Der Beton des Grundkörpers muss der Altbetonklasse nach /ZTV-W LB 219/ entsprechen, bei der das Instandsetzungssystem eingesetzt werden soll. Die Anforderungen an den Grundkörperbeton sind in Anlage A1.4 der /BAWEmpfehlung 2019/ und in /DIN EN 1766/ enthalten.

Es ist nicht saugendes Schalungsmaterial zu verwenden. Die Grundkörper bleiben bis zum Alter von zwei Tagen mit Kunststoffolie abgedeckt in der Schalung und werden im Anschluss bei 23 ± 2 °C und 50 ± 5 % rel. Luftfeuchte gelagert.

Im Alter von mindestens 21 Tagen ist die Schalseite des Grundkörperbetons nach Anlage A1.4 der /BAWEmpfehlung 2019/ vorzubereiten, vorzugsweise zu strahlen. Die Rautiefe darf einen Wert von 1,0 mm nicht überschreiten.

Es sind mindestens vier Probekörper mit den Abmessungen von mindestens 700 x 500 x 60 (L x B x H) mm entsprechend Bild 4 herzustellen.

Je größer die Abmessungen der Probekörper, desto leichter ist es, die textildbewehrte Spritzmörtel- bzw. Spritzbetonschicht praxisingerecht aufzutragen.

Zum Erzeugen der Sollbruchstelle im Grundkörper ist auf der Einfüllseite in der Mitte der Fläche parallel zu den schmalen Seiten, eine Nut mit einer Tiefe von 20 mm und einer Breite von 4 ± 1 mm zu schneiden. Der Grundkörper ist entlang dieses Sägeschnittes zu brechen (siehe Bild 4, Detail E).

Zur Vermeidung von Rissen in der textildbewehrten Spritzmörtel-/Spritzbetonschicht (z. B. infolge Probenpräparation, Transport) werden im Alter von mindestens 28 Tagen und nach dem Erzeugen des Risses drei Gewindestangen (M8 oder vergleichbar) in den Grundkörperbeton eingesetzt, mit deren Hilfe eine geringe Druckspannung in den Grundkörper (Anziehungsmoment rd. 9 Nm) eingebracht wird (siehe Bild 4). Um die Kanäle für die Gewindestangen zu erzeugen, können z. B. glatte Stahlstäbe in PVC-Schläuchen einbetoniert werden. Bewährt haben sich die in Bild 4 angegebenen Materialien.

Zur Kontrolle der Gleichmäßigkeit der Grundplatten ist wie folgt vorzugehen. Je Herstellserie sind drei Würfel mit einer Kantenlänge von 150 mm herzustellen. An den Würfeln ist im Alter von 28 Tagen die Druckfestigkeit nach /DIN EN 12390-3/ zu bestimmen. An mindestens einer Grundkörperplatte sind je Herstellserie die Rauheit, die Oberflächenzugfestigkeit (mind. fünf Prüfstellen auf der gestrahlten Seite), die Trockenrohdichte und die Wasseraufnahme (mind. drei Probekörper) nach Bild 3 zu bestimmen.

Die Verdichtung der 150-mm-Würfel muss der Verdichtung der Grundkörper gleichwertig sein, d. h. die Frischbetonrohdichte der Würfel und der Grundkörper muss etwa gleich sein (Abweichung i. d. R. nicht mehr als $0,05 \text{ kg/dm}^3$).

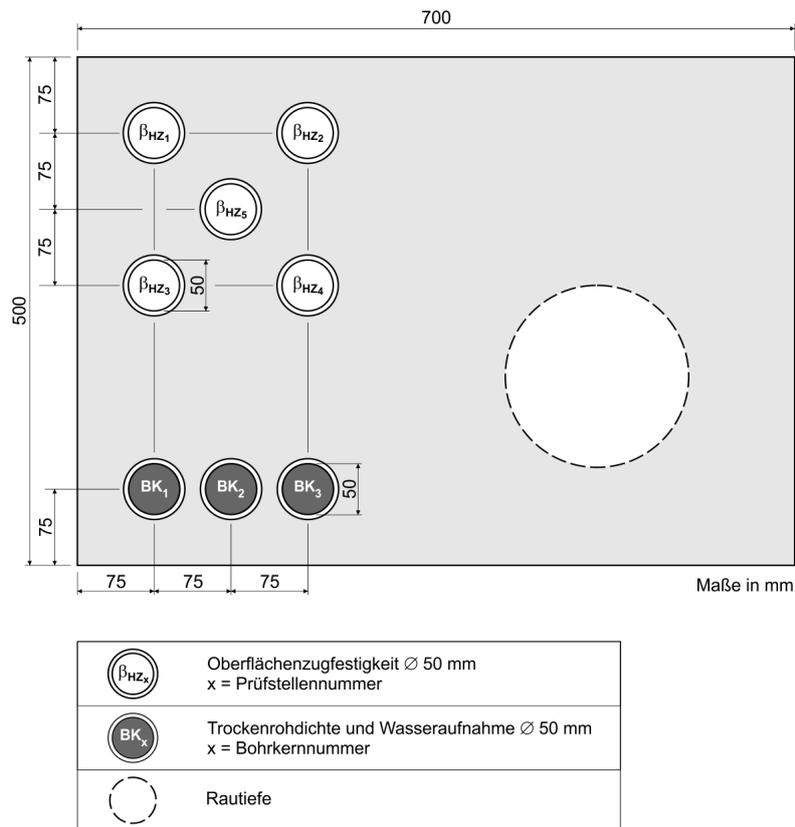


Bild 3: Plattendickkörper mit Anordnung der Prüfstellen für die Feststellung von Oberflächenzugfestigkeit, Trockenrohdichte, Wasseraufnahme und Rautiefe (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)

5.2.3 Herstellung des Verbundkörpers

Zur Herstellung des Verbundkörpers ist eine nicht saugende Schalung nach Bild 4 zu verwenden, in welche der Grundkörper zur Applikation des Spritzmörtels/Spritzbetons eingebaut wird. Es sind mindestens drei Verbundkörper herzustellen.

Die Probekörper für den Nachweis der Verwendbarkeit des Instandsetzungssystems an senkrechten und stark geneigten Flächen werden (nahezu) senkrecht hergestellt. Soll ein Instandsetzungssystem sowohl an senkrechten als auch stark geneigten Flächen sowie über Kopf eingesetzt werden, so reicht es, die Probekörper (nahezu) senkrecht herzustellen.

Die zu beschichtende Betonoberfläche ist zu reinigen (staubfrei) und anzufeuchten (für mindestens 24 Stunden vor dem Aufbringen des Spritzmörtels/Spritzbetons).

Das Enthäftungsmaterial ist nach Herstellerangaben symmetrisch über dem Riss aufzubringen.

Bei zementösen Enthäftungsmaterialien ist darauf zu achten, dass deren Oberfläche zum Zeitpunkt des Auftragens des Spritzmörtels/Spritzbetons nicht feucht ist.

Die Kettrovings der Textilbewehrung müssen senkrecht zum Riss im Grundkörper verlaufen.

Es ist die gleiche Anzahl an Textilagen zu verwenden, die bei der Ausführung zur Anwendung kommen soll.

Das System ist mit der am Bauwerk maximal anwendbaren Gesamtschichtdicke des Spritzmörtels/Spritzbetons zu prüfen. Angaben zum Aufbau des Instandsetzungssystems sind Abschnitt 4.2.2 zu entnehmen. Die zu prüfende Schichtdicke beträgt mindestens 35 mm und höchstens 45 mm (planmäßige Schichtdicke nach Abschnitt 4.2.2 erhöht um 5 mm, entspricht der zulässigen Schichtdicke in der Bauausführung nach Abschnitt 6).

Der Verbundkörper wird im Alter von mindestens 21 Tagen entsprechend Bild 5 zersägt.

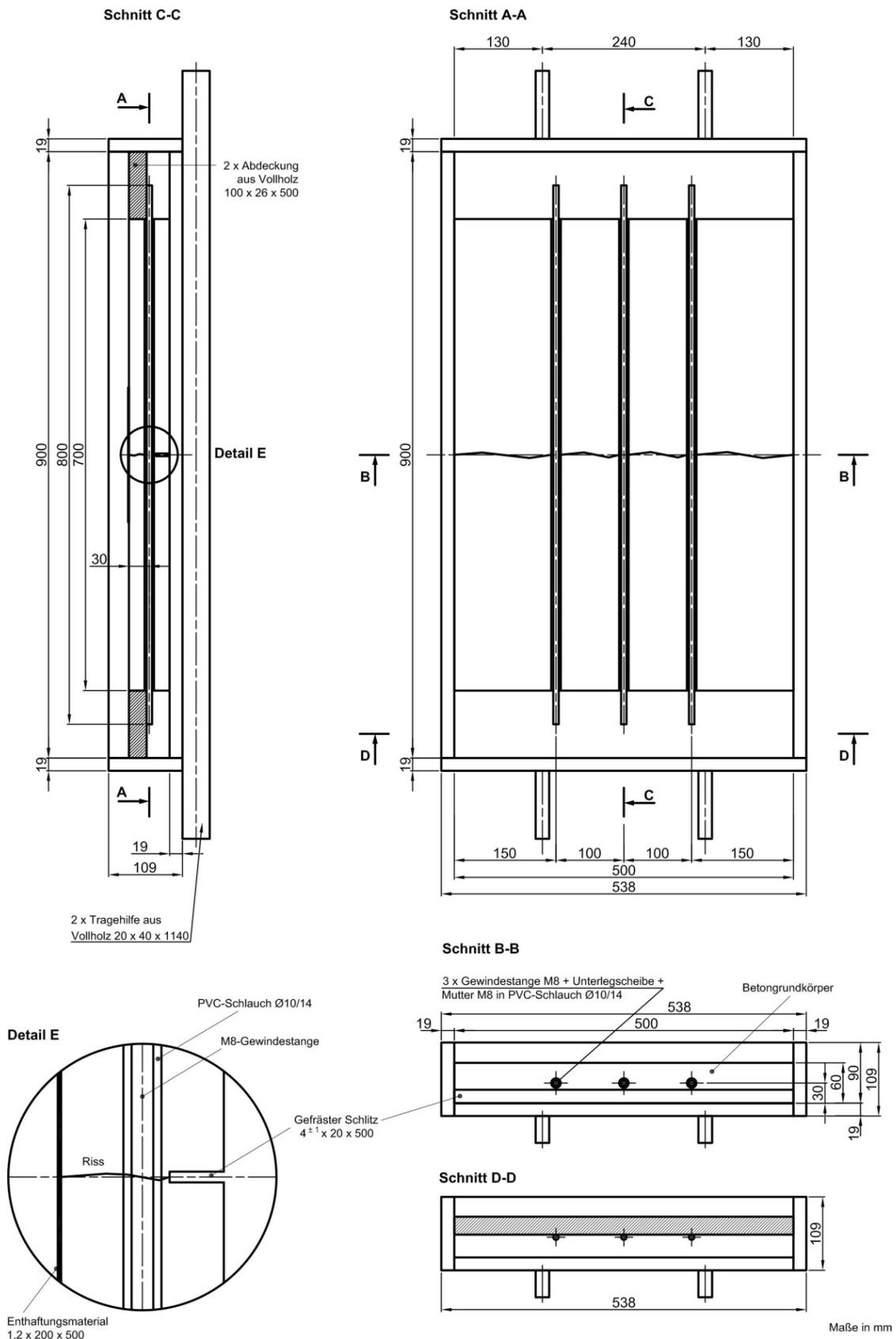


Bild 4: Schalungsaufbau für die Herstellung des Verbundkörpers (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)

Tabelle 4: Breite des Enthäftungsmaterials in Abhängigkeit von der Maschenweite der textilen Bewehrung und der RÜK sowie Breite des RÜ in Abhängigkeit von der Maschenweite der textilen Bewehrung

1	2	3	4	5	6
Maschenweite der textilen Bewehrung MaW	Breite des Enthäftungsmaterials l_E ¹⁾			Breite des RÜ ²⁾	Anzahl an ganzen Rovings je Lage
	RÜK 2	RÜK 3	RÜK 4		
mm					-
7	120	120	120	91	13
8	120	120	120	88	11
9	120	120	122	90	10
10	120	120	135	90	9
11	120	120	149	88	8
12	120	120	162	96	8
13	120	120	176	91	7
14	120	126	189	84	6
15	120	135	-	90	6
16	120	144	-	96	6
17	120	153	-	85	5
18	122	162	-	90	5
19	129	171	-	95	5
20	135	180	-	100	5
21	142	189	-	84	4
22	149	198	-	88	4

¹⁾ siehe Gleichung (1)

²⁾ Abweichung maximal $\pm 0,5$ mm

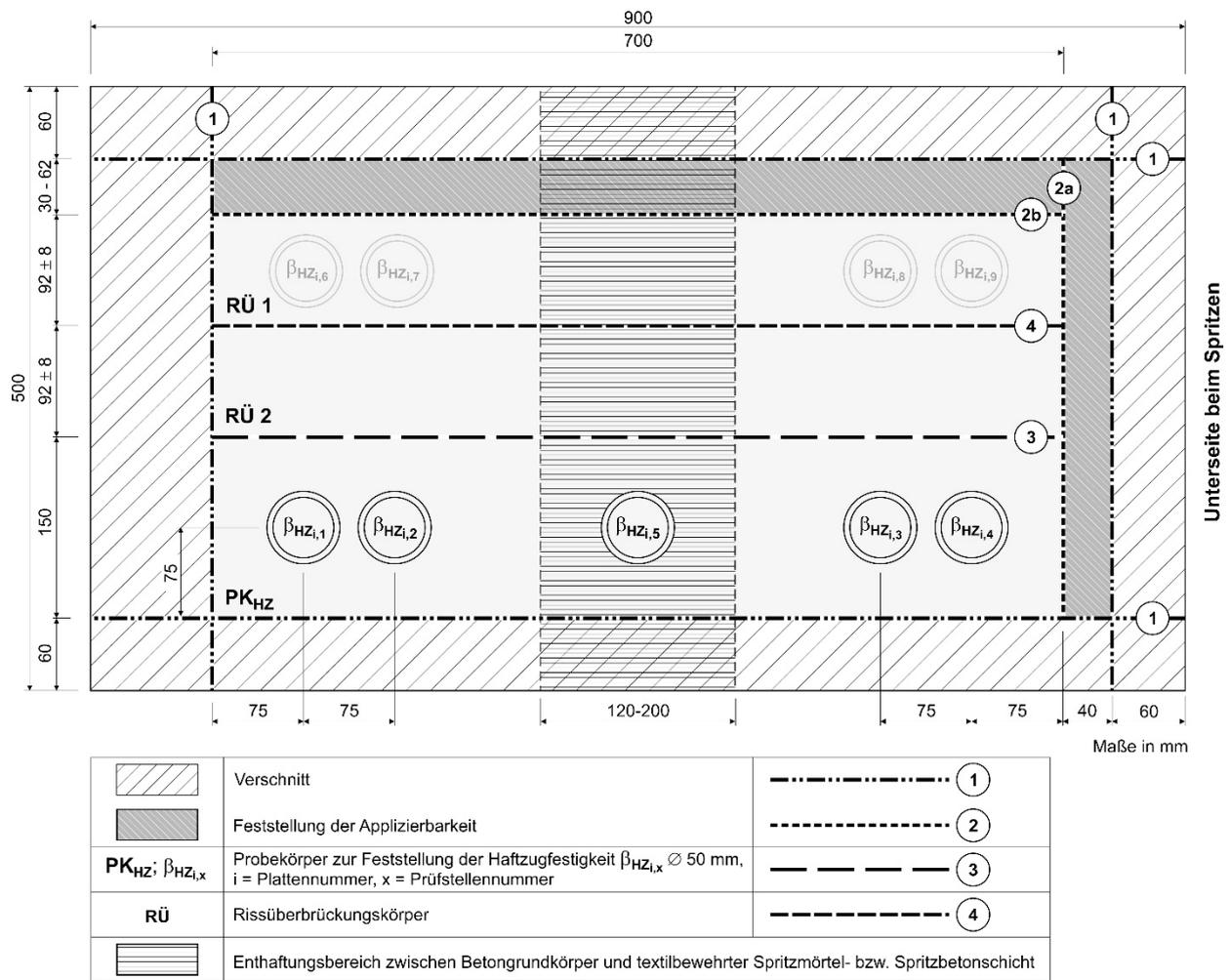


Bild 5: Verbundkörper für die Systemprüfung, Schnittmuster (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)

Die Geometrie der Probekörper für die Feststellung von Applizierbarkeit, Haftzugfestigkeit und Rissüberbrückungsfähigkeit sowie die Lage der Prüfflächen, Sägeschnitte und die Schnittreihenfolge sind Bild 5 zu entnehmen. Die Reihenfolge der Schnitte des Verbundkörpers ist hierbei wie folgt:

- 1) Die Verbundkörper werden durch Sägeschnitt senkrecht zur spritzrauen Oberfläche auf ein Maß von 700 x 380 (L x B) mm zugeschnitten.
- 2) Zur Feststellung der Applizierbarkeit wird an der kurzen (Unterseite beim Spritzen) und an der langen Seite der Verbundkörper jeweils ein dünner Streifen abgetrennt (siehe dunkelgrauer Bereich in Bild 5), dessen Breite von der Breite bzw. Länge der RÜ abhängt.
- 3) Schneiden des Probekörpers PK_{HZ} mit einer Länge von 700 mm und einer Breite von 150 mm für die Feststellung der Haftzugfestigkeit.
- 4) Schneiden von zwei RÜs mit einer Länge von 700 mm und einer Breite entsprechend Tabelle 4, Spalte 5. Der Längsschnitt ist möglichst so zu wählen, dass dieser in der Mitte der Masche liegt. Die Mittelachse der Gewindestange im Grundkörperbeton muss mindestens 30 mm vom Rand des RÜs entfernt liegen.

5.2.4 Prüfungen am Verbundkörper

5.2.4.1 Applizierbarkeit

Die Applizierbarkeit wird je Verbundkörperplatte (mindestens drei) an den Schnitten 2a und 2b nach Bild 5 beurteilt. Die Probekörper sind hinsichtlich Fehlstellen in Anlehnung an /BAWEmpfehlung 2019/, Anlage A1.7, zu untersuchen. Es wird zwischen flächenhaften (siehe Bild 6, links oben) und linienförmigen (siehe Bild 6, links unten) Fehlstellen unterschieden, die entweder an die Rovings angrenzen oder unmittelbar in der Nähe der Rovings liegen. Dabei entspricht die Fehlerlänge der Länge der größten Ausdehnung. Beispiele sind in Bild 6 dargestellt. Die Anforderungen sind in Tabelle 5 aufgeführt.

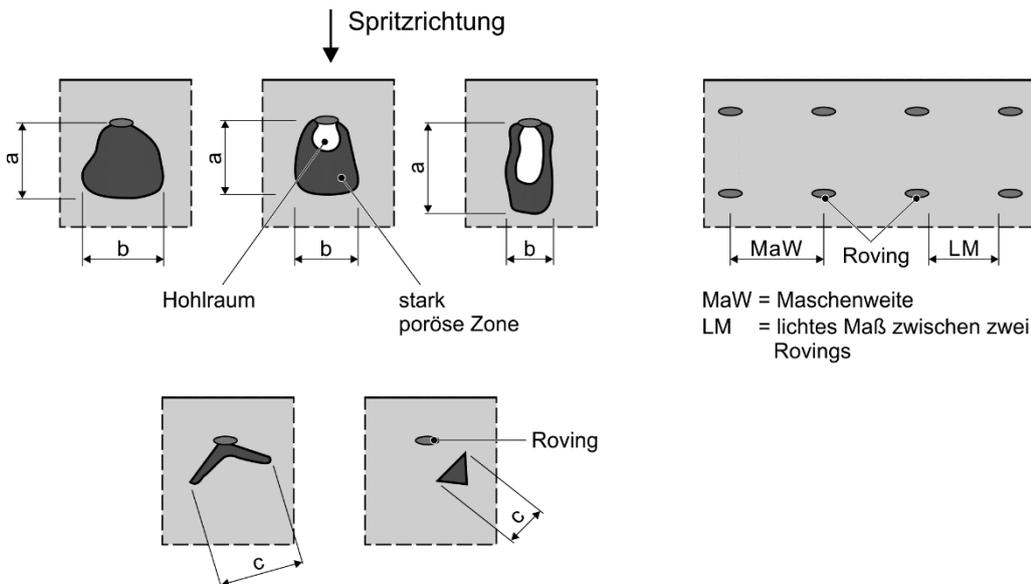


Bild 6: Beispiele für Fehlstellen im Instandsetzungssystem

5.2.4.2 Haftzugfestigkeit

Die Haftzugfestigkeit wird je Verbundkörperplatte (mindestens drei) an einem Verbundkörper PK_{HZ} nach Bild 5 beurteilt. Die Prüfung wird an den β_{HZ} -Prüfstellen i,1 bis i,5 entsprechend Bild 5 und gemäß /DIN EN 1542/ durchgeführt. Die β_{HZ} -Prüfstellen i,1 bis i,4 befinden sich außerhalb des Enthaftungsbereichs. Die Anforderungen sind in Tabelle 5 aufgeführt.

5.2.4.3 Rissverteilung

5.2.4.3.1 Durchführung des Versuches

Die Rissverteilung wird je Verbundkörperplatte an RÜ 1 nach Bild 5 beurteilt. Der RÜ 2 wird als Reserveprobe aufbewahrt.

Die minimale Rissaufweitung im Grundkörper $w_{min,lab}$ während des Versuchs richtet sich nach der Rissüberbrückungsklasse in Tabelle 3.

Für die Rissverteilungsprüfung wird der RÜ auf zwei Trägerplatten mit den Abmessungen 350 x 150 x 20 (L x B x H) mm geklebt, sodass sich der Riss im Untergrund zwischen den Trägerplatten befindet (siehe Bild 7). Der Abstand zwischen den Trägerplatten beträgt $10 \pm 0,5$ mm. Zudem ist die Unterseite des Grundkörpers vor dem Kleben von Staub, Fetten und losen Bestandteilen zu befreien, damit eine optimale Haftung gewährleistet ist. Für eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung während der Prüfung müssen die Trägerplatten vollflächig mit gleicher Kleberdicke und kantenparallel auf dem RÜ befestigt werden. Um Verschiebungen der Trägerplatten zu vermeiden, sind die Trägerplatten während der Klebung mit seitlich angeschraubten Laschen zu fixieren.

Die Prüfvorrichtung besteht aus einem biegesteifen Grundgestell, das fest mit dem Tisch der Prüfmaschine verbunden wird. An dem Grundgestell ist ein Schlitten befestigt. Die untere Hälfte des Schlittens ist fest an dem Grundgestell befestigt, die obere Hälfte ist in Prüfrichtung beweglich gelagert. Nach der Befestigung des RÜ auf den Trägerplatten wird dieser an die Schlittenteile geschraubt.

Es wird mindestens ein Wegaufnehmer je Seite mittig über dem Riss im Grundkörper und so nah wie möglich an dem Enthaltungsbereich parallel zur Belastungsrichtung angebracht. Der Nennmessweg muss mindestens 1 mm betragen. Die Linearität der Wegaufnehmer muss mindestens $\pm 0,01$ % betragen. Der Wegaufnehmer muss so befestigt werden, dass jeder Einfluss auf die Messung durch geringes, manchmal unvermeidbares Biegen des RÜ ausgeschlossen oder kompensiert wird. Die Rissaufweitung im Grundkörper wird aus dem Mittelwert der Wegaufnehmer berechnet.

Die Prüfung ist bei 23 ± 2 °C durchzuführen.

Die Zugkraft wird in Höhe der Mittelebene der textilen Bewehrung in ein U-förmiges Kopfteil eingeleitet, das über die obere Trägerplatte mit dem beweglichen Teil des Schlittens verschraubt ist, siehe Bild 7. Vor der Einleitung der Zugkraft ist die ggf. vorhandene Gewindestange im Grundkörper zu entlasten und die Seitenlaschen sind zu entfernen.

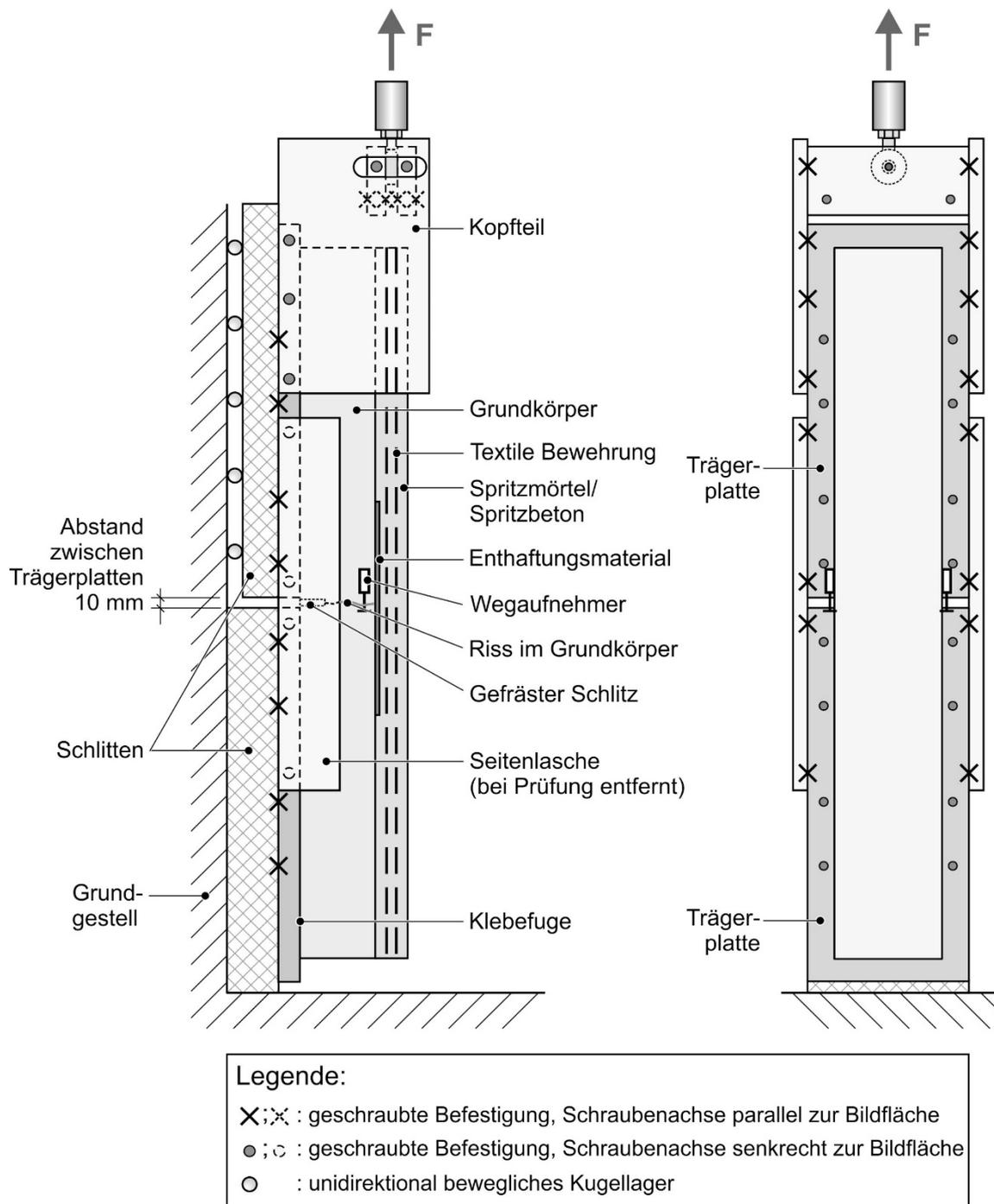


Bild 7: Einrichtung für die Prüfung der Rissverteilung (Seiten- und Vorderansicht) (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)

Es wird eine Zugkraft aufgebracht, um den Riss im Grundkörper auf die vorgesehene Rissaufweitung $w_{min,lab}$ (siehe Tabelle 3) zu öffnen. Die Prüfung erfolgt weggesteuert (Maschinenweg) mit einer Geschwindigkeit von $0,05 \pm 0,01$ mm/min. Während des Versuchs sind mindestens die Kraft und der Mittelwert der Wegaufnehmer aufzuzeichnen. Die Rissaufweitung wird beendet, wenn der Mittelwert der Wegaufnehmer $w_{min,lab}$ erreicht hat. Im Prüfbericht ist der Spannungs-Dehnungs-Verlauf zu dokumentieren. Die Textilzugspannung σ_T ist anhand der Faserquerschnittsfläche der textilen Bewehrung mit Gleichung (4) zu berechnen:

$$\sigma_T = \frac{F}{A_T} = \frac{F}{(A_R * n)} \quad (4)$$

Die Dehnung der textilen Bewehrung im Enthaltungsbereich wird mit dem Mittelwert der Wegaufnehmer bezogen auf die Breite des Enthaltungsbereichs nach Gleichung (5) berechnet:

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta L}{l_E} \quad (5)$$

Tritt ein Versagen des Grundkörpers vor der erforderlichen Rissaufweitung auf, ist die Reserveprobe RÜ 2 zu prüfen.

Die Rissbreiten im Enthaltungsbereich sind an einer beliebigen Seite des RÜ entsprechend Bild 8 in über die Probenhöhe gleichmäßig verteilten Ebenen auf $1 \mu\text{m}$ genau zu messen. Die Hilfslinien verlaufen parallel zur Enthaltungsfläche auf Höhe jeder Lage der textilen Bewehrung und auf halber Höhe jeder Spritzmörtel-/Spritzbetonlage. Die Rissbreite ist die Summe der Rissbreiten in allen Ebenen dividiert durch die Anzahl der Ebenen. Sämtliche Messergebnisse sind in einer Tabelle zu dokumentieren, die dem Prüfbericht beizufügen ist. Anzugeben sind der Mittelwert und die Standardabweichung je Ebene und über alle Ebenen sowie der jeweils maximale Einzelwert. Anschließend ist die Summe der gemittelten Einzelrissbreiten über alle Ebenen zu errechnen. Die Summe der Einzelrissbreiten in der textilbewehrten Spritzmörtel- bzw. Spritzbetonschicht muss der mittleren Rissaufweitung im Grundkörper, berechnet aus dem Mittelwert der Wegaufnehmer, entsprechen. Die Abweichung darf maximal $\pm 10 \%$ betragen.

Die Auswertung der Einzelrissbreiten w_i erfolgt wahlweise über:

- Optisches 3D-Messsystem (siehe Abschnitt 5.2.4.3.2) oder
- Mikroskopieaufnahmen nach Fixierung der Risse (siehe Abschnitt 5.2.4.3.3) oder
- Mikroskopieaufnahmen mit Digitalkamera (siehe Abschnitt 5.2.4.3.4).

Die Rissverteilungsprüfung ist bestanden, wenn alle drei RÜ 1 die Anforderung gemäß Tabelle 5 erfüllen. Wenn allerdings nur zwei der drei Proben die Anforderungen erfüllen, sind mindestens drei Reserveproben (RÜ 2) zu prüfen. Davon müssen alle drei RÜ 2 die Anforderung gemäß Tabelle 5 erfüllen.

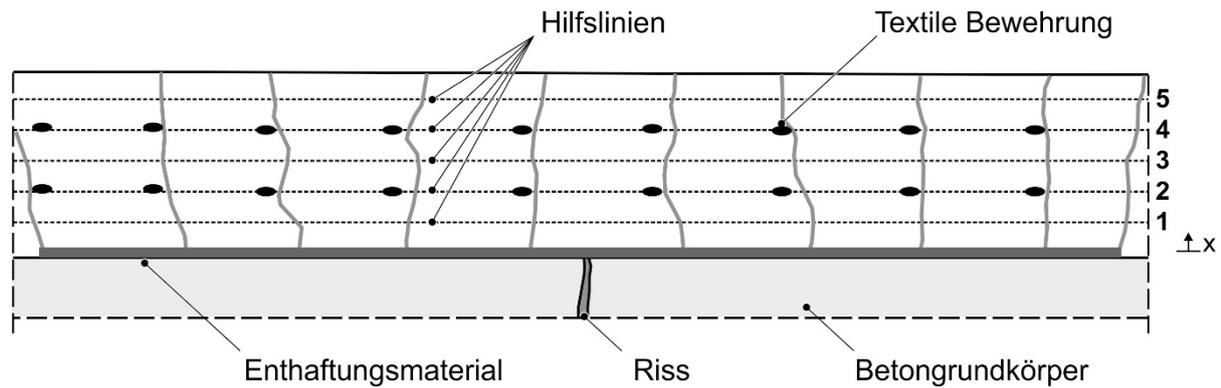


Bild 8: Schema der Hilfslinien zur Auswertung der Rissbreiten (beispielhaft für zwei Lagen textiler Bewehrung) (in Anlehnung an /Morales Cruz 2019/)

5.2.4.3.2 Messungen der Einzelrissbreiten mit Hilfe eines optischen 3D-Messsystems

Mit dem optischen 3D-Messsystem wird die Veränderung der Lage von Koordinatenpunkten über die Zeit berührungslos erfasst. Die 3D-Koordinaten werden mithilfe von Referenzpunkten oder einem stochastischen Muster auf der Probenoberfläche berechnet. Entsprechend den Herstellerangaben ist das System vor der Prüfung zu kalibrieren. Die Kalibrierabweichung ist im Prüfbericht anzugeben.

Die Koordinatengenauigkeit muss im Bereich von $0,0200 \pm 0,0035$ mm/m liegen und ist im Prüfbericht anzugeben.

Die Erfassung und Auswertung der Rissbreiten erfolgt gemäß Abschnitt 5.2.4.3.1. Die Anforderungen sind Tabelle 5 zu entnehmen.

5.2.4.3.3 Messungen der Einzelrissbreiten mittels Mikroskop nach Fixierung der Risse

Nach vollständiger Aufweitung des Risses im Grundkörper wird dieser Zustand fixiert (z.B. mittels Seitenlaschen). Anschließend werden die Risse in der textilbewehrten Spritzmörtel- bzw. Spritzbetonschicht mit einem niedrigviskosen, für die Übertragung von Kräften geeigneten Reaktionsharz (z. B. Epoxidharz) gefüllt. Alternativ ist der RÜ nach vollständiger Aufweitung des Risses im Grundkörper mithilfe seitlich angeschraubter Laschen in diesem Zustand zu fixieren (siehe Bild 7) und auszubauen. Die Rissaufweitung des Grundkörpers ist vor und nach dem Ausbau zu dokumentieren (zulässige Abweichung $\pm 5\%$) und im Prüfbericht anzugeben.

Für die Injektion ist ein individuell hergestellter Klebepacker zu verwenden. Die Maße des Packers sind so zu wählen, dass dieser ca. 20 mm länger als die Breite des Enthäftungsmaterials und ca. 10 mm schmaler als die Breite des RÜ ist.

In die Unterseite des Packers ist ein etwa 5 mm tiefer Ausschnitt mit einem Abstand von ca. 5 mm zu allen Rändern zu fräsen. Zusätzlich müssen für den zur Injektion benötigten Niederdrucknippel und zur Entlüftung des Klebepackers zwei Löcher in den Packer gebohrt werden.

Zur Vorbereitung der Injektion wird der Klebepacker mit einem geeigneten Rissverdämmpachtel auf die unbehandelte Oberfläche der textilbewehrten Spritzmörtel- bzw. Spritzbetonschicht geklebt und der Riss im Grundkörper von allen Seiten abgedichtet.

Die Risse in der textilbewehrten Spritzmörtel- bzw. Spritzbetonschicht werden mit einem Injektionsdruck von maximal 7 bar gefüllt. Um Risse sichtbar zu machen, hat sich die Zugabe eines dunklen Pigmentes (z. B. Cyanblau) zu dem Injektionsharz bewährt.

Nach vollständiger Aushärtung des Reaktionsharzes ist der Bereich des RÜ über dem Enthaltungsbereich zusätzlich einer Maschenweite beidseits herauszuschneiden. Danach ist der Probekörper parallel zur Prüfrichtung zu sägen. Mindestens eine der beiden Schnittflächen ist zu schleifen und zu polieren. Anschließend sind Aufnahmen unter einem Mikroskop mit einem kalibrierten Maßstab anzufertigen.

Die Erfassung und Auswertung der Rissbreiten erfolgt gemäß Abschnitt 5.2.4.3.1. Die Anforderungen sind Tabelle 5 zu entnehmen.

5.2.4.3.4 Messungen der Einzelrissbreiten mit Digitalkamera

Das Mikroskop muss mit einer Digitalkamera mit einer Auflösung von mindestens 1600 x 1200 Pixeln ausgestattet sein.

Die Untersuchung erfolgt im aufgeweiteten Zustand des RÜs. Die Messung ist, wenn möglich, in der Prüfmaschine durchzuführen.

Alternativ ist der RÜ nach vollständiger Aufweitung des Risses im Grundkörper mithilfe seitlich angeschraubter Laschen zu fixieren (siehe Bild 7) und auszubauen. Die Rissaufweitung des Grundkörpers ist vor und nach dem Ausbau zu dokumentieren (zulässige Abweichung $\pm 5\%$) und im Prüfbericht anzugeben.

Vor der Messung sind zur späteren Orientierung Hilfslinien in gleichmäßigen Abständen gemäß Bild 8 zu ziehen. Das Mikroskop mit Digitalkamera wird an jeder Linie angesetzt und an dieser entlang bewegt. Bei jeder Kreuzung eines Risses mit der Linie ist ein Bild aufzunehmen.

Die digitale Auswertung der Rissbreiten ist mithilfe eines kalibrierten Maßstabes durchzuführen.

Die Erfassung und Auswertung der Rissbreiten erfolgt gemäß Abschnitt 5.2.4.3.1. Die Anforderungen sind Tabelle 5 zu entnehmen.

5.2.4.4 Haftzugfestigkeit nach Rissaufweitung

Nach der Prüfung der Rissverteilung wird die Haftzugfestigkeit an den f_{HZ} -Prüfstellen i,6 bis i,9 entsprechend Bild 5 und gemäß /DIN EN 1542/ durchgeführt. Die Anforderungen sind in Tabelle 5 aufgeführt.

5.3 Zusammenstellung der Anforderungen an das Instandsetzungssystem

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Prüfungen der Einzelkomponenten (textile Bewehrung und Enthaltungsmaterial) und am Instandsetzungssystem und deren Anforderungen.

Für Spritzmörtel/Spritzbeton sind die expositionsbedingten Anforderungen für den projektspezifischen Verwendbarkeitsnachweis sowie die Anforderungen für den projektspezifischen Übereinstimmungsnachweis in /BAWEmpfehlung 2019/, Tabellen 2 und 3 (für Produkte nach Tabelle 1, Zeile 1) und Tabellen 5 und 6 (für Produkte nach Tabelle 1, Zeile 2), enthalten.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Anforderungen an das Instandsetzungssystem

Nr	Prüfgesichtspunkt, Kennwert		Stoff/Stoffkombination/Teilbereich	Anforderung		Häufigkeit		
				Verwendbarkeitsprüfung (Mittelwert)	WPK, FÜ	WPK		FÜ
	1	2	3		4	zulässige Abweichung vom Sollwert bzw. von der Verwendbarkeitsprüfung (Mittelwert)	jede Charge	jede 10. Charge
						6	7	8
1	Ausgangsstoffe der textilen Bewehrung							
1.1	Infrarot-Spektrum		Tränkungsmaterial	Spektrum dokumentieren	keine Hinweise auf Abweichungen der Zusammensetzung	-	x	x
1.2	Glasübergangstemperatur		Tränkungsmaterial	≥ 80 °C; anderenfalls ist ein gesonderter Nachweis zu führen	± 5 % oder ± 10 °C, der kleinere Wert ist maßgebend	-	x	x
1.3	Faserquerschnitt		Roving	Wert angeben	± 10 %	-	x	x
1.4	Flächengewicht		getränkte textile Bewehrung	Wert angeben	± 10 %	x	-	x
2	Oberflächenmodifikation der textilen Bewehrung							
2.1	Infrarot-Spektrum		Beschichtungsmaterial	Spektrum dokumentieren	keine Hinweise auf Abweichungen der Zusammensetzung	-	x	x
2.2	Glasübergangstemperatur		Beschichtungsmaterial	≥ 80 °C; anderenfalls ist ein gesonderter Nachweis zu führen	± 5 % oder 10 °C, der kleinere Wert ist maßgebend	-	x	x
2.3	Partikelgröße		Besandungsmaterial	Sieblinie angeben	± 10 M.-%	x	-	x
3	Textile Bewehrung (Endzustand)							
3.1	Maschenform (Maschenweite, lichtetes Maß zwischen zwei Rovings)			Wert ermitteln; quadratisch; LM > 3-facher Größtkorndurchmesser des Spritzmörtels bzw. Spritzbetons	± 10 %	x	-	x
3.2	Flächengewicht			Wert angeben	± 10 %	x	-	x
3.3	Zugfestigkeit		Kett- und Schussroving	> 2500 N/mm ²	± 10 %	-	x	x
3.4	Bruchdehnung		Kett- und Schussroving	> 11,25 ‰	± 10 %	-	x	x
3.5	Besandeter Anteil an der Textiloberfläche			Wert angeben	± 10 %	x	-	x
3.6	Größe vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) ab 0,5 mm im Beschichtungsmaterial			Anzahl der Körner pro Kornklasse angeben	± 50 %	x	-	x
3.7	Qualität der Einbindung der Partikel (Besandungsmaterial) aus Tape-Test: Gewichtsverlust			< 1 %	< 1 %	x	-	x
3.8	Einbettungsgrad vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) ab 0,1 mm in das Beschichtungsmaterial			Bei mindestens 70 % der Körner jeder Klasse muss der Einbettungsgrad mindestens 50 % betragen	Bei mindestens 70 % der Körner jeder Klasse muss der Einbettungsgrad mindestens 50 % betragen	x	-	x

Tabelle 5 Fortsetzung

Nr.	Prüfgesichtspunkt, Kennwert		Stoff/Stoffkombi- nation/Teilbereich	Anforderung		Häufigkeit		
				Verwendbarkeits- prüfung (Mittel- wert)	WPK, FÜ zulässige Abwei- chung vom Sollwert bzw. von der Ver- wendbarkeitsprü- fung (Mittelwert)	WPK		FÜ
	1	2				3	4	5
6	7	8						
4	Enthftungsmaterial							
4.1	Breite		-	≥ 120 mm und ≤ 200 mm	-	-	-	-
5	Verbundkörper							
5.1	Appli- zier- barkeit	Fehler- länge, Fehler- längen- summe	gesamter Spritz- mörtel/ Spritz- beton-Querschnitt der Schnittflächen 2a und 2b in Bild 5	Fehlerlänge: ≤ halbe Maschen- weite oder 10 mm, wobei der kleinere Wert maßgebend ist; Fehlerlängen- summe: ≤ 5 % je Schnittlänge und Textillage	-	-	-	-
5.2	Haft- zugfes- tigkeit	mittlere Haft- zugfes- tigkeit	zwischen Ent- haftungsmaterial und Spritzmörtel/ Spritzbeton	$\beta_{\text{HZi},5} \leq 0,05 \text{ N/mm}^2$	-	-	-	-
5.3			zwischen Beton- untergrund und Spritzmörtel/ Spritzbeton	$\beta_{\text{HZi},1}$ bis $\beta_{\text{HZi},4}$: mindestens Haft- zugfestigkeiten nach /BAWEmpfehlung 2019/, Tab. 2, Zeile 5 bzw. Tab. 5, Zeile 6	-	-	-	-
5.4	Rissver- teilung	Riss- breite	Spritzmörtel/ Spritzbeton	Einzelwert $w_i < 0,10 \text{ mm}$; falls ein Einzelwert ≥ 0,10 mm ist, müssen alle ande- ren Breiten des betreffenden Riss- ses < 0,10 mm sein	-	-	-	-
5.5		Textil- span- nung	Roving	$\leq 1500 \text{ N/mm}^2$	-	-	-	-
5.6		Textil- deh- nung	Roving	< 10 ‰	-	-	-	-
5.7	Haft- zugfes- tigkeit nach Riss- aufwei- tung	mittlere Haft- zugfes- tigkeit	zwischen Betonun- tergrund und Spritzmörtel/ Spritzbeton	$\beta_{\text{HZi},6}$ bis $\beta_{\text{HZi},9}$: mindestens Haft- zugfestigkeiten nach /BAWEmpfehlung 2019/, 2017,Tab. 2, Zeile 5 bzw. Tab. 5, Zeile 6; kein Festigkeitsabfall gegenüber Zeile 5.4	-	-	-	-

6 Ausführung der Instandsetzungsmaßnahme

Die Ausführung von Instandsetzungsmaßnahmen mit Instandsetzungssystemen gemäß diesem Merkblatt muss auf Basis der /ZTV-W LB 219/, Abschnitte 1, 2 und 5, der dem Instandsetzungssystem zugehörigen Ausführungsanweisung sowie des vom Sachkundigen Planer erstellten Instandsetzungsplans inklusive Bewehrungsplan erfolgen.

Es dürfen nur Instandsetzungssysteme mit ihren Einzelkomponenten verwendet werden, welche in der Zusammenstellung der für den Wasserbau zugelassenen Stoffe, Einrichtungen und Verfahren (Zusammenstellungen Wasserbau) „Textilbewehrte Spritzmörtel/Spritzbetone“ geführt werden. Dies ist durch entsprechende Bescheinigungen (Lieferscheine etc.) zu belegen.

Die Applikation des Enthaftungsmaterials darf ausschließlich auf diejenigen Risse erfolgen, für die dies gemäß Instandsetzungsplan vorgesehen ist. Die Enthaftungsbereiche sind vor dem Aufbringen des Spritzmörtels/Spritzbetons zu kartieren. Bei zementösen Enthaftungsmaterialien ist darauf zu achten, dass deren Oberfläche zum Zeitpunkt des Auftragens des Spritzmörtels/Spritzbetons nicht feucht ist. Dies bedeutet, dass die Enthaftungstreifen entweder vor dem Vornässen des Untergrunds abgedeckt oder nach dem Vornässen des Untergrunds getrocknet werden müssen.

Die in Abschnitt 4.2.2 genannten Schichtdicken (30 bis 40 mm) dürfen um maximal 5 mm überschritten werden. Angaben zum Aufbau des Instandsetzungssystems sind Abschnitt 4.2.2 zu entnehmen. Abweichungen der einzelnen Textilagen um mehr als 5 mm von der vorgesehenen Lage sind nicht zulässig.

Im Bereich der Übergreifung der textilen Bewehrung dürfen nicht mehr als zwei Bewehrungslagen angeordnet werden.

Im Rahmen der Ausführung sind die Prüfungen gemäß Abschnitt 7.3 und 7.4 durchzuführen.

7 Qualitätssicherung

7.1 Nachweis der Verwendbarkeit

Im Rahmen des Nachweises der Verwendbarkeit sind die in Abschnitt 5 genannten Prüfungen an den Einzelkomponenten und am Instandsetzungssystem durchzuführen. Die Einhaltung der in Abschnitt 5.3 genannten Anforderungen ist nachzuweisen und zu dokumentieren.

Alle Prüfungen zum Nachweis der Verwendbarkeit sind durch eine dafür von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) anerkannte Prüfstelle zu führen. Der Nachweis der Verwendbarkeit des Spritzmörtels/Spritzbetons darf alternativ durch ein Gutachten des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) geführt werden, sofern die Einhaltung der Anforderungen gemäß Abschnitte 5.1.1 und 5.3 damit vollumfänglich nachgewiesen wird.

Die in Abschnitt 4.2.2 genannten Schichtdicken (30 bis 40 mm) dürfen um maximal 5 mm überschritten werden.

Aus der Charge der textilen Bewehrung, an der der Nachweis der Verwendbarkeit geführt wird, ist mindestens ein Musterstück mit einer Fläche von mindestens 10.000 mm² und mit Mindestabmessungen von 100 x 100 mm zu entnehmen und von der Prüfstelle aufzubewahren. Dieses Musterstück ist fotografisch zu dokumentieren.

Der Prüfbericht zum Nachweis der Verwendbarkeit muss folgende Angaben enthalten:

- Alle Einzelheiten, die zum Kennzeichen bzw. zum Nachweis der Verwendbarkeit für den Spritzmörtel/Spritzbeton für die in Abschnitt 5.1.1 genannten Expositionsclassen gemäß /BAWEmpfehlung 2019/ (alternativ: entsprechendes Gutachten des DIBt) dienen,
- Alle Einzelheiten, die zum Kennzeichnen (inklusive Bilddokumentation) bzw. zum Nachweis der Verwendbarkeit der textilen Bewehrung dienen (siehe Abschnitt 5.1.2),
- Alle Einzelheiten, die zum Kennzeichnen bzw. zum Nachweis der Verwendbarkeit des Enthaftungsmaterials dienen (siehe Abschnitt 5.1.3),
- Dokumentation der Eigenschaften (Zusammensetzung, Abmessungen, Frisch- und Festbetonkennwerte) des Grundkörperbetons (siehe Abschnitt 5.2.2),
- Vorbereitung des Grundkörperbetons und dessen Rautiefe,
- Verfahren zur Konditionierung des Grundkörpers vor der Prüfung und Umfang der Konditionierung,
- Verfahren zum Erzeugen des Risses im Grundkörperbeton,
- Vorgehen beim Aufbringen des Enthaftungsmaterials,
- Abmessungen (Breite und Schichtdicke) des Enthaftungsmaterials (siehe Abschnitt 5.2.3),
- Dokumentation des Arbeitsablaufs und Maschinentechnik bei der Spritzmörtel- bzw. Spritzbetonapplikation,
- Anzahl der Spritzmörtel-/Spritzbetonschichten und Schichtdicken,
- Aufbring- bzw. Einbauverfahren der textilen Bewehrung,
- Angabe der temperaturabhängigen Verarbeitungsdauer des Spritzmörtels/Spritzbetons,
- Dokumentation der Versuchsabläufe und Prüfbedingungen,
- Erfassung aller Versuchsdaten der Systemprüfung wie Fehlerlängensumme, Haftzugfestigkeit, Einzelrissbreiten des Instandsetzungssystems (gemäß Abschnitt 5.2.4.3.1), Rissaufweitung im Grundkörper, Rissbild, Last, Entnahme und Bruchstellen bei der Prüfung der Haftzugfestigkeit vor sowie nach Rissaufweitung und Probekörperbezeichnung,
- Jede Abweichung von den festgelegten Prüfverfahren,
- Prüfdaten,
- Tabellarische Dokumentation aller zur Beurteilung der Verwendbarkeit erforderlichen Versuchs- und Prüfergebnisse (siehe Abschnitt 5),
- Beschreibung des Arbeitsablaufs und der Maschinentechnik bei der Applikation des Instandsetzungssystems.

7.2 Übereinstimmung

Die Übereinstimmung des Spritzmörtels/Spritzbetons mit dem Spritzmörtel/Spritzbeton, der im Rahmen des Nachweises der Verwendbarkeit untersucht worden ist, muss gemäß /BAWEmpfehlung 2019/, Tabelle 3 (für Produkte nach Tabelle 1, Zeile 1) bzw. 6 (für Produkte nach Tabelle 1, Zeile 2), erfolgen. Der Nachweis der Übereinstimmung des Spritzmörtels/Spritzbetons darf alternativ durch ein Gutachten des DIBt geführt werden.

Die Übereinstimmung des Enthftungsmaterials mit dem Enthftungsmaterial, welches im Rahmen des Nachweises der Verwendbarkeit untersucht wurde, muss von dem entsprechenden Hersteller mittels Lieferschein bestätigt werden.

Die Übereinstimmung der textilen Bewehrung mit der im Rahmen des Nachweises der Verwendbarkeit verwendeten textilen Bewehrung muss durch eine Werkseigene Produktionskontrolle (WPK) und eine Fremdüberwachung (FÜ) gemäß /DIN 18200/ durch eine von der BAW hierfür anerkannte Stelle sichergestellt sein. Die Häufigkeit der durchzuführenden Prüfungen sowie die Anforderungen, die im Rahmen der WPK und der FÜ zu erfüllen sind, sind Tabelle 5 zu entnehmen.

7.3 Prüfungen im Rahmen der Ausführung

Hinsichtlich des Spritzmörtels/Spritzbetons ist entsprechend /ZTV-W LB 219/, Abschnitt 5.6.2, vorzugehen.

Hinsichtlich der textilen Bewehrung und des Enthftungsmaterials sind vom Auftragnehmer im Rahmen der Eigenüberwachung folgende Kontrollen durchzuführen:

- Das Enthftungsmaterial muss dem in der Ausführungsanweisung genannten Material entsprechen. Dies ist anhand eines Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 gemäß /DIN EN 10204/ nachzuweisen.
- Die ordnungsgemäße Lieferung der textilen Bewehrung ist anhand der Lieferscheine zu kontrollieren.
- Sofern eine Besandung der Textiloberfläche vorhanden ist, muss deren Qualität optisch anhand des entsprechenden Bildes in der Ausführungsanweisung überprüft werden. Dazu ist die Oberfläche zunächst unter leichtem Druck mit einer mittelharten Bürste auf einer Fläche von 100 x 100 (L x B) mm je 10 laufende Meter abzubürsten. Nach dem Abbürsten dürfen maximal 20 % weniger Sandkörner auf der Oberfläche vorhanden sein als auf dem Bild in der Ausführungsanweisung. Dies ist augenscheinlich festzustellen und fotografisch zu dokumentieren.
- Schichtdicke und Breite des Enthftungsmaterials sind je überbrücktem Riss zu kontrollieren. Die Schichtdicke eines vor Ort hergestellten Enthftungsmaterials muss mindestens der in der Ausführungsanweisung entsprechen. Die Breite des Enthftungsmaterials muss den Vorgaben des Abschnitts 4.2.2 entsprechen.

7.4 Überprüfung der ausgeführten Leistung

Die Überprüfung der ausgeführten Leistung ist vom Auftragnehmer gemäß /ZTV-W LB 219/, Abschnitt 5.6.3, durchzuführen und zu dokumentieren, wobei folgende Einschränkungen gelten.

Hinsichtlich Hohlstellen und Verbundfestigkeit sind Bereiche außerhalb der Enthftungszonen zu untersuchen, die nach der Fertigstellung der Maßnahme vom Auftraggeber festgelegt werden. Die Enthftungszonen sind vor dem Aufbringen des Spritzmörtels/Spritzbetons zu kartieren.

Entgegen der /ZTV-W LB 219/ ist an den Bohrkernen für die Verbundfestigkeitsprüfung zunächst die Höhenlage der textilen Bewehrung wie folgt zu bestimmen. Es ist an allen Bohrkernen die Schichtdicke des Instandsetzungssystems und die Lage der Bewehrung an einer Mantellinie zu bestimmen. Die Anforderungen im Abschnitt 6 müssen eingehalten sein. Für die Bestimmung der Trockenrohddichte ist aus allen Bohrkernen aus der Verbundfestigkeitsprüfung jeweils eine Scheibe ohne Textil zu entnehmen. Die Dicken der Scheiben d_{tr} müssen folgende Anforderung (siehe Gleichung (6)) erfüllen:

$$8 \text{ mm} \leq d_{tr} \leq 15 \text{ mm} \quad (6)$$

Anlagen

Anlage 1: Zusammenstellung von Dokumenten für die Aufnahme von für den Wasserbau zugelassenen Stoffen, Einrichtungen und Verfahren (Zusammenstellungen Wasserbau) „Textildbewehrte Spritzmörtel/Spritzbetone“

A 1.0 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten sind die erforderlichen Dokumente und die Vorgehensweise zur Aufnahme eines Instandsetzungssystems aus textildbewehrtem Spritzmörtel/Spritzbeton gemäß diesem Merkblatt in die Zusammenstellung Wasserbau „Textildbewehrte Spritzmörtel/Spritzbetone“ dargestellt.

A 1.1 Nachweis der Verwendbarkeit

Vorlage eines Prüfberichts durch eine von der BAW für die Durchführung des Nachweises der Verwendbarkeit anerkannten Prüfstelle, in dem die Einhaltung der Anforderungen gemäß Abschnitte 5 und 7 dokumentiert werden.

A 1.2 Prüfung der Angaben zur Ausführung

Vorlage von Angaben zur Ausführung durch den Hersteller unter Berücksichtigung der Vorgaben in Anlage 4. Die Angaben zur Ausführung müssen von der Prüfstelle, die den Nachweis der Verwendbarkeit für das Instandsetzungssystem geführt hat, auf Widerspruchsfreiheit zum Nachweis der Verwendbarkeit geprüft werden. Die Widerspruchsfreiheit ist durch die Prüfstelle zu bestätigen.

A 1.3 Nachweis der Übereinstimmung

Vorlage eines Überwachungsvertrages (ÜV) durch den Hersteller der textilen Bewehrung mit einer von der BAW anerkannten Überwachungsstelle.

Ein Nachweis der Übereinstimmung ist für den Spritzmörtel/Spritzbeton projektspezifisch (für jedes Einzelprojekt) gemäß /BAWEmpfehlung 2019/ zu führen. Alternativ kann ein DIBt-Gutachten vorgelegt werden.

A 1.4 Verwendbarkeitsbestätigung

Formale Bestätigung derjenigen Prüfstelle, welche den Nachweis der Verwendbarkeit durchgeführt hat, dass alle Anforderungen dieses Merkblatts im Hinblick auf Verwendbarkeit, Übereinstimmung und Ausführungsanweisung erfüllt sind.

A 1.5 Antrag auf Aufnahme in die Zusammenstellungen Wasserbau

Auf der Grundlage der Abschnitte A 1.1 bis A 1.4 kann die Aufnahme des Instandsetzungssystems in die Zusammenstellung der für den Wasserbau zugelassenen Stoffe, Einrichtungen und Verfahren (Zusammenstellungen Wasserbau) „Textilbewehrte Spritzmörtel/Spritzbetone“ bei der BAW formlos beantragt werden. Der Antrag kann vom Hersteller des Spritzmörtels/Spritzbetons, vom Hersteller der textilen Bewehrung, vom Hersteller des Enthäftungsmaterials, von einem Vertreter dieser Bauprodukte oder von der ausführenden Firma gestellt werden. Die Verwendbarkeitsbestätigung ist dem Antrag beizufügen.

A 1.6 Aufnahme in die Zusammenstellung der für den Wasserbau zugelassenen Stoffe, Einrichtungen und Verfahren (Zusammenstellungen Wasserbau)

Prüfung der Voraussetzung für die Aufnahme in die Zusammenstellungen Wasserbau durch die BAW auf Basis der Verwendbarkeitsbestätigung. Die Aufnahme ist auf fünf Jahre beschränkt. Eine Verlängerung kann nach erneuter Prüfung der Voraussetzungen erfolgen.

In den Zusammenstellungen Wasserbau werden u. a. die Expositionsklassen und die Belastungsszenarien zur flächigen Instandsetzung von Wasserbauwerken, für welche die Anforderungen erfüllt sind, dokumentiert.

Anlage 2: Prüfung der textilen Bewehrung

A 2.1 Bestimmung des Flächengewichts

(1) Die Bestimmung der flächenbezogenen Masse erfolgt in Anlehnung an /DIN EN 12127/ und wird an kleinen Proben aus getränkter textiler Bewehrung und ggf. oberflächenmodifizierter textiler Bewehrung durchgeführt. Das Ziel ist die Bestimmung der Masse eines textilen Flächengebildes bezogen auf eine bekannte Fläche in g/m^2 .

(2) Die textile Bewehrung muss sich vor der Prüfung in unbelastetem Zustand befinden und wird zu diesem Zweck vor der Prüfung mindestens 24 Stunden spannungsfrei und horizontal liegend bei einer Raumtemperatur von $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ gelagert.

(3) Die Probenahme erfolgt mittels einer Schneideeinrichtung. Es werden sechs Proben entnommen, deren Fläche aus einer Vielzahl von Maschenweiten und jeweils halben Maschenweiten an den Rändern besteht. Die Fläche beträgt mindestens 10.000 mm^2 . Dabei werden keine Stücke entnommen, die Anzeichen von transportbedingter Beschädigung oder Feuchteinfluss aufweisen. Die Proben müssen repräsentativ für die gesamte Liefercharge sein.

(4) Bei der Entnahme werden an jeder Probe drei Längen- und drei Breitenmessungen auf $0,1 \text{ mm}$ genau vorgenommen. Die Fläche des Zuschnitts wird anschließend aus den Mittelwerten der Länge und Breite berechnet und auf volle 1 mm^2 gerundet.

(5) Die Messproben werden auf 1 mg genau gewogen. Die flächenbezogene Masse M der einzelnen Proben wird nach Gleichung (7) berechnet:

$$M = \frac{m}{A} \quad (7)$$

(6) Aus den einzelnen Messungen ist der Mittelwert der flächenbezogenen Masse zu berechnen und in g/m^2 anzugeben. Anzugeben sind die Einzel- und Mittelwerte aller Messungen. Alle Ergebnisse sind auf drei Nachkommastellen zu runden.

(7) Die Prüfstücke sind für die Prüfungen gemäß Anlage 3 aufzubewahren.

(8) Werden die Anforderungen in Tabelle 5 nicht eingehalten, sind nach Rücksprache mit dem Textilhersteller sechs neue Stücke zu prüfen.

A 2.2 Rovingzugfestigkeit

(1) Der einaxiale Zugversuch zur Bestimmung der Zugfestigkeit, der Bruchdehnung und des E-Moduls wird in Anlehnung an /ISO 10406-1/ durchgeführt. Ein im Querschnitt ungeschwächter Roving wird in einer Zugprüfmaschine auf zentrischen Zug belastet. Zeitgleich wird die Verformung des Rovings gemessen.

(2) Aus einem getränktem und ggf. oberflächenmodifizierten biaxialen Textil sind Einzelrovings mit einer Länge von mindestens 350 mm herauszuschneiden. Die freie Prüflänge beträgt mindestens 150 mm . Eine Entnahme sowohl von Kett- als auch Schussrovings ist notwendig, um die Materialeigenschaften der textilen Bewehrung in beide Richtungen bestimmen zu können. Je Richtung (Kett- und Schussrichtung) sind zehn Einzelprüfungen durchzuführen.

(3) Die Erfassung der Verformung erfolgt mittels eines optischen Messsystems oder alternativ mit einem Extensometer.

(4) Die Querpressung bei der Verankerung der Rovings in der Zugprüfmaschine ist so zu minimieren, dass ein Versagen der Rovings im Bereich der Lasteinleitung ausgeschlossen wird bzw. falls dies auftritt, dieses Ergebnis nicht in die Bewertung einfließt. Um die Rovings ohne direkte Querpressung in der Zugprüfmaschine zu verankern, sind sie z. B. an beiden Enden zentrisch in Hülsen mit einem an den Rovingdurchmesser angepassten Innendurchmesser einzugießen. Die Höhe der Hülsen liegt zwischen 75 und 125 mm und ist von der Faserquerschnittsfläche abhängig. Zum kraftschlüssigen Verankern der Rovingenden ist ein geeignetes Material, z. B. Epoxidharz, zu verwenden. Geeignete Keilspannzeuge können ebenso verwendet werden.

(5) Die Prüfung erfolgt frühestens sieben Tage nach dem Vergießen der Stahlhülsen bei einer Temperatur von ca. 23 ± 2 °C. Der Versuch wird wegeregelt mit einer konstanten Geschwindigkeit der Traversenverschiebung von 2 mm/min durchgeführt. Für die Kompensation des Traversenspiels wird eine Vorkraft von ca. 2 % der maximalen Bruchkraft aufgebracht.

(6) Die im Verlauf des Versuchs gemessenen Kraft- und Verformungsgrößen sind aufzuzeichnen und im Prüfbericht anzugeben. Die weiteren Berechnungen sowie die Erstellung eines Spannungs-Dehnungs-Diagramms erfolgen mittels dieser Messgrößen sowie mit der ermittelten Faserquerschnittsfläche des Rovings A_R in mm² sowie der Ausgangslänge L_0 in mm.

(7) Zur Ermittlung der Rovingzugfestigkeit ist folgende Gleichung (8) zu verwenden:

$$\sigma_{R,max} = \frac{F_{R,max}}{A_R} \quad (8)$$

(8) Zur Ermittlung der Bruchdehnung des Rovings ist folgende Gleichung (9) zu verwenden:

$$\varepsilon_{R,max} = \frac{\Delta L}{l_0} \quad (9)$$

(9) Zur Ermittlung des E-Moduls ist folgende Gleichung (10) zu verwenden:

$$E_R = \frac{\Delta \sigma_R}{\Delta \varepsilon_R} \quad (10)$$

Der Elastizitätsmodul wird im linearen Bereich (zwischen 30 und 60 % der maximalen Bruchspannung) der Spannungs-Dehnungs-Linie bestimmt.

(10) Anzugeben sind die Einzel- und Mittelwerte aller Messungen. Alle Ergebnisse sind auf zwei wertanzeigende Ziffern (Ziffern größer als Null) anzugeben.

(11) Werden die Anforderungen in Tabelle 5 nicht eingehalten, sind nach Rücksprache mit dem Textilhersteller je Prüfrichtung 10 weitere Prüfungen durchzuführen.

Anlage 3: Prüfung der modifizierten Oberfläche der textilen Bewehrung

Die folgenden Prüfungen werden an den für die Bestimmung des Flächengewichts (Anlage 2, A 2.1) verwendeten Proben aus ggf. oberflächenmodifizierter textiler Bewehrung durchgeführt.

A 3.1 Anteil vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) auf der Textiloberfläche

(1) Die Ermittlung des Anteils vorhandener Partikel auf der Textiloberfläche erfolgt mittels Mikroskop oder Digitalkamera. Bei der Verwendung einer Digitalkamera sollte die Auflösung des Messbereichs mind. 1500 x 1500 Pixel betragen.

(2) Je Probe (Probe-Nr. 1 bis 3 aus der Prüfung in A 2.1) werden drei Rovingflächen A_{Ges} aus einem Bereich 8 x 8 (L x B) mm mit einem mittig liegenden Kreuzungspunkt der Rovings ausgemessen. Die Größe der besandeten Flächen A_{Bes} ist augenscheinlich auf 10 % genau bezogen auf A_{Ges} abzuschätzen.

(3) Die Einzelwerte aller Flächen A_{Ges} werden in mm auf zwei Wert anzeigende Ziffern (Ziffern größer als Null) angegeben. Die Einzelwerte der besandeten Flächen A_{Bes} werden auf 10 % genau und deren Mittelwert auf 1 % genau angegeben.

A 3.2 Größe vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) im Beschichtungsmaterial

(1) Die Prüfung wird ab einer Partikelgröße $\geq 0,5$ mm durchgeführt.

(2) Der Äquivalentdurchmesser wird mittels Mikroskop oder Digitalkamera bestimmt. Bei der Verwendung einer Digitalkamera sollte die Auflösung des Messbereichs mind. 1500 x 1500 Pixel betragen.

(3) Je Probe (Probe-Nr. 1 bis 3 aus der Prüfung in A 2.1) werden drei Messstellen betrachtet. Innerhalb der zu betrachtenden quadratischen Fläche werden die Äquivalentdurchmesser aller Körner bestimmt. Die Flächen haben ihren Mittelpunkt in den Kreuzungspunkten und eine Seitenlänge von ca. 4 mm.

(4) In Abhängigkeit vom Kleinst- und Größtkorn sind mindestens 4 Kornklassen mit gleicher Spannweite zu bilden. Die Untergrenze der niedrigsten Kornklasse ist das planmäßige Kleinstkorn oder 0,5 mm, wobei der größere Wert gilt. Die Untergrenze der höchsten Kornklasse ist das planmäßige Größtkorn.

BEISPIEL: Bei einem planmäßigen Kleinstkorn von 0,3 mm und einem planmäßigen Größtkorn von 0,8 mm (Angaben vom Textilhersteller siehe Abschnitt 5.1.2) können 4 Kornklassen mit einer Spannweite von 0,09 mm gebildet werden (0,50-0,59; 0,60-0,69; 0,70-0,79; 0,80-0,89).

(5) Anzugeben sind die Einzelwerte aller Äquivalentdurchmesser in mm auf zwei Dezimalstellen genau und die Anzahl der Körner pro Kornklasse.

A 3.3 Qualität der Einbindung der Partikel (Besandungsmaterial) – Tape-Test

(1) Der Tape-Test dient der Beurteilung des mechanischen Widerstands des Verbundes zwischen den Partikeln (Besandungsmaterial) und dem beschichteten Textil.

(2) Für die Prüfung werden eine Waage, eine Pappe (mind. 140 x 140 mm) sowie vier 120 mm lange Klebestreifen mit einer Klebkraft von 10 ± 1 N benötigt.

- (3) Die drei Proben (Probe-Nr. 1 bis 3 aus der Prüfung in A 2.1) sind unmittelbar vor der Prüfung zu wiegen.
- (4) Auf insgesamt vier Prüfstellen sind die vorbereiteten Klebestreifen aufzukleben, sodass ein einseitiger Überstand von 20 mm entsteht. Anschließend werden die Klebestreifen mithilfe einer weichen Rolle vorsichtig an die Probe gedrückt. Ein vorzeitiges Herausbrechen der Besandung ist zu vermeiden. Zwei Prüfstellen sind in Schussrichtung auf der Vorderseite und zwei in Kettrichtung auf der Rückseite auszuwählen.
- (5) Die Klebestreifen sind nach rd. 5 min nach dem Aufbringen gleichmäßig innerhalb von 0,5 s bis 1 s in einem Winkel von ca. 60° von der Probe abzuziehen und auf die zugeschnittene Pappe zu kleben. Die Pappe wird inklusive der Klebestreifen aufbewahrt und kann später als Nachweis verwendet werden.
- (6) Im Anschluss wird die Probe erneut gewogen und der Gewichtsverlust durch das Herauslösen der Besandung ermittelt. Der Gewichtsverlust jeder Probe und des Mittelwertes aller Proben ist auf drei Dezimalen genau in g anzugeben.

A 3.4 Einbettungsgrad vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) im Beschichtungsmaterial

- (1) Mit dieser Prüfung werden Partikel $\geq 0,1$ mm erfasst.
- (2) Für die Auswertung werden Fotos vorzugsweise mittels Lichtmikroskop oder Digitalkamera angefertigt. Bei der Verwendung einer Digitalkamera sollte die Auflösung des Messbereichs mind. 1500 x 1500 Pixel betragen.
- (3) Je Probe (Probe-Nr. 4-6 aus der Prüfung in A 2.1) wird ein Rovingabschnitt in pigmentiertes Epoxidharz eingebettet. Je Rovingabschnitt wird ein Querschnitt untersucht. In diesem Querschnitt werden der Äquivalentdurchmesser und der Einbettungsgrad aller eingebetteten Partikel abgeschätzt.
- (4) In Abhängigkeit vom Kleinst- und Größtkorn sind mindestens 3 Kornklassen mit gleicher Spannweite zu bilden. Die Untergrenze der niedrigsten Kornklasse ist das planmäßige Kleinstkorn oder 0,1 mm, wobei der größere Wert gilt. Die Obergrenze der höchsten Kornklasse ist das planmäßige Größtkorn.
- BEISPIEL: Bei einem planmäßigen Kleinstkorn von 0,3 mm und einem planmäßigen Größtkorn von 0,8 mm (Angaben vom Textilversteller siehe Abschnitt 5.1.2) können 3 Kornklassen mit einer Spannweite von 0,16 mm gebildet werden (0,30-0,46; 0,47-0,63; 0,64-0,80).
- (5) Der Äquivalentdurchmesser jedes Kornes ist einer Kornklasse zuzuordnen, um den Einbettungsgrad dieses Kornes einer Kornklasse einordnen zu können. Die Fotos der Querschnitte sind im Prüfbericht zu dokumentieren. Der Startpunkt der Zuordnung und die Richtung der Vorgehensweise sind auf dem Foto zu markieren.
- (6) Der Einbettungsgrad T_E wird augenscheinlich auf 10 % genau abgeschätzt (siehe Bild 9).

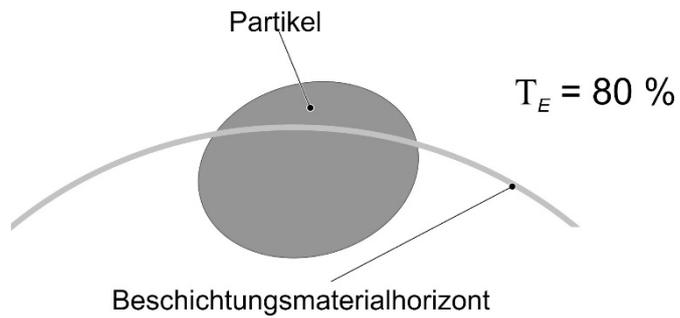


Bild 9: Beispiel zur Abschätzung des Einbettungsgrades

(7) Anzugeben sind die Einzelwerte der Einbettungsgrade aller Körner und deren Anteil mit einem Einbettungsgrad $\geq 50 \%$ je Kornklasse in % auf zwei Wert anzeigende Ziffern (Ziffern größer als Null) genau.

Anlage 4: Ausführungsanweisung, Vorlage

Komponenten des Instandsetzungssystems	
Hersteller des Spritzmörtels/Spritzbetons	
Hersteller des Enthftungsmaterials	
Hersteller der textilen Bewehrung	
Verwendbarkeitsnachweis	

1 Anwendungsbereich

--

2 Komponenten des Instandsetzungssystems

2.1 Produktname	Stoffart	Lieferform	Lagerdauer	Lagerbedingungen
2.2 Sicherheit / Ökologie / Arbeitsschutz				
2.2.1 Spritzmörtel/Spritzbeton	siehe Sicherheitsdatenblatt			
2.2.2 Enthftungsmaterial	siehe Sicherheitsdatenblatt			
2.2.3 Textile Bewehrung	siehe Sicherheitsdatenblatt			
2.3 Entsorgung				
2.3.1 Spritzmörtel/Spritzbeton				
2.3.2 Enthftungsmaterial				
2.3.3 Textile Bewehrung				

3 Ausführung

3.1 Vorbereitung der Unterlage										
Gemäß /ZTV-W LB 219/ (in Abhängigkeit vom Betonuntergrund)						Zusatzanforderungen:				
3.2 Verarbeitung der Komponenten des Instandsetzungssystems										
Komponente	Verbrauch	Temperatur der Stoffe, Unterlage, Luft min./ max.	Rel. Luftfeuchte min./ max.	Zusammensetzung (Mischungsverhältnis)	Mischen (Art und Dauer)	Aufbring-/ Einbauverfahren	Schichtdicken min./ max.; einlagig, mehrlagig	Verarbeitbarkeitsdauer bei 5/20/30 °C	Wartezeit bis zum Aufbringen der nächsten Lage/ Schicht bei 5/20/ 30 °C	Nachbehandlung Art/ Dauer
[-]	[kg/m²]	[°C]	[%]	[M. %]	[-] bzw. [min]	[-]	[mm]	[min]	[h]	[-] bzw. [d]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3.2.1 Enthäftungsmaterial										
3.2.2 Spritzmörtel/Spritzbeton										
3.2.3 Textile Bewehrung	-			-	-		-	-	-	-

Fortsetzung Tabelle

3.3 Beschreibung der Spritzanlagen	
3.3.1	Maschinentyp
3.3.2	Kompressor
3.3.3	Art, Form und Durchmesser der Düse
3.3.4	Art, Länge und Durchmesser der Förderleitung
3.3.5	Zugehöriges Mischaggregat (Nassspritzmörtel/Nassspritzbeton)
3.3.6	Fördermenge
3.3.7	Förderdruck
3.3.8	Regeldüsenabstand
3.3.9	Wasserdruckpumpe

4 Kennwerte des Spritzmörtels/Spritzbetons

4.1 Ausgangsstoffe		
4.1.1 Kornzusammensetzung (Durchgang durch Sieb mit der dem Größtkorn entsprechenden Lochweite in M.-%)	Korngröße	
	0,063 mm	
	0,125 mm	
	0,25 mm	
	0,5 mm	
	1,0 mm	
	2,0 mm	
	4,0 mm	
	6,0 mm	
4.2 Gespritzte Proben		
4.2.1 Frischmörtelrohichte bzw. Frischbetonrohichte bei 20 °C [kg/dm ³]		
4.2.2 Biegezugfestigkeit 2, 7, 28, 90 d, Lag. B [N/mm ²] Biegezugfestigkeit 90 d, Lag. A [N/mm ²]		
4.2.3 Druckfestigkeit 2, 7, 28, 90 d, Lag. B [N/mm ²] Druckfestigkeit 90 d, Lag. A [N/mm ²]		
4.2.4 Schwinden, 28 d [‰] Schwinden, 90 d [‰]		

Fortsetzung Tabelle

4.2.5	Behindertes Schwinden 90 d [mm]	
4.2.6	Trockenrohdichte* (Prismen) 28 d Mittelwert [kg/dm ³]	
4.2.7	Statischer E-Modul 28 d [kN/mm ²]	
4.2.8	Kapillare Wasseraufnahme* (Bohrkerne) 24 h [kg/(m ² h ^{0.5})]	
4.2.9	Haftzugfestigkeit 28 d, Lag. B [N/mm ²] und Rissbreite [mm] Haftzugfestigkeit 90 d, Lag. A [N/mm ²] und Rissbreite [mm]	
4.2.10	Carbonatisierungstiefe*, 90 d [mm] oder Carbonatisierungstiefe, 140 d [mm]	
4.2.11	Dauerhaftigkeit bei Wasserwechselbeanspruchung*, 90 d [N/mm ² / N/mm ²]	
4.2.12	Beständigkeit in Calciumhydroxidlösung*, 56 d [N/mm ² / N/mm ²] Beständigkeit in Calciumhydroxidlösung*, 90 d [N/mm ² / N/mm ²]	
4.2.13	Temperaturwechselverträglichkeit Teil 1*: Frost/Tausalzbeanspruchung 16 d Prüfung 20 Zyklen, [N/mm ²] und [mm]	
4.2.14	Temperaturwechselverträglichkeit Teil 2*: Gewitterregenbeanspruchung 10 Zyklen, [N/mm ²] und [mm]	

* ist nicht erforderlich bei Spritzmörtel/Spritzbeton auf Basis von /DIN EN 14487-1/, /DIN 18551/, /DIN EN 14487-2/

5 Kennwerte des Enthftungsmaterials

5.1 Ausgangsstoffe		
5.1.1 Kornzusammensetzung (Durchgang durch Sieb mit der dem Größtkorn entsprechenden Lochweite in M.-%)	Korngröße	
	0,063 mm	
	0,125 mm	
	0,25 mm	
	0,5 mm	
5.2 Geometrie (Endzustand)		
5.2.1 Breite [mm]		
5.2.2 Mindestschichtdicke [mm]		
5.3 Mechanische Kennwerte (Endzustand)		
5.3.1 Mittlere Haftzugfestigkeit [N/mm ²]	Zwischen Betonuntergrund und Enthftungsmaterial	
	Zwischen Enthftungsmaterial und Spritzmörtel/Spritzbeton	

6 Kennwerte der textilen Bewehrung

6.1 Geometrie / Charakterisierung der oberflächenmodifizierten textilen Bewehrung		
6.1.1	Maschenform	
6.1.2	Maschenweite [mm]	
6.1.3	Lichtes Maß zwischen zwei Rovings [mm]	
6.1.4	Flächengewicht [g/m ²]	
6.1.5	Bild der oberflächenmodifizierten textilen Bewehrung Abmessungen der Probe: 100 x 100 mm Digitalkamera mit einer Auflösung von mindestens 1500 x 1500 Pixeln	
6.1.6	Anteil vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) auf der Oberfläche [%]	
6.1.7	Größe vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) [mm]	
6.1.8	Qualität der Einbindung der Partikel (Besandungsmaterial) aus Tape-Test [%]	
6.1.9	Einbettungsgrad vorhandener Partikel (Besandungsmaterial) in das Beschichtungsmaterial [%]	
6.2 Mechanische Kennwerte		
6.2.1	Zugfestigkeit [N/mm ²]	Kettrichtung
		Schussrichtung
6.2.2	Bruchdehnung [‰]	Kettrichtung
		Schussrichtung

7 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung

7.1 Spritzmörtel/Spritzbeton	
7.1.1 Herstellung	
7.1.2 Verpackung, Transport, Lagerung	
7.1.3 Kennzeichnung Folgende Angaben müssen enthalten sein:	<ul style="list-style-type: none"> - Produktname - Chargennummer - Herstellungsdatum und Haltbarkeitsdatum oder Verfallsdatum - Verwendungsbereich - Hinweise auf die zugehörige Verarbeitungsvorschrift - Klasse des Brandverhaltens
7.2 Enthftungsmaterial	
7.2.1 Herstellung	
7.2.2 Verpackung, Transport, Lagerung	
7.2.3 Kennzeichnung Folgende Angaben müssen enthalten sein:	<ul style="list-style-type: none"> - Produktname - Chargennummer - Herstellungsdatum und Haltbarkeitsdatum oder Verfallsdatum - Verwendungsbereich - Hinweise auf die zugehörige Verarbeitungsvorschrift - Klasse des Brandverhaltens

Fortsetzung Tabelle

7.3 Textile Bewehrung	
7.3.1	Herstellung
7.3.2	Verpackung, Transport, Lagerung
7.3.3	Kennzeichnung
	Folgende Angaben müssen enthalten sein:

Beschädigte Textildbewehrungsmatten dürfen nicht verwendet werden. Sie sind auszusortieren und als schadhafte zu kennzeichnen.

Beim Transport und der Lagerung muss die textile Bewehrung vor Beschädigung durch Witterung (Regenwasser/Kondensationsfeuchte), Verschmutzung und UV-Strahlung geschützt werden.

Die textile Bewehrung ist trocken oder abgedeckt bei Temperaturen zwischen -20 °C und 40 °C ohne direkte Sonneneinstrahlung zu lagern.

Jede textile Bewehrung muss im Abstand von 1 m mit einer witterungsbeständigen und gegen mechanische Verletzungen unempfindliche Beschriftung folgendermaßen gekennzeichnet sein:

- Produktname
- Feinheit bzw. Faserquerschnittsfläche
- Herstellwerk
- Produktions- und Chargennummer
- Herstellungsdatum, Lieferdatum und Haltbarkeitsdatum oder Verfallsdatum
- Verwendungsbereich
- Auftragsnummer und Empfänger
- Nennquerschnitt und Nenndurchmesser
- Klasse des Brandverhaltens

Der Lieferschein muss die gleichen Angaben enthalten wie die o. g. Beschriftung der textilen Bewehrung.