

# Schutz und Instandsetzung von Beton

## - Betonbeschichtungen -

### INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>1. Allgemeines</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 Verwendung und Geltungsbereich</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Grundlagen und Grundsätze</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Abkürzungen</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Begriffsbestimmungen</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5 Ansprechpartner</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Technische Regeln</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Beton als Werkstoff</b> .....	<b>6</b>
2.1.1 Allgemeine Grundlagen .....	6
2.1.2 Spezielle Anforderungen an Beton für Bauwerke in abwassertechnischen Anlagen.....	6
2.1.2.1 Kläranlagen .....	6
2.1.2.2 Abwasserleitungen.....	9
<b>2.2 Betonschäden - Ursachen, Schadensbilder, Bedeutung</b> .....	<b>10</b>
2.2.1 Risse .....	10
2.2.2 Korrosion des Betons .....	10
2.2.3 Korrosion der Bewehrung.....	12
<b>2.3 Korrosionsbelastung des Betons in Abwasseranlagen</b> .....	<b>13</b>
2.3.1 Beanspruchung durch Abwasser und Schlammwasser .....	13
2.3.2 Beanspruchung in der Atmosphäre geschlossener Anlagen .....	14
2.3.3 Beanspruchung durch aggressives Grundwasser und Böden .....	17
<b>2.4 Vorbeugender Betonschutz</b> .....	<b>17</b>
2.4.1 Konstruktive Schutzmaßnahmen .....	17
2.4.2 Schutz von Betonbauteilen in Kläranlagen .....	18
2.4.2.1 Organische Beschichtungen.....	18
2.4.2.2 Mineralische Beschichtungen.....	18
2.4.2.3 Auskleidungen und kombinierte Beläge.....	19
2.4.3 Schutz von Betonbauteilen in Abwasserleitungen.....	19
2.4.3.1 Organische Beschichtungen.....	19
2.4.3.2 Mineralische Beschichtungen .....	19
2.4.3.3 Auskleidungen und Verbundrohre .....	19
2.4.4 Schutz der Bewehrung in Stahlbeton .....	20
<b>2.5 Sanierung/Instandsetzung von Betonbauteilen</b> .....	<b>20</b>
2.5.1 Planung, vorbereitende Maßnahmen, Betonuntergrund, Oberflächenvorbereitung, Witterung .....	20
2.5.2 Sanierung/Instandsetzung von Betonbauteilen in Kläranlagen.....	23
2.5.2.1 Füllen von Rissen und Hohlräumen.....	23
2.5.2.2 Ausfüllen örtlicher Fehlstellen mit mineralischen Systemen, Instandsetzung der Bewehrung.....	23
2.5.2.3 Großflächiges Auftragen mineralischer Systeme.....	27

Stadtentwässerung Dresden	<b>Technische Richtlinien</b>	Fassung v. 01.03.2005 Ersetzt:	<b>Nr.: 1.5.</b>
------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	------------------

2.5.2.4 Hydrophobierung, Imprägnierung und organische Beschichtung.....	27
2.5.2.5 Auskleidungen.....	28
2.5.3 Sanierung/Instandsetzung von Betonbauteilen in Abwasserleitungen .....	28
2.5.3.1 Füllen von Rissen und Abdichtung örtlich begrenzter Fehlstellen.....	28
2.5.3.2 Sanierung mittels Beschichtungsverfahren (mineralische Systeme).....	28
2.5.3.3 Sanierung mittels Reliningverfahren oder Auskleidungen.....	29
<b>2.6 Überwachung und Abnahme von Schutz- und Instandsetzungsarbeiten.....</b>	<b>29</b>
2.6.1 Qualitätsanforderungen an Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen.....	29
2.6.2 Überwachung der Ausführung, Prüfverfahren und Abnahme der Arbeiten.....	29
2.6.3 Inbetriebnahme von Bauwerken nach Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen.....	30
<b>Anlagen .....</b>	<b>31</b>
Anlage A: Gesamtablauf einer Sanierungs-/Instandsetzungsmaßnahme (Kurzüberblick).....	31
Anlage B: Allgemeine Vorgaben für Ausschreibungen und Checklisten zur Kontrolle der Ausführung.....	37
Anlage C: Hersteller von Schutz- und Instandsetzungssystemen (Bundesanstalt für Straßenwesen).....	48
Anlage D: Von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) geprüfte und empfohlene Systeme .....	56

## **1. Allgemeines**

### **1.1 Verwendung und Geltungsbereich**

Betonbauwerke in Kläranlagen und im Abwasserkanalisationsnetz sind verschiedensten Beanspruchungen ausgesetzt. Fehler bei der Planung oder Bauausführung, mangelhafte Wartung oder längerfristige Überbeanspruchung führen oft zu Schäden mit unterschiedlichen Schadensbildern. Gegenstand der vorliegenden technischen Richtlinie sind Betonschäden infolge Korrosion von Beton und Bewehrung sowie Rissbildung, deren Vermeidung und Behebung. Das Ziel dieser TR ist die fachlich fundierte zusammenfassende Darstellung der allgemein anerkannten Regeln der Technik bezüglich des Korrosionsschutzes und der Sanierung/Instandsetzung von Betonbauteilen in abwassertechnischen Anlagen. Die hier genannten Maßnahmen und Verfahren dienen jedoch ausdrücklich nicht zur Ergänzung oder Wiederherstellung, sondern zur Erhaltung der Standsicherheit bzw. Tragfähigkeit von Bauteilen und Bauwerken. Der Geltungsbereich dieser TR erstreckt sich nicht auf den bauaufsichtlich geregelten Bereich.

In Deutschland existiert derzeit noch kein vollständiges Regelwerk zur Vermeidung von Korrosionsschäden in abwassertechnischen Anlagen, speziell auch nicht für den Teilbereich Schutz/Instandsetzung von Beton. Daher wurden übertragbare technische Empfehlungen und Hinweise aus verschiedenen aktuellen Normen und Richtlinien in übersichtlicher Form zusammengefasst und gemeinsam mit den wichtigsten bewährten Verfahren und Systemen in der vorliegenden TR erläutert.

Diese TR soll Mitarbeitern der Stadtentwässerung Dresden als einheitliche Unterlage zur Vermeidung, Feststellung und Einschätzung von Betonschäden dienen und ist als Hilfsmittel zur Vorbereitung von Ausschreibungen und zur Kontrolle/Abnahme von Beschichtungsarbeiten auf Beton geeignet.

### **1.2 Grundlagen und Grundsätze**

Im Rahmen dieser Richtlinie sind folgende Normen und Regelwerke von besonderer Bedeutung (Auszug):

- Abwassertechnische Vereinigung e.V., jetzt DWA : ATV-Regelwerk Abwasser - Abfall, Merkblatt ATV-M 168 „Korrosion von Abwasseranlagen“, Juli 1998
- DIN 1045: „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton“, Ausgabe Juli 2001, daraus:
  - Teil 1: Bemessung und Konstruktion
  - Teil 2: Beton-Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 (die DIN EN 206-1: „Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ und die DIN 1045-2 sind zusammengefasst im DIN Fachbericht 100, Beton)
  - Teil 3: Bauausführung

Stadtentwässerung Dresden	<b>Technische Richtlinien</b>	Fassung v. 01.03.2005 Ersetzt:	Nr.: <b>1.5.</b>
------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	------------------

Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und Überwachung von Fertigteilen

- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Ausgabe Oktober 2001, daraus:

Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze

Teil 2: Bauprodukte und Anwendung

Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung

Teil 4: Prüfverfahren

- DIN EN 12 255-1: „Kläranlagen - Teil 1: Allgemeine Baugrundsätze“, Ausg. April 2002 und DIN 19 569-2: „Kläranlagen - Baugrundsätze für Bauwerke und technische Ausrüstungen“, Teil 2, Ausg. Dezember 2002 ersetzen gemeinsam die ehemalige DIN 19 569-1

- DIN 28052: „Chemischer Apparatebau - Oberflächenschutz mit nichtmetallischen Werkstoffen für Bauteile aus Beton in verfahrenstechnischen Anlagen“, daraus:

Teil 1: Begriffe, Auswahlkriterien, Ausgabe Juli 2001

Teil 2: Anforderungen an den Untergrund, Ausgabe August 1993

Teil 3: Beschichtungen mit organischen Bindemitteln, Ausgabe Dezember 1994

Teil 4: Auskleidungen, Ausgabe Dezember 1995

Teil 5: Kombinierte Beläge, Ausgabe April 1997

Teil 6: Eignungsnachweis und Prüfungen, Ausgabe August 2001

- ZTV-ING: „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“, Teil 3: „Massivbau“, Abschnitt 4: „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Abschnitt 5: „Füllen von Rissen und Hohlräumen in Betonbauteilen“, Bundesanstalt für Straßenwesen, Entwurfsfassung Juli 2001

- ZTV-RISS 93: „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonbauteilen“, Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau, 1993

- ZTV-SIB 90: „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau, 1990

- DIN 18349, Ausgabe 2002-12: „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Betonerhaltungsarbeiten“

- DIN 18314, Ausgabe 2002-12: „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Spritzbetonarbeiten“

- DIN 18551, Ausgabe 1992-03: „Spritzbeton; Herstellung und Güteüberwachung“

- DIN EN 12696, Ausgabe 2000-06: „Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton“

- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Richtlinie für die Ausbesserung und Verstärkung von Betonbauteilen mit Spritzbeton“, Ausgabe 1984

- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“, Ausgabe Februar 1984

Folgende zusätzliche Literaturquellen wurden zur Erarbeitung dieser Richtlinie herangezogen:

- E. Bayer et.al.: „Betonbauwerke in Abwasseranlagen“, Schriftenreihe der Bauberatung Zement, Hrsg. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Beton-Verlag GmbH Düsseldorf, 3. überarbeitete Auflage 1995

- Deutsche Bauchemie e.V., Sachstandsbericht: „Anwendungen von mineralischen Systemen in abwassertechnischen Anlagen“, Nov. 1997

- Verband Berliner Wohnungsbaugenossenschaften und -gesellschaften e.V.: „Betonkorrosion im Hochbau“, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1986

Stadtentwässerung Dresden	<b>Technische Richtlinien</b>	Fassung v. 01.03.2005 Ersetzt:	Nr.: <b>1.5.</b>
------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	------------------

- K. Ebeling et. al.: „Beton - Herstellung nach Norm: die neue Normengeneration“, Schriftenreihe der Bauberatung Zement, Hrsg.: Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Köln, 15. überarbeitete Auflage, Verlag Bau + Technik, Düsseldorf, 2003

- Institut für Korrosionsschutz Dresden: „Vorlesungen über Korrosion und Korrosionsschutz von Werkstoffen“, TAW-Verlag, Wuppertal, 1996

### **1.3 Abkürzungen**

<b>ATV</b>	Abwassertechnische Vereinigung e.V., jetzt <b>DWA</b> – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
<b>BSK</b>	Biogene Schwefelsäure-Korrosion
<b>DAfStb-RiLi</b>	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Instandsetzungs-Richtlinie
<b>MIC</b>	Mikrobiell induzierte Korrosion
<b>OS</b>	Oberflächenschutzsystem gemäß DAfStb-RiLi
<b>PC</b>	Polymer Concrete (Mörtel/Beton aus Zuschlagsstoffen und Reaktionsharzen als Bindemittel)
<b>PCC</b>	Polymer Cement Concrete (Zementmörtel/Beton mit Kunststoffzusatz, Bindemittel: Zement)
<b>SPCC</b>	Sprayable Polymer Cement Concrete (Spritzbarer kunststoffmodifizierter Zementmörtel)

### **1.4 Begriffsbestimmungen**

#### **Biogene Schwefelsäure-Korrosion (BSK):**

Lösender, sehr starker Säureangriff auf den Beton durch mikrobielle Umsetzung von Sulfaten und Schwefelverbindungen zu Sulfiden unter anaeroben Abwasserbedingungen sowie nachfolgende mikrobielle Oxidation von ausgegastem H<sub>2</sub>S zu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in Biofilmen auf der Betonoberfläche des Gasraums geschlossener Abwasseranlagen

#### **Hydrophobierungen:**

Behandlung des Betons zur Herstellung einer wasserabweisenden Oberfläche; Hydrophobierungen behindern (zeitlich begrenzt) das kapillare Einsaugen von Wasser inkl. der darin gelösten Beton-Schadstoffe; die Poren und Kapillaren des Betons sind nicht gefüllt, sondern nur ausgekleidet (kein durchgängiger Film), die Betonoberfläche wird optisch nicht verändert

#### **Imprägnierungen (Grundierungen):**

Versiegelnde Behandlung des Betons zur Reduzierung der Porosität der Oberfläche; damit Reduzierung des Eindringens flüssiger oder gasförmiger Stoffe in den Beton (Carbonatisierung, chemischer Angriff); kann auch als Grundierung dienen (haftvermittelnde Wirkung für weitere Beschichtung); die Poren und Kapillaren sind weitgehend gefüllt, auf der Betonoberfläche entsteht ein dünner Film

#### **Injektion:**

Methode zum Füllen von Rissen und Hohlräumen unter Druck über sogenannte Packer

#### **Instandsetzung:**

Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes bei örtlich begrenzten Schäden (Reparatur)

#### **Kunststoffmodifizierter Mörtel/Beton (PCC):**

Mörtel oder Beton mit Zement als Bindemittel, dem zur Beeinflussung der Frisch- und Festeigenschaften organische Stoffe wie Kunststoffdispersionen, wasserdispersierbare Kunststoffpulver oder wasseremulgierbare Reaktionsharze bis zu 5 % seiner Gesamttrockenmasse zugesetzt werden

**Mineralische Beschichtungen:**

Hauptsächlich anorganische Beschichtungen zum Schutz oder zur Sanierung/Instandsetzung von Beton, bestehend aus Mörtel oder Beton mit Zement als Bindemittel, dem ggf. zur Beeinflussung der Frisch- und Festeigenschaften organische Stoffe zugesetzt sind (siehe Kunststoffmodifizierter Mörtel/Beton)

**Organische Beschichtungen:**

Beschichtungen, die im wesentlichen aus organischen Bindemitteln, Pigmenten und Füllstoffen bestehen; Sie bilden eine dickere geschlossene Schutzschicht auf der Betonoberfläche; Beschichtungen verhindern das Eindringen flüssiger Stoffe und vermindern das Eindringen von Gasen (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>...) in den Beton, sie schützen die Betonoberfläche vor mechanischen und chemischen Beanspruchungen und dienen zur Überbrückung und damit Abdichtung von Rissen an der Oberfläche

**Sanierung:**

Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes unter Erhaltung der Grundsubstanz, die sich auf das gesamte Bauteil beziehen (Renovation)

**Tränken:**

Methode zum Füllen von Rissen und Hohlräumen ohne Druck

**1.5 Ansprechpartner**

Ansprechpartner zu Fragen dieser TR ist Herr Dr. Fritzsche, TB 24.

## **2. Technische Regeln**

### **2.1 Beton als Werkstoff**

#### **2.1.1 Allgemeine Grundlagen**

Beton ist ein Gemisch aus Bindemittel (Zement), Zuschlagsstoffen (z.B. Sand, Kies) und Wasser. Für die Herstellung von Normbeton nach DIN 1045 / DIN EN 206-1 wird in der Regel Normzement nach DIN EN 197-1 und DIN 1164 verwendet. Zement ist prinzipiell ein Drei- bzw. Vierstoffsystem, bestehend aus:

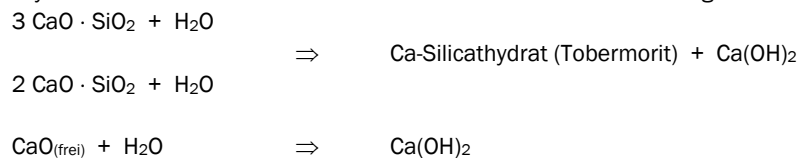
- Calciumoxid CaO
- Siliciumdioxid SiO<sub>2</sub>
- Aluminiumoxid Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- (ggf. Eisenoxid Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und/oder Magnesia MgO).

Zement ist ein feingemahlendes hydraulisches Bindemittel, d.h. es härtet mit Wasser selbständig aus (bindet ab). Ausgangsstoffe für Zement sind im wesentlichen Kalk und Ton, die im Verhältnis 3 : 1 gemischt und bei 1450 °C gebrannt (gesintert) werden. Es entsteht dabei der so genannte Portlandzementklinker, der der Hauptbestandteil aller Zemente ist. Er wird anschließend gemahlen und mit einem geringen Gipszusatz versehen. Der Portlandzementklinker enthält mehrere Phasen mit unterschiedlichen anwendungstechnischen Eigenschaften. Am wichtigsten sind dabei die Calciumsilikate und -aluminat.

Die chemischen Verbindungen des gebrannten Zements (Portlandzementklinkers) liegen in der wasserfreien Anhydridform ohne Kristallwasser vor.

Bei der Aushärtung des Zementes mit Wasser hydratisieren diese Verbindungen, d.h. das Wasser wird chemisch in die Kristallstruktur der Ca-Silikate und Ca-Aluminat eingebaut (als Kristallwasser gebunden). Es entstehen Ca-Silikathydrate und Ca-Aluminathydrate. Dabei ändert sich die Kristallstruktur der Substanzen grundlegend. Die sich ausbildenden neuen Kristalle verzahnen bzw. verfilzen/verwachsen miteinander und erzeugen so eine hochfeste dichte Masse, den Beton.

Die Ca-Silikate spalten dabei Ca(OH)<sub>2</sub> ab, welches für die stark alkalische Reaktion des erhärteten Betons verantwortlich ist (siehe 2.2.3). Calciumhydroxid wird weiterhin durch Reaktion von freiem CaO mit Wasser gebildet:



Für die Festigkeit/Dichtigkeit des entstehenden Betons ist das Mengenverhältnis Anmachwasser zu Zement (Wasser-Zement-Wert bzw. w/z-Wert) von entscheidender Bedeutung. Um ausreichend dichten Beton zu erzeugen, muss der w/z-Wert, und damit die Wassermenge, möglichst niedrig gehalten werden, auch wenn sich die Verarbeitbarkeit des Betons dadurch deutlich verschlechtert.

Mit Betonzusatzmitteln oder -zusatzstoffen werden gezielt die Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften des Betons beeinflusst. Bei den verschiedenen Bauwerken zur Abwassersammlung, für den Transport und die Abwasserbehandlung kommen Beton bzw. zementgebundene Werkstoffe in vielfältiger Form zum Einsatz, z.B. als:

- wasserdichter unbewehrter Beton
- wasserdichter Stahlbeton mit Bewehrung
- Faserzement
- Spritzbeton
- kunststoffmodifizierte Zementmörtel etc.

#### **2.1.2 Spezielle Anforderungen an Beton für Bauwerke in abwassertechnischen Anlagen**

##### **2.1.2.1 Kläranlagen**

Beton in abwassertechnischen Anlagen unterliegt zahlreichen Belastungen aus der Umwelt und durch den Betrieb. Dies können u.a. sein:

- chemischer Angriff durch im Abwasser / Schlammwasser oder Grundwasser gelöste betonaggressive Substanzen und durch Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen in Biofilmen auf der Betonoberfläche
- Frost-Tau-Wechsel ggf. in Verbindung mit Tausalzeinsatz

- Carbonatisierung/Sulfatisierung durch atmosphärisches CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub>
- mechanische Belastung (Verschleiß).

Damit der Beton diesen Belastungen über die gesamte geplante Nutzungsdauer widerstehen kann, muss er:

- geeignet zusammengesetzt sein, um entsprechende Eigenschaften zu entwickeln (z.B. säurebeständig)
- entmischungsfrei transportiert, gefördert und eingebracht werden (Transportbeton)
- vollständig verdichtet und
- ausreichend lange und sorgfältig nachbehandelt werden.

Bei der Festlegung der erforderlichen Betonzusammensetzung und -eigenschaften müssen insbesondere die Expositionsklassen der Bauteile gemäß DIN 1045 ermittelt und berücksichtigt werden. Die neue Beton-Normengeneration DIN 1045 (7/2001)/DIN EN 206-1 enthält 5 für den Abwasserbereich relevante Komplexe

- Expositionsklassen: Bewehrungskorrosion durch Carbonatisierung (XC1 - XC4)
- Expositionsklassen: Chemischer Angriff (XA1 - XA3)
- Expositionsklassen: Frostangriff mit oder ohne Taumittel (XF1 - XF4)
- Expositionsklassen: Verschleißbeanspruchung (XM1 - XM3)
- Expositionsklassen: Bewehrungskorrosion durch Chloride (XD1 - XD3).

In DIN 1045-2 sind für jede Expositionsklasse die benötigte Betonzusammensetzung und die erforderlichen Betoneigenschaften exakt vorgegeben. Wichtige Betonparameter sind in diesem Zusammenhang u.a. der höchstzulässige Wasser-/Zement- (w/z)- Wert, der Mindestzementgehalt und die Mindestdruckfestigkeit.

Ausgewählte Betonbauteile abwasser- technischer Anlagen	Carbo- natis.	Cl- Korr.	Frost/ Taum.	Chem. Angr.	Ver- schleiß	Mindestdruck- festigk.Beton	Min- tonde- ckung
Offener Behälter (bewehrt), ständig abwasserberührte Wandteile und Sohlplatte, schwacher chem. Angriff	XC2	-	-	XA1	-	C25/30	20 mm
Offener Behälter (bewehrt), Wandteile in Wasserwechselzone mit Frostangriff, schwacher chem. Angriff	XC4	-	XF3	XA1	-	C25/30 (LP*) C35/45	25 mm
Räumerlaufbahn, außen, Frostangriff, Tausalzeinsatz Beanspru-	XC4	XD3	XF4	-	XM2	C30/37 (LP*) mit behandlung	je nach Oberfl.- chung
Gasraum geschlossener Bauteile/ Behälter bei biogenem H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Angriff (ohne BSK wie offener Beh., Wand)	XC2	-	-	XA3	-	C35/45	20 mm

**Tabelle 1:** Auswahl an Betonbauteilen abwassertechnischer Anlagen mit Zuordnung zu den entsprechenden Expositionsklassen gemäß DIN 1045-2 (\* LP-Beton mit Luftporenbildner)

Erläuterungen zu den einzelnen Expositionsklassen:

- Carbonatisierungsklassen:
  - XC1 trocken oder ständig nass
  - XC2 nass, selten trocken
  - XC3 mäßige Feuchte
  - XC4 wechselnd nass und trocken (höchste Carbonatisierung)
- Bewehrungskorrosion durch Chloride:
  - XD1 mäßige Feuchte
  - XD2 nass, selten trocken
  - XD3 wechselnd nass und trocken (höchster Angriffsgrad)
- Frostangriff mit oder ohne Taumittel:
  - XF1 mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel
  - XF2 mäßige Wassersättigung, mit Taumittel

- Chemischer Angriff:
  - XF3 hohe Wassersättigung, ohne Taumittel
  - XF4 hohe Wassersättigung, mit Taumittel
  - XA1 chemisch schwach angreifende Umgebung\*
  - XA2 chemisch mäßig angreifende Umgebung\*
  - XA3 chemisch stark angreifende Umgebung\*
  - \* entsprechend den in der DIN 1045-2 bzw. DIN EN 206-1 aufgeführten Grenzwerten für die einzelnen Expositionsklassen (siehe Tabelle 2)
- Verschleißbeanspruchung:
  - XM1 mäßige Verschleißbeanspruchung
  - XM2 starke Verschleißbeanspruchung
  - XM3 sehr starke Verschleißbeanspruchung

Parameter	XA1 (schwach betonangreifend)	XA2 (mäßig betonangreifend)	XA3 (stark betonangreifend)
pH-Wert	6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5 und $\geq$ 4,0
Kalk lösende Kohlensäure (CO <sub>2</sub> gel.) [mg/l]	15...40	> 40...100	> 100 (bis zur Sättigung)
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	15...30	> 30...60	> 60...100
Magnesium Mg <sup>2+</sup> [mg/l]	300...1000	> 1000...3000	> 3000 (bis zur Sättigung)
Sulfat SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	200...600	> 600...3000	> 3000 und $\leq$ 6000

**Tabelle 2:** Grenzwerte der Expositionsklassen bei chemischem Angriff nach DIN 1045-2/DIN EN 206-1 (Ersatz für die entsprechenden Grenzwerte und Einstufungen nach DIN 4030)

Anwendungsbedingungen:

- Die obigen Grenzwerte sind nur gültig für eine Wassertemperatur zwischen 5 - 25 °C.
- Die obigen Grenzwerte sind nur gültig für eine sehr geringe Fließgeschwindigkeit des Wassers (näherungsweise hydrostatische Bedingungen).
- Liegen mindestens zwei oder mehr Parameter in derselben Klasse und mindestens einer davon im oberen Viertel des angegebenen Bereiches (bei pH-Wert im unteren Viertel), ist die chemische Umgebung des Betonteils der nächst höheren Expositionsklasse zuzuordnen.
- Gülle kann, unabhängig vom Ammoniumgehalt, in die Expositionsklasse XA1 eingeordnet werden.
- Bei chemischem Angriff durch Sulfat ist für die Expositionsklassen XA2 und XA3 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) erforderlich.

Nach Tabelle 2 wird der chemische Angriff auf alle die Teile abwassertechnischer Anlagen eingestuft, die annähernd hydrostatische Bedingungen aufweisen, wie z.B. Belebungs-/Nachklärbecken oder Regenüberlaufbecken usw. Die Einstufung von Betonbauteilen, die von Abwasser mit höherer Strömungsgeschwindigkeit durchflossen werden, erfolgt nach 2.1.2.2.

**Eine Einordnung in die Expositionsklasse XA3 ist immer verbunden mit einem unbedingt notwendigen Oberflächenschutz des Betons z.B. durch Beschichtungen oder Auskleidungen.** Dies betrifft u.a. solche geschlossenen Behälter, (nachträglich) abgedeckten Teile von Kläranlagen oder Kanalabschnitte, die einem biogenen H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Angriff (BSK) ausgesetzt sind. In diese Klasse fallen auch Kanalabschnitte mit sehr geringer Strömungsgeschwindigkeit, bei denen unzulässige Einleitungen aggressiver Abwässer z.B. aus Industriegebieten wahrscheinlich sind bzw. bereits dokumentiert wurden.



Die in der Tabelle 1 genannten Mindestdruckfestigkeitsklassen entsprechen folgenden alten Bezeichnungen:

DIN 1045-2 (2001)/DIN EN 206-1	DIN 1045 (1988)
C20/25	B 25
C25/30	/
C30/37	B 35
C35/45	B 45

Wasserdichte Betonbauteile, die mit Abwasser und/oder Grundwasser in Kontakt stehen, erfordern einen wasserundurchlässigen dichten Beton. Dieser ist folgendermaßen gekennzeichnet:

- Wasser-/Zement-Wert: Grenzwert  $\leq 0,60$     Zielwert  $\leq 0,55$
- Mindestzementgehalt:  $\geq 280 \text{ kg/m}^3$
- $f_{ck} \geq \text{C25/30}$
- höchstzulässige Wassereindringtiefe:  $\leq 50 \text{ mm}$ .

Bei der Herstellung wasserdichter Bauteile müssen insbesondere ausführungstechnische und konstruktive Maßnahmen dafür sorgen, dass Fehlstellen im Beton, Risse und undichte Fugen vermieden werden. Risse im Beton können u.a. den Korrosionsschutz der Bewehrung beeinträchtigen. Ihre Breite muss unbedingt auf ein unschädliches Maß beschränkt werden, andernfalls sind sie planmäßig zu schließen (s. 2.2.1 / 2.5.2.1).

Zum Schutz des Bewehrungsstahls vor Korrosion (Carbonatisierung des Betons, Eindringen von Sauerstoff, Wasser und korrosiven Chloridionen) muss neben der Betondichtigkeit eine Mindestschichtdicke der Betondeckung über der Stahlbewehrung gewährleistet sein. Diese Mindestbetondeckung richtet sich nach dem Stabdurchmesser der Bewehrung, nach der Betonfestigkeitsklasse und den Umweltbedingungen (Expositionsklassen). Sie ist in der DIN 1045-1 vorgegeben und darf an keiner Stelle des Bauwerkes unterschritten werden. Da dies unter Baustellenbedingungen gelegentlich nicht eingehalten wird, sei hier ausdrücklich auf die korrekte Verwendung von Abstandhaltern der vorgeschriebenen Größe und Anzahl und die ordnungsgemäße Ausführung der Betonierungsarbeiten hingewiesen. Einzelheiten dazu sind dem „Merkblatt Betondeckung“ des Deutschen Beton-Vereins e.V. zu entnehmen.

Um Korrosion des Bewehrungsstahles zu vermeiden, darf auch der Zement selbst gemäß DIN 1045 (2001) nur sehr begrenzte Chloridgehalte aufweisen:

<b>Betonverwendung</b>	<b>Höchstzulässiger Chloridgehalt bezogen auf den Zement</b>	<b>Betonklasse bezogen auf den Chloridgehalt</b>
ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall	$\leq 1,0 \text{ Masse-\% Cl}^-$	Cl 1,0
mit Stahlbewehrung oder eingebettetem Metall	$\leq 0,40 \text{ Masse-\% Cl}^-$	Cl 0,40

**Tabelle 3:**            Höchstzulässige Chloridgehalte im Zement/Beton

### 2.1.2.2 Abwasserleitungen

Die Betonaggressivität hydrostatischer Wässer (bspw. von Grundwasser) wird in der DIN 1045-2 bzw. DIN EN 206-1 dargestellt (siehe Tabelle 2). Zumindest im Bereich der Abwasserkanalisation spielen jedoch neben der Konzentration und Einwirkdauer der betonangreifenden Stoffe weitere wichtige Faktoren eine Rolle:

Stadtentwässerung Dresden	<b>Technische Richtlinien</b>	Fassung v. 01.03.2005 Ersetzt:	Nr.: <b>1.5.</b>
------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	------------------

- die hohe Fließgeschwindigkeit des Abwassers im Kanalisationsnetz im Gegensatz zu den in DIN 1045-2 geforderten näherungsweise hydrostatischen Bedingungen
- durch Rührwerke oder Pumpen etc. mechanisch bewegtes Wasser in Abwasserbehandlungsanlagen
- die Häufigkeit der Reinigungsvorgänge (mechanische/thermische Belastung der Betonoberfläche)
- zusätzlich mögliche abwasserspezifische Prozesse/Reaktionen.

Daher wurden speziell für den Bereich der Abwasserkanalisation eigene Grenzwerte ermittelt, die im **ATV-Merkblatt ATV-M 168, Abschnitt 3.1.1.2 in den Tabellen 1 und 2** zusammengefasst sind. Aus oben genannten Gründen sind sie nicht identisch mit denen der DIN 1045-2. Sie gelten einerseits für eine dauernde (Normalfall) und andererseits für eine zeitweilige/kurzzeitige Beanspruchung (Sonderfall) des Betons durch betonangreifende Stoffe in kommunalem Abwasser. Die Grenzwerte sind so festgelegt, dass bei ihrer Einhaltung die Betonbauwerke der Abwasserkanalisation langfristig schadensfrei bleiben. Dabei wurde die längste Nutzungsdauer gemäß LAWA-Leitlinie 1993 zugrunde gelegt. Die Grenzwerte dieser ATV-Tabellen sollten auch für solche Teile von Abwasserbehandlungsanlagen zur Anwendung kommen, bei denen die oben genannten zusätzlichen Faktoren ebenfalls eine bedeutende Rolle spielen.

## **2.2 Betonschäden - Ursachen, Schadensbilder, Bedeutung**

### **2.2.1 Risse**

Fehler bei der Planung oder Bauausführung, mangelhafte Wartung oder längerfristige Überbeanspruchung führen oft zu Schäden mit unterschiedlichen Schadensbildern.

In Betonbauteilen treten u.a. häufig Risse auf, die zum Teil nicht zu vermeiden und nicht immer schädlich sind und die sich in ihrer Bedeutung wie folgt unterscheiden:

- nach der Rissbreite (< 0,3 mm oder größer)
- nach ihrem Verlauf
- nach ihrer Tiefe (Oberflächenrisse oder durchgehende Risse)
- nach ihrer Entstehung (Schwindrisse, Setzungsrisse, Temperaturrisse, durch korrodierende Bewehrung)
- nach ihrem Bewegungsverhalten (nicht mehr in Bewegung, noch in Bewegung).

Ursachen für das Auftreten schädlicher Risse können u.a. sein:

- falsche Fugeneinteilung bei der Planung des Bauteils
- mangelhafte Nachbehandlung des frischen Betons
- starker Frostangriff bei durchfeuchteten Oberflächen
- Korrosion der Bewehrung.

Die Festlegungen zur Begrenzung der Rissbreite im Beton sind in der DIN 1045-1 getroffen. Das Füllen von Rissen ist in der DAfStb-Richtlinie geregelt. Für die richtige Materialauswahl zum dauerhaften Verschließen solcher Risse ist insbesondere zu klären, ob die Rissränder sich noch bewegen oder ob die verursachenden Verformungen abgeklungen sind. Für Details zur Rissbildung im Beton siehe Zement-Merkblatt Betontechnik B 18: „Risse im Beton“ (02/2003) des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie e.V.

### **2.2.2 Korrosion des Betons**

Beton kann von einer Vielzahl von einwirkenden Substanzen chemisch angegriffen werden, was bei längerer Einwirkungsdauer zu seiner Zerstörung führt. In der Praxis ist Betonkorrosion immer dann zu befürchten, wenn betonaggressive Wässer, Gase oder Böden - ggf. in Verbindung mit bestimmten Mikroorganismen - längere Zeit auf den Beton einwirken. Die DIN 1045-2, DIN EN 206-1 sowie das ATV-Merkblatt ATV-M 168 geben Hinweise zur Beurteilung dieser betonaggressiven Einflüsse. Im Einzelnen sind folgende schädigende Mechanismen für die Betonkorrosion verantwortlich:

- Auflösung und Zerstörung des Betons durch Säureangriff (anorganische und organische Säuren, Kalk lösende Kohlensäure/im Wasser gelöstes CO<sub>2</sub>)
- Auflösung und Zerstörung von Betonkomponenten durch Austauschreaktion (Angriff durch austauschfähige Ionen im Abwasser wie Mg<sup>2+</sup> oder NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)
- Treiberscheinungen durch sulfathaltige Wässer

- Auslaugung und Auflösung durch weiches (ionenarmes) Wasser
- Korrosion des Bewehrungsstahls durch Chloridionen, siehe 2.2.3
- Carbonatisierung des Betons durch CO<sub>2</sub> aus der Luft, siehe 2.2.3 (Bewehrungskorrosion)
- Sulfatisierung durch SO<sub>2</sub> aus der Luft, siehe 2.2.3 (Bewehrungskorrosion)
- Frost-Tauwechsel.

Bei Anwesenheit von Biofilmen auf feuchten Betonoberflächen (z.B. Sichelhaut in Kanälen) ist eine drastische Verstärkung der Schädigung nach den obersten Mechanismen durch mikrobiell beeinflusste Korrosion (MIC) möglich. Die Carbonatisierung und Sulfatisierung des Betons spielt nur dort eine Rolle, wo die Möglichkeit des Zutritts saurer Luftschadstoffe wie CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> oder Stickoxide zur Betonoberfläche gegeben ist (z.B. bei offenen Behältern an den Wänden in der Wasserwechselzone, siehe 2.2.3).

Betonkorrosion im Abwasserbereich wird hauptsächlich durch verschiedene chemische Verbindungen/Ionen verursacht, die entweder bereits im Abwasser oder im von außen angreifenden Grundwasser gelöst vorliegen oder von Mikroorganismen gebildet werden. Hierbei kommen unterschiedliche Angriffsarten und Wirkungsmechanismen zum Tragen. Die wichtigsten betonaggressiven Substanzen, ihr Wirkungsmechanismus und die resultierenden Schadensbilder sind im Folgenden erläutert.

- anorganische Säuren (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> u.a.)

Herkunft: unzulässige Einleitung stark saurer oder sulfidhaltiger (S<sup>2-</sup>, HS<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>S) industrieller Abwässer; Stoffwechselzwischen- und Endprodukte von Mikroorganismen; MIC in anaeroben Bereichen, Bildung von hochgradig betonaggressiver Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Mechanismen, Berechnungen und Vermeidung/Abhilfe dazu siehe 2.3.2.; lösender Angriff auf den Beton, einzelne Bestandteile des Betonsteins werden zu löslichen Salzen umgesetzt und herausgelöst, wodurch der Grundkörper des Betons langsam zerstört wird

- organische Säuren (z.B. Essigsäure, Gluconsäure, Oxalsäure)

Herkunft: teilweise Abwasserinhaltsstoffe, hauptsächlich jedoch Ausscheidungen von Mikroorganismen in Biofilmen (Sichelhaut) als Stoffwechselzwischen- und Endprodukte; lösender Angriff, Komplexierung diverser Kationen, dadurch Angriff und Auflösung schwerlöslicher Verbindungen im Betonstein möglich

- gelöstes CO<sub>2</sub> (kalklösende Kohlensäure)

Im Gegensatz zur Einwirkung von gasförmigem CO<sub>2</sub> (Carbonatisierung) erfolgt beim Angriff aus der flüssigen Phase eine langsame Abtragung des Betons.

Gelöstes CO<sub>2</sub> rührt i.d.R. von mikrobieller Aktivität im Boden, Grund- oder Abwasser her. Stärker betonaggressive Konzentrationen an Kalk lösender Kohlensäure sind im kommunalen Abwasser kaum zu finden, jedoch in weichen Grundwässern durchaus möglich.

- Ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Magnesium Mg<sup>2+</sup>

Diese Kationen können mit im Beton vorhandenen anderen Kationen Austauschreaktionen und Platzwechselvorgänge vornehmen; da die daraus entstehenden Salze meist gut wasserlöslich sind, wird der Grundkörper des Betons langsam zerstört (ähnlicher Mechanismus wie beim lösenden Angriff durch Säuren)

- Sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Treibender Angriff: Von außen in den Beton eindringende Sulfationen reagieren mit Betonbestandteilen unter Bildung stark kristallwasserhaltiger Moleküle wie z.B. Ettringit (32 Moleküle Kristallwasser pro Molekül) oder Gips. Bei der Kristallisation dieser voluminösen Reaktionsprodukte entsteht im festen Betongefüge ein Druck, der zu Treiberscheinungen, Rissbildung und zur Zerstörung des Betons führt.

- weiches (ionenarmes) Wasser

Angriff durch Auslaugung: Im Abwasserbereich nicht relevant, im Grundwasserbereich teilweise bedeutsam; Im Gegensatz zu hartem Wasser, bei dem erst höhere Gehalte an gelöstem CO<sub>2</sub> betonkorrosiv wirken, kann weiches Wasser schon bei geringen Gehalten an CO<sub>2</sub>/Kohlensäure betonangreifend sein

- Frost-/Tauwechsel

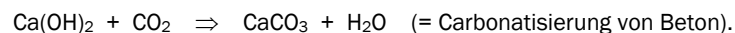
Dieser Angriff wird verstärkt durch aufgewachsene Biofilme: diese verschließen die Betonporen an der Oberfläche, darunter entsteht ein Wasserstau, dieser führt zu Absprengungen beim Gefrieren.

### **2.2.3 Korrosion der Bewehrung**

Bei der Bewehrung in Stahlbeton handelt es sich meist um niedriglegierte, oft auch höherfeste Baustähle ohne zusätzliche Überzüge/Beschichtungen. Im hochalkalischen Milieu von intaktem Beton (pH-Wert  $\geq 12,5$ ) ist solcher niedriglegierter Stahl oberflächlich passiviert und vor Korrosion geschützt. Der sehr hohe pH-Wert des Betons resultiert aus seinem Porenwasser, einer gesättigten  $\text{Ca(OH)}_2$ -Lösung über festem  $\text{Ca(OH)}_2$  als Bodenkörper. Überall dort, wo die Möglichkeit des Zutritts saurer Luftschadstoffe wie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  oder Stickoxide zur Betonoberfläche gegeben ist, diffundieren diese in Abhängigkeit von der Betongüte und Oberflächenfeuchte mehr oder weniger schnell in die Poren ein und reagieren mit diesem Calciumhydroxid. Betonaggressive Gase sind in folgenden Konzentrationen in der Atmosphäre vorhanden:

$\text{CO}_2$ :	$\approx 600 \text{ mg/m}^3$
$\text{SO}_2$ :	$0,05 - 1 \text{ mg/m}^3$
Stickoxide:	$0,1 - 0,5 \text{ mg/m}^3$ .

Es ist ersichtlich, dass hier vor allem die Reaktion von  $\text{CO}_2$  mit dem  $\text{Ca(OH)}_2$  des Betons von Bedeutung ist:



Dieser als Carbonatisierung bezeichnete Prozess liefert schwerlösliches Calciumcarbonat, welches ausfällt. Das  $\text{Ca(OH)}_2$  im Porenwasser wird hierbei langsam verbraucht, was - zumindest in den Randbereichen des Betons - zum Verlust des hochalkalischen Milieus führt. Gleiches gilt auch für einen Angriff durch  $\text{SO}_2$  (Reaktion zu  $\text{CaSO}_4$ , Sulfatisierung) und Stickoxide. Bei pH-Werten unter 9,5 ist kein zuverlässiger Korrosionsschutz der Bewehrung mehr gegeben. Reicht eine solche Carbonatisierungsfront bis zum Bewehrungsstahl, ist dieser nicht mehr passiviert und beginnt bei Anwesenheit von Feuchtigkeit und Sauerstoff zu korrodieren. Typische Schadensbilder sind dann:

- Rostflecken oder Rostfahnen auf dem Beton
- Risse im Beton durch vergrößertes Volumen der Korrosionsprodukte
- Aufreißen des Betons über dem Bewehrungsstahl
- Abplatzungen des Betons mit zum Teil darunter freiliegender korrodierender Bewehrung.

Die Carbonatisierungsgeschwindigkeit ist jedoch stark abhängig von der Feuchtigkeit der Betonoberfläche. Sie ist nur bei solchen Betonbauteilen relativ hoch, deren Oberfläche wechselnd trocken und nass ist. Das betrifft vor allem Außenbauteile mit direkter Beregnung wie Wände offener Behälter (Wasserwechselzone) oder Räumerlaufbahnen. Bei ständig wasserberührten oder feuchten Betonbauteilen, wie sie im Abwasserbereich - insbesondere im Kanalnetz - häufig vorliegen, sind die oberflächennahen Poren des Betons praktisch vollständig mit Wasser gefüllt. In diesem Fall ist ein direkter Zutritt von  $\text{CO}_2$  aus der Luft kaum möglich, da dessen Diffusion in die Poren sehr stark eingeschränkt ist. Deshalb carbonatisieren solche durchfeuchteten Betonoberflächen kaum bzw. nur extrem langsam. Hier ist es von größerer Bedeutung, das Eindringen von Wasser und darin gelöster korrosiver Substanzen wie Chloridionen zu verhindern. Letztere führen im alkalischen Milieu des Betons zu Lochfraßkorrosion an der Bewehrung. Aus diesem Grund darf Zement, der für bewehrten Beton verwendet wird, nur sehr begrenzte Chloridgehalte aufweisen (siehe Abschnitt 2.1.2). Um der Carbonatisierung des Betons und vor allem dem Eindringen von Wasser und korrosiven Substanzen zu begegnen, muss wasserundurchlässiger dichter Beton verwendet und eine Mindestbetondeckung über der Stahlbewehrung eingehalten werden (siehe 2.1.2). Im Abwasserbereich kommt i.d.R. ausschließlich Beton mit hoher Wasserdichtheit zum Einsatz. Daher sind die im kommunalen Abwasser üblichen Chloridgehalte (im Mittel um 100 - 120 mg/l Cl-) für die Bewehrung auch nicht korrosionsfördernd.

Ist mit einem stärkeren chemischen Angriff auf die Betonoberfläche zu rechnen (z.B. durch biogene Schwefelsäurekorrosion BSK oder durch unzulässige Einleitung aggressiver Abwässer aus Industriegebieten), muss korrosionsbeständiger Beton in Verbindung mit Beschichtungen/Auskleidungen verwendet werden, da es sonst zu einer Schädigung der Betondeckung und damit letztlich auch des Bewehrungsstahls kommt.

Zusammenfassend gilt allgemein: Für die Stahlbewehrung in Betonbauteilen abwassertechnischer Anlagen besteht ein ausreichender Langzeitkorrosionsschutz, wenn die in den Normen DIN 1045, DIN EN 12 255-1 und DIN 19 569 festgelegten Anforderungen an die Mindestbetondeckung, Rissbreitenbeschränkung und Betonfestigkeit/-dichtheit eingehalten sind und in dafür in Frage kommenden Bereichen einem möglichen stärkeren chemischen Angriff Rechnung getragen wurde.

## **2.3 Korrosionsbelastung des Betons in Abwasseranlagen**

### **2.3.1 Beanspruchung durch Abwasser und Schlammwasser**

Die ggf. beschichteten oder ausgekleideten Innenseiten der Betonbauteile abwassertechnischer Anlagen sind vor allem einer dauerhaften oder wechselnden Belastung durch Abwasser, Schlamm- und Kondenswasser (geschlossene Anlagen) unterschiedlicher Zusammensetzung ausgesetzt. Unterhalb des Wasserspiegels kommt es in der Hauptsache zu einem Angriff durch gelöste betonaggressive Stoffe. Die bedeutendsten sind:

- diverse anorganische und organische Säuren sowie gelöstes CO<sub>2</sub> (kalklösende Kohlensäure)
- gelöste Ionen wie Sulfat SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> und Magnesium Mg<sup>2+</sup>.

Die Art ihres Angriffs, die zugrunde liegenden Wirkungsmechanismen und resultierenden Schadensbilder wurden bereits im Abschnitt 2.2.2 dargestellt.

Oberhalb des Wasserspiegels anaerober Wässer kann es vor allem im Gasraum geschlossener Kanäle und Anlagen zu noch weitaus drastischeren Schädigungen des Betons kommen, die im nachfolgenden Abschnitt 2.3.2 näher erläutert sind.

Die unterhalb des Wasserspiegels in der Wasserphase angreifenden betonaggressiven Stoffe können prinzipiell aus drei verschiedenen Quellen stammen:

- Die Grundbelastung der Abwässer mit betonaggressiven anorganischen Stoffen ergibt sich aus der Zusammensetzung des Trink-, Brauch-, Regen- und Grundwassers, welches zur Einleitung gelangt
- Vor allem Abwasser aus dem gewerblichen und industriellen Bereich kann eine Vielzahl verschiedener direkt betonangreifender Inhaltsstoffe wie diverse Säuren, Sulfate oder Ammonium in erhöhten Konzentrationen aufweisen; Es kann aber auch solche Substanzen beinhalten, die von Mikroorganismen zu betonangreifenden Substanzen umgesetzt werden können (bspw. Sulfide oder organische N- und S-Verbindungen)
- Bildung betonangreifender Substanzen durch Mikroorganismen in Biofilmen auf der Betonoberfläche, z.B. in der submersen Sielhaut (u.a. anorganische und organische Säuren, Sulfat, CO<sub>2</sub>); Anreicherung von Salzen wie Sulfat und Chlorid aus der Wasserphase im Biofilm und dadurch Erhöhung der im Abwasser ggf. noch unproblematischen Konzentration dieser Salze an der Betonoberfläche.

Abgeleitetes Regenwasser bewirkt im allgemeinen keinen chemischen Angriff.

Trotz der in den kommunalen Ortssatzungen festgelegten Einleitungsbegrenzungen für betonaggressive Stoffe ist zumindest im industriellen Bereich die kurzzeitige oder zeitweilige Überschreitung der entsprechenden Grenzwerte möglich. Dies kann z.B. infolge von Störfällen, Fehlbedienungen, Umbau technischer Einrichtungen, Fahrlässigkeit oder Missbrauch der Fall sein. In gefährdeten Kanalabschnitten ist der Einsatz von korrosionsbeständigem Beton in Verbindung mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen (siehe 2.4.3) unumgänglich, da der Betreiber der abwassertechnischen Einrichtung für Schäden haftet, deren Verursacher nicht ermittelt werden kann.

Die diversen Schlammwässer enthalten gelöste betonkorrosive Substanzen meist in höherer Konzentration, als das durchschnittliche kommunale Abwasser. Bei der Schlammbehandlung werden außerdem Eisensulfat, Chloride und weitere Chemikalien zugesetzt.

Zur Abschätzung korrosiver Belastungen unter den Bedingungen der Kläranlage Dresden-Kaditz sollen die nachstehenden verfügbaren Angaben dienen:

Zeitraum	Mittelwerte (mg/l)		höchster Wert (mg/l)		niedrigster Wert (mg/l)	
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1998	96	133	330	193	44	60
1999	113	143	306	184	60	76
2000	115	144	156	195	35	59
1.H.J.2001	129	152	185	194	50	90
i.M.	113	143	330	195	44	59

**Tabelle 4:** Cl<sup>-</sup> - und SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> -Konzentrationen aus 24-h-Mischproben des Zulaufs der Kläranlage Dresden-Kaditz.

Es ist dabei auf Grund der Modalitäten der Probenahmen zu beachten, dass die angegebenen höchsten Messwerte nicht die tatsächlich bei massivem Tausalzeinsatz ( $MgCl_2$ ) in der Stadt auftretenden Spitzenkonzentrationen im Zulauf der Kläranlage widerspiegeln.

Für das Trübwasser der Überschussschlammeindicker und anteilig auch für das Zentrat ergibt sich durch die Zugabe des Fällmittels  $FeCl SO_4$  am Zulauf zur Biologie noch eine geringfügige Erhöhung der  $Cl^-$  und  $SO_4^{2-}$ -Konzentrationen. Eine Übersicht bietet die Tabelle 5.

Medium	Mittlere Konzentration (mg/l)		Maximale Konzentration	
	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$
Trübwasser aus PS-Eindickung	110...120	140...150	bis ca. 350	bis ca. 200
Trübwasser aus ÜS-Eindickung	115...125	150...165	bis ca. 355	bis ca. 210
Zentrat	115...125	150...160	bis ca. 355	bis ca. 210

**Tabelle 5:**  $Cl^-$  und  $SO_4^{2-}$ -Konzentrationen in verschiedenen Schlammwässern (KA DD-Kaditz)

### **2.3.2 Beanspruchung in der Atmosphäre geschlossener Anlagen**

Im Gasraum über der Wasserphase geschlossener Abwasseranlagen wie Abwasserkanäle, (nachträglich) abgedeckter Teile von Kläranlagen, z.B. Nacheindicker oder Schneckenpumpwerke, kommt es zu folgenden Belastungen des Betons:

- Kondenswasserbildung mit geringem Salzgehalt, dadurch hohe osmotische Triebkraft für eine Unterwanderung und Ablösung organischer Schutzbeschichtungen auf dem Beton, optimale Lebensbedingungen für Mikroorganismen
- Über anaerobem Abwasser (sauerstoffarm): biogene Schwefelsäurekorrosion (BSK) des Betons durch mikrobielle Umsetzung von Schwefelwasserstoff zu Schwefelsäure im aeroben Milieu der Kanalatmosphäre (Gasraumsiehhaut)
- Aufgrund der guten Lebensbedingungen für Mikroorganismen hohe mikrobielle Aktivität und Bildung von Biofilmen/Biofouling auf der Betonoberfläche im Gasraum: neben der BSK weitere meist aerobe mikrobiologische Umsetzungen (z.B. Oxidation von N-Verbindungen zu aggressiver Salpetersäure) und Ausscheidung weiterer betonkorrosiver Stoffwechselprodukte durch die Mikroorganismen

Die Ursache für das Auftreten von BSK liegt oft schon in der Planung der Anlagen begründet (siehe 2.4.1).

Eine Hauptaufgabe der Abwassertechnik ist, Abwasser in frischem, d. h. aerobem Zustand dem Klärprozess zuzuführen. Geht Abwasser in den angefaulten, d. h. anaeroben Zustand über, können aus einem zunächst völlig harmlosen Abwasser neue Probleme, sog. Sulfidprobleme, entstehen. Dazu gehören die Gefährdung des Wartungspersonals, Geruchs- und Klärprobleme sowie die Korrosion von Bau- und Werkstoffen (BSK).

Der Sulfidentwicklung kann und muss bereits in der Planungsphase wirksam begegnet werden.

Grundvoraussetzung für Sulfidprobleme und BSK in Abwasseranlagen sind Schwefelverbindungen in anorganischer und auch organischer Form sowie anaerobe (sauerstoffarme) Abwasserhältnisse. Die Hauptlast an Schwefelverbindungen stammt aus Einleitungen von Industrie- und Gewerbebetrieben. Sulfide werden aber hauptsächlich erst innerhalb der Abwasseranlagen durch Mikroorganismen gebildet (Reduktion von Sulfaten zu Sulfiden). Dadurch können Abwasser-Sulfidkonzentrationen von einigen Hundert bis zu einigen Tausend mg/l in Teilbereichen eines Entwässerungssystems vorhanden sein.

In geschlossenen Abwasserkanälen herrschen durchschnittlich 80 - 90 % relative Luftfeuchtigkeit und eine Temperatur von 10 - 15 °C vor. Es sind also optimale Lebensbedingungen für Mikroorganismen gegeben.

Auf den feuchten Oberflächen im Gasraum teilgefüllter Abwasseranlagen siedeln sich u.a. auch Thiobazillen an. Dabei ist die Zusammensetzung der Thiobazillenflora veränderlich. Zuerst erscheinen schwache Säuren bildende Bakterien, die den pH-Wert auf etwa pH 6 absenken. Erst dann sind die Lebensbedingungen für Thio thiooxidans gegeben. Durch

deren Stoffwechselaktivität kann der pH-Wert bis auf Werte unter pH 1 fallen. Damit ist die Voraussetzung für den schärfsten Schwefelsäureangriff im Abwasserkanal gegeben. Der gesamte Vorgang ist im ATV-Merkblatt M 168 auf Seite 7 graphisch dargestellt und im dortigen Kapitel 2.3 umfassend erläutert.

In einem normalen Kanalnetz ist im allgemeinen genügend Sauerstoff zur Vermeidung einer kritischen Sulfidentwicklung vorhanden. Diese ist u. a. von der Temperatur, dem Gefälle und der Anzahl der Abstürze abhängig. Kritische Stellen sind in der Regel Rohrabschnitte, in die sulfidhaltige Abwässer direkt eingeleitet werden. Besonderer Beachtung bedürfen Übergabeschächte am Ende von Druckleitungen. Hohe Sulfidkonzentrationen treten vorrangig in Kanälen mit geringer Teilfüllung, geringem Gefälle und langen Abwasser-Aufenthaltszeiten auf. Ein typisches Beispiel für geringe Teilfüllung sind Sammler in einem neu zu erschließenden Gebiet, für die sich erst mit wachsender Besiedlung problemlose Verhältnisse einstellen, sofern die Abwasseranlage sachgerecht geplant wurde.

Regenereignisse führen in Mischwassersystemen zu erhöhten Abflussmengen und zu einer gründlichen Reinigung. Ablagerungen und Sielhäute werden aus den Rohrleitungen geräumt. Untersuchungen zeigen, dass danach ein erheblich verminderter Sulfidgehalt über längere Zeit vorhanden ist. Diese positive Wirkung eines Regenereignisses dauert in der Regel mehrere Tage, zum Teil sogar Wochen an. Sie ist der Grund dafür, dass sachgerecht geplante Mischwassersysteme im Allgemeinen keine Sulfidprobleme aufweisen.

Bei Kanälen im Anfangsbereich einer Haltung mit kleinen Rohrdurchmessern (bis etwa DN 600) treten wegen des im Allgemeinen nicht alten Abwassers und wegen günstiger Sauerstoffverhältnisse in der Regel keine Sulfidprobleme auf. Kritischer dagegen können die Verhältnisse in großen Sammel- und Transportleitungen sein, wo unter ungünstigen Bau- und Betriebsbedingungen Sulfide eher möglich sind.

Das einfachste Verfahren zur Konzentrationsminderung von H<sub>2</sub>S ist eine ausreichende Zufuhr von Frischluft.

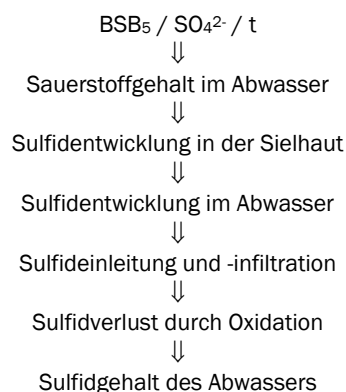
Beton wird durch starke Säuren wie H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> generell angegriffen. Bei Verwendung kalksteinhaltiger Zuschläge ist die Korrosionsrate jedoch etwa viermal geringer als bei Verwendung von quarzitischem Material. Bei einem noch relativ schwachen Angriff (bis etwa pH-Wert 3) entsteht hinter der Angriffszone der Schwefelsäure Sulfattreiben. Aus diesem Grund ist bei einem Schwefelsäureangriff (BSK) Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement nach DIN 1164) zu verwenden. Oberhalb pH 3 reichen betontechnologische Maßnahmen aus. Unter pH 3 kann Beton auf Dauer einem Schwefelsäureangriff nicht widerstehen, sodass ein Oberflächenschutz erforderlich ist.

#### *Ermittlung zu erwartender Sulfidbedingungen*

Beim Entwurf von Freispiegelleitungen ist neben der hydraulischen Berechnung immer eine Untersuchung zu erwartender Sulfidverhältnisse sinnvoll. Zur Vermeidung von Sulfidproblemen gibt es verschiedene Überschlagsverfahren, mit deren Hilfe zunächst die zu erwartenden Sulfidbedingungen abgeschätzt werden können. Für den Fall, dass bestimmte Kennwerte überschritten werden, gibt es Rechenverfahren zur Ermittlung des genauen Sulfidgehaltes im Abwasser an verschiedenen Stellen des Systems. Darüber hinaus gibt es eine Fülle von Regeln für den Bau und den Betrieb von Abwasseranlagen zur Minimierung der Sulfidentwicklung. Zu dieser Problematik siehe u. a. „Zement-Merkblatt Tiefbau, Sulfide in Abwasseranlagen“ der Beton Marketing Ost GmbH. Hier wird auch ein graphisches Überschlagsverfahren zur Sulfidabschätzung beschrieben.

#### *Berechnung des Sulfidgehaltes in Freispiegelleitungen*

Der Sulfidgehalt des Abwassers für einzelne Freispiegelleitungsabschnitte kann z. B. mit Hilfe von Arbeitsblättern ermittelt werden (siehe Zement-Merkblatt: Sulfide in Abwasseranlagen). Das Schema dieser Berechnungen sieht folgendermaßen aus:



#### *Berechnung des Sulfidgehaltes in Druckleitungen*

Der bei kontinuierlichem Pumpbetrieb am Ende einer Druckleitung zu erwartende Sulfidgehalt errechnet sich wie folgt:

$$G_S = 0,573 \cdot 10^{-6} \cdot l/D \cdot (BSB_5)^{0,8} \cdot (SO_4)^{0,4} \cdot 1,139^{(t-20)} \text{ [mg/l]}$$

Der bei diskontinuierlichem Pumpbetrieb am Ende einer Druckleitung zu erwartende Sulfidgehalt errechnet sich wie folgt:

$$(G_S)_{i.M.} = 0,406 \cdot 10^{-6} \cdot l/D \cdot \frac{5,07 \ddot{v}}{3,281 \ddot{v}} \cdot (BSB_5)^{0,8} \cdot (SO_4)^{0,4} \cdot 1,139^{(t-20)} \text{ [mg/l]}$$

In den obigen Gleichungen bedeuten:

$G_S$  Sulfidgehalt des Abwassers bei kontinuierlichem Pumpbetrieb am Ende einer runden Druckleitung mit dem Durchmesser  $D$  [m] und der Länge  $l$  [m] in [mg/l]

$(G_S)_{i.M.}$  Sulfidgehalt des Abwassers bei diskontinuierlichem Pumpbetrieb am Ende einer runden Druckleitung mit dem Durchmesser  $D$  [m] und der Länge  $l$  [m] bei einer mittleren Abwassergeschwindigkeit  $\ddot{v}$  [m/s] in [mg/l]

$BSB_5$  Biochemischer Sauerstoffbedarf [mg  $O_2$ /l]

$SO_4$  Sulfatgehalt [mg  $SO_4$ /l]

$t$  Abwassertemperatur [°C]

$v$  Abflussgeschwindigkeit des Abwassers bei kontinuierlichem Pumpbetrieb [m/s]

$\ddot{v}$  mittlere Abflussgeschwindigkeit des Abwassers bei diskontinuierlichem Pumpbetrieb [m/s]

$$\ddot{v} = \frac{Q \cdot t_p}{t_c \cdot A}$$

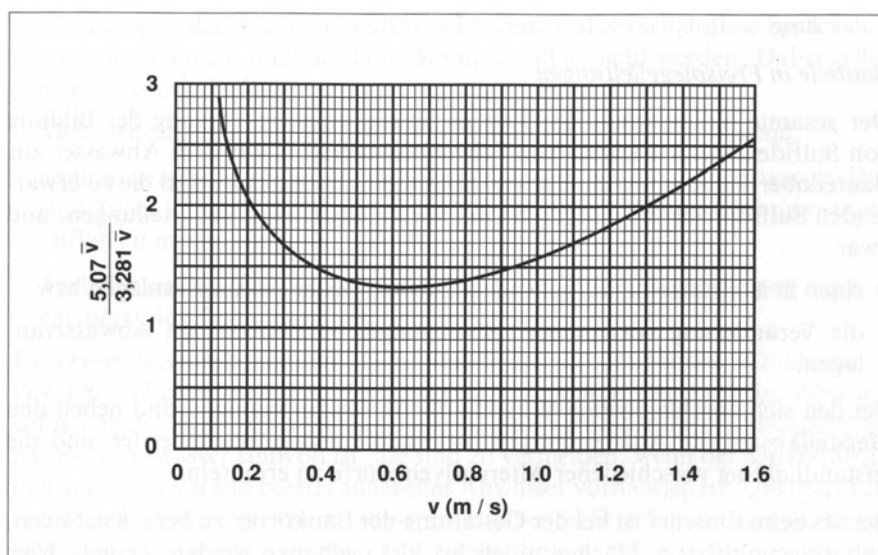
Darin bedeuten:

$Q$  Pumpenleistung [ $m^3/s$ ]

$t_p$  Pumpzeit je Zeiteinheit  $t_c$

$A$  Abflussquerschnitt [ $m^2$ ]

Werte des Ausdrucks  $\frac{5,07 \ddot{v}}{3,281 \ddot{v}}$  können der folgenden Grafik entnommen werden:



Bei der Planung von Druckleitungen ist ein möglicher Sielhautabrieb, bedingt durch den Abwasserfließvorgang, anzustreben. Wenn die Wandschubspannungen etwa  $3,9 \text{ N/m}^2$  beträgt, wird die Sielhaut abgetragen und damit die Sulfidentwicklung praktisch unterbunden. Voraussetzung ist, dass stromaufwärts kein Sulfid vorhanden ist.



Mit dem Ziel, die Sichelhautentwicklung zu verhindern, werden die erforderlichen Mindestabflussmengen der Druckleitungen mit nachstehender Gleichung berechnet:

$$Q = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot K_{ST} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{0,0016}{D}\right)^{1/2} = 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot K_{ST} \cdot D^{2,167} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Darin bedeuten:

Q	Minimale Abflussmenge, um Sichelhautwachstum zu verhindern [m <sup>3</sup> /s]
D	Durchmesser der Rohrleitung [m]
K <sub>ST</sub>	Geschwindigkeitsbeiwert nach Strickler [m <sup>1/3</sup> /s]

- Die Sulfidentwicklung wird unter den ungünstigsten Bedingungen mit Hilfe der vorstehenden Gleichungen errechnet. Ergibt sich ein kritischer Sulfidgehalt, dann wird die Aufenthaltszeit so weit wie praktisch möglich durch die Wahl kleinerer Rohrdurchmesser verkürzt. Wenn sich dennoch rechnerisch kritischen Sulfidmengen ergeben, dann ist eine Verkürzung der Druckleitungen anzustreben.

- Der mittlere Sulfidgehalt des in das Pumpwerk einlaufenden Abwassers wird untersucht. Dazu wird der während des Durchflusses durch die Druckleitung sich entwickelnde rechnerisch ermittelte Sulfidgehalt addiert. Es ergibt sich der am Ende der Druckleitung zu erwartende Sulfidgehalt im Abwasser. Der Grenzwert von 1,5 mg/l darf nicht überschritten werden.

### **2.3.3 Beanspruchung durch aggressives Grundwasser und Böden**

Die Belastung erfolgt von der sickerwasser-/grundwasserberührten Außenseite der Betonbauwerke her. Die Einstufung der chemischen Beanspruchung des Betons durch Grundwasser und Boden erfolgt mittels der Grenzwerte der Expositionsklassen gemäß DIN 1045-2 und DIN EN 206-1 (siehe Tabelle 2), da hier nahezu hydrostatische Bedingungen vorliegen. Zu diesem Zweck sind entsprechende Grundwasseranalysen notwendig.

Die Zusammensetzung und Betonkorrosivität eines Grundwassers steht in direkter Beziehung zur chemischen Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften (Bindigkeit, Wassergehalt usw.) des Bodens, mit dem das Grundwasser oder das versickernde Niederschlagswasser in Kontakt kommt. Als betonaggressive Grundwasserinhaltsstoffe kommen bei natürlichen Böden vorwiegend Sulfate, Chloride, freie Kohlensäure (CO<sub>2</sub> gelöst) sowie Huminsäuren in Frage. Bei künstlichen Böden wie z.B. Aufschüttungen und Verfüllungen mit Bauschutt, Recycling-Materialien usw. können im Grundwasser höhere Konzentrationen an betonangreifenden Stoffen vorliegen.

## **2.4 Vorbeugender Betonschutz**

### **2.4.1 Konstruktive Schutzmaßnahmen**

Die Ziele von Schutzmaßnahmen sind:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und vorbeugender Schutz von Betonbauteilen gegen das Eindringen beton- und stahlangreifender Stoffe mittels Beschichtungen/Auskleidungen
- Erhöhung des Widerstandes von Betonoberflächen gegen mechanische Einwirkungen wie Abrieb und Verschleiß.

Die Mehrzahl der Korrosionsprobleme lässt sich bereits durch eine korrekte Planung und Bauausführung vermeiden:

- korrekte Werkstoffauswahl: wasserdichter, fester Beton, ggf. beständig gegen Sulfat- und schwachen Säureangriff; Sehr dichter Beton höherer Festigkeitsklassen ist dort einzusetzen, wo der Beton mit chemisch angreifendem Abwasser, Grundwasser oder Klärhilfsmitteln in Kontakt kommt
- Für besonders gefährdete Anlagenbereiche (BSK, starker chemischer Angriff) Planung von zusätzlichen Schutzmaßnahmen wie mineralische Beschichtungen oder Auskleidungen

- Strikte Einhaltung der vorgegebenen Mindestbetondeckung über der Bewehrung an allen Stellen der Betonbauteile (Abstandhalter)
- Korrekte Planung und Ausführung von Fugen und der Nachbehandlung des Betons
- Vermeidung einer übertrieben feingliedrigen Formgebung der Bauteile
- Keine Stellen mit länger stehendem Wasser und geringem Konzentrationsausgleich wie z.B. Spalten, Senken, Vertiefungen etc.; Ziel: schnelle Ableitung/Verdünnung hoher Schadstoffkonzentrationen, bspw. von Tausalz-belastetem Abwasser im Winter
- Um eine hohe Qualität der oberflächennahen Schichten und eine hohe Dichtigkeit der Betondeckung zu erreichen, ist eine ausreichende Nachbehandlung des Betons zu planen und ggf. als gesonderte Position im Leistungsverzeichnis auszuweisen.

Planungshinweise hierfür enthält das ATV-Merkblatt M 168, Kapitel 5.1.

Insbesondere Sulfidprobleme und BSK in geschlossenen Abwasseranlagen lassen sich durch konstruktive Maßnahmen vermeiden. Einzelheiten hierzu können dem Zement-Merkblatt „Sulfide in Abwasseranlagen“ der Beton Marketing Ost GmbH und dem ATV-Merkblatt M 168 entnommen werden.

## **2.4.2 Schutz von Betonbauteilen in Kläranlagen**

### **2.4.2.1 Organische Beschichtungen**

Bei fachgerechter Planung der Bauteile, korrekter Zusammensetzung, Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons ist eine zusätzliche Beschichtung der Betonbauteile in Kläranlagen i.d.R. nicht notwendig. Ausgenommen sind hier lediglich Bereiche, bei denen mit Biogener Schwefelsäurekorrosion (BSK) zu rechnen ist, z.B. im Gasraum geschlossener (überdachter) Anlagenteile wie Nacheindicker, Schneckenpumpwerke etc. Hier muss der Beton durch zusätzliche Beschichtungen oder Auskleidungen geschützt werden.

Zusätzliche Oberflächenschutzsysteme (z.B. Beschichtungen entsprechend OS 4 der DAfStb-RiLi, Teil 2) können auch zur Verbesserung der Reinigung von Beckenwänden eingesetzt werden. Hier ist jedoch mit einer zeitlich begrenzten Wirkung und Dauerhaftigkeit zu rechnen.

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der organischen Beschichtungsverfahren ist die Schichtdicke. In Abhängigkeit von dieser unterscheidet man Hydrophobierung, Imprägnierung (Versiegelung) und filmbildende Beschichtung. Prinzipiell kommen alle diese Verfahren vor allem in den luftberührten Bereichen der Betonbauteile zum Einsatz, die nicht oder kaum mit Abwasser in Kontakt stehen. Hier haben sie sich z.B. als Schutz vor schneller Carbonatisierung oder mechanischer Beanspruchung bewährt. Imprägnierungen von frischem Beton mit speziellen alkali- und feuchtigkeitsunempfindlichen Epoxidharzen wurden in diesen Bereichen ebenfalls erfolgreich zur Erhöhung der Frost- und Tausalzbeständigkeit der Betonoberfläche angewendet. Die Anwendung organischer Beschichtungen in der Wasserwechselzone und im dauerwasserbelasteten Bereich kann bisher nicht oder nur sehr eingeschränkt empfohlen werden (siehe 2.5.2.4).

Die notwendige Oberflächenvorbehandlung der Betonbauteile muss entsprechend den Angaben in der technischen Dokumentation des Produktherstellers erfolgen. Die dort ebenfalls angegebenen Umgebungsbedingungen bei der Applikation sind einzuhalten. Nähere Angaben hierzu können auch dem Abschnitt 2.5.1 entnommen werden. In der Regel müssen auch frisch betonierete Flächen vor dem Beschichten durch geeignete Strahlverfahren (Kugelstrahlen, z.B. Blastrac, Druckstrahlen) von Verunreinigungen wie Schalölen oder Zementschlämmen befreit und gleichzeitig aufgeraut werden, um für die nachfolgende Beschichtung ausreichende Haftzugfestigkeiten (mindestens 1,5 N/mm<sup>2</sup>) zu erreichen.

### **2.4.2.2 Mineralische Beschichtungen**

Auch hier gelten die zu Beginn des Abschnitts 2.4.2.1 dargelegten Punkte. Bis zu pH-Werten von 4 - 3,5 sind mineralische, ggf. kunststoffmodifizierte Oberflächenschutzsysteme (PCC) geeignet und zu empfehlen.

Es liegen erste Erfahrungen mit neu entwickelten mineralischen Beschichtungssystemen vor, die eine sehr hohe Beständigkeit gegen Säuren und BSK (bis pH 0) zeigen. Sie bedürfen aber noch der Langzeitbewährung in der Praxis. Solche speziellen Silikatmörtel bieten sich vor allem für den Schutz und die Instandsetzung von gedeckelten Anlagen an (Gefahr von BSK). Grundsätzliche Vorteile mineralischer Beschichtungsstoffe sind:

- allen am Bau tätigen Generationen geläufige Verarbeitungsweisen
- kein ökologisches und gesundheitliches Gefährdungspotential
- gut angepasstes Eigenschaftsprofil zu den am häufigsten anzutreffenden auszubessernden Untergründen (Beton, Faserzement)
- unproblematische Verarbeitung auf durchfeuchteten Untergründen

- geringer Widerstand gegen Diffusionsoffenheit
- Wirtschaftlichkeit.

### **2.4.2.3 Auskleidungen und kombinierte Beläge**

Neben organischen und mineralischen Beschichtungen besteht auch die Möglichkeit, besonders gefährdete Anlagenbereiche mittels Auskleidungen und kombinierter Beläge zu schützen. Dieses Verfahren hat sich besonders beim Betonschutz in der Abwasserkanalisation bewährt (z.B. in Schachtbauwerken), kann aber auch bei der Abwasserbehandlung eingesetzt werden. Die Auskleidung von Betonbauteilen in Anlagen zur Abwasserbehandlung wird in der DIN 28052: „Chemischer Apparatebau - Oberflächenschutz mit nichtmetallischen Werkstoffen für Bauteile aus Beton in verfahrenstechnischen Anlagen“ geregelt, speziell in Teil 4: „Auskleidungen“ und Teil 5: „Kombinierte Beläge“. Möglich sind hierbei folgende Verfahren:

- vollflächig verklebte Auskleidungen
- mechanisch verankerte Auskleidungen
- lose Auskleidungen

in Form von Bahnen (Folien, Weichgummierungen), Halbzeugen (Platten, Bahnen und Rohre) aus Thermoplasten, Elastomeren oder GFK.

## **2.4.3 Schutz von Betonbauteilen in Abwasserleitungen**

### **2.4.3.1 Organische Beschichtungen**

Im allgemeinen (kein starker chemischer Angriff, Verwendung von geeignetem Beton) müssen Betonoberflächen in Abwasserkanälen nicht beschichtet werden.

In geschlossenen Abwasserleitungen kommt es in der Gasphase zur Kondenswasserbildung auf der Betonbeschichtung. Aufgrund des geringen Salzgehaltes des Kondenswassers besteht eine hohe osmotische Triebkraft für eine Unterwanderung organischer Beschichtungen und Ablösung vom Beton. Organische Beschichtungen in Beton-Abwasserleitungen wurden in verschiedenen Varianten erprobt, haben sich bisher aber nicht bewährt. Auch bereits werkseitig aufgebraute organische Beschichtungen in Abwasserrohren zeigten in der Praxis häufig schon nach kurzer Betriebszeit Blasenbildung, Aufreißen der Beschichtung und Ablöseerscheinungen (Haftfestigkeitsverlust). Besonders kritisch ist der Einsatz organischer Beschichtungen bei im Grundwasser verlegten Abwasserrohrleitungen (Thermodiffusionsbedingungen, siehe 2.5.2.4).

Für den Abwasserbereich stehen insgesamt noch keine erfolgversprechenden Systeme auf organischer Basis zur Verfügung.

### **2.4.3.2 Mineralische Beschichtungen**

Ist ein zusätzlicher Schutz von Bauwerken der Abwasserkanalisation notwendig, z.B. bei zu erwartendem starken chemischen Angriff durch Einleitungen aus Industriegebieten oder durch vermutliches Auftreten von BSK, sind in den betreffenden Bereichen mineralische Beschichtungen oder Auskleidungen vorzusehen. Zu den Vorteilen mineralischer Beschichtungsstoffe siehe 2.4.2.2.

Für das Aufbringen mineralischer Beschichtungen kommen, wie bei der Sanierung und Instandsetzung (siehe 2.5.3.2), unterschiedliche Methoden für begehbare und nicht begehbare Rohre zur Anwendung. Die zum Schutz der Rohre, Schächte etc. anzuwendenden mineralischen Beschichtungsstoffe entsprechen ebenfalls den unter 2.5.3.2 angegebenen Lösungen.

### **2.4.3.3 Auskleidungen und Verbundrohre**

Werkseitig erfolgen bzw. erfolgten Rohrauskleidungen bisher i.d.R. folgendermaßen:

- mit PVC-Weichfolienbahnen, die mit Rippen im Beton verankert sind (jedoch ungenügende Stabilität gegenüber Reinigungsgeräten)
- mit PVC-Hart-Stegplatten/-stegfolien (weit verbreitete Lösung, jedoch nicht unproblematisch)

Stadtentwässerung Dresden	<b>Technische Richtlinien</b>	Fassung v. 01.03.2005 Ersetzt:	Nr.: <b>1.5.</b>
------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	------------------

- mit Steg- bzw. Noppenplatten aus HDPE mit vollflächiger Rückverankerung aus Stegen und Noppen (aktuell Stand der Technik)
- mit glasfaserbewehrtem Kunststoff (GFK), aktuell Stand der Technik
- mit korrosions- und verschleißbeständigen Steinzeug-Schalen (Keramik-Platten)

Bei begehbaren Rohren ist eine nachträgliche Auskleidung mit Kunststoffplatten nach dem Verlegen auf der Baustelle möglich. Für detaillierte Angaben zu Rohrauskleidungen siehe ATV-Merkblatt M 168, Kapitel 4.1.1.

Zur Auskleidung von Schachtbauwerken eignen sich besonders GFK-Platten. Sie werden nachträglich eingebaut und wegen der Dichtheit der Fugen und Dübelstellen abschließend überlaminiert. Auch PVC-Hart-Stegplatten oder HDPE-Platten kommen hier in Frage. Für Details siehe ebenfalls ATV-Merkblatt M 168, Kapitel 4.1.2. Im Falle einer zu erwartenden besonders hohen statischen, dynamischen oder chemischen Belastung im Kanalnetz können Verbundrohre eingesetzt werden. Sie bestehen aus einem Steinzeug- oder Kunststoff-Innenrohr mit einer Betonummantelung. Der Beton kommt hierbei nicht mit dem Abwasser in Kontakt. Zu beachten ist lediglich der mögliche chemische Angriff durch Grund-/Sickerwasser auf der Außenseite der Rohre.

#### **2.4.4 Schutz der Bewehrung in Stahlbeton**

Für Spezialanwendungen (z.B. bei zu erwartender schneller Carbonatisierung) kann verzinkter oder mit Reaktionsharzen beschichteter Bewehrungsstahl eingesetzt werden.

Eine andere Lösung ist der **kathodische Korrosionsschutz** der Bewehrung. Dieser ist Bestandteil der TR 1.6 der SE DD „Kathodischer Korrosionsschutz“, daher wird hier speziell auf diese Richtlinie verwiesen.

### **2.5 Sanierung/Instandsetzung von Betonbauteilen**

#### **2.5.1 Planung, vorbereitende Maßnahmen, Betonuntergrund, Oberflächenvorbereitung, Witterung**

Die Sanierung und Instandsetzung von Betonbauteilen ist grundsätzlich in der DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Ausgabe Oktober 2001, geregelt. Sanierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen haben folgende Ziele:

- Erneuerung bzw. dauerhafter Ersatz von zerstörtem oder abgetragenen Beton im oberflächennahen Bereich von Bauwerken i.d.R. durch Beton oder Mörtel
- Dauerhafter Schutz der instandgesetzten Betonoberflächen gegen das Eindringen von beton- und stahlangreifenden Stoffen
- Herstellung eines dauerhaften Korrosionsschutzes der Bewehrung bei unzureichender Dicke oder Dichtheit der Betondeckung
- Wiederherstellung eines dauerhaften Korrosionsschutzes bei bereits korrodierter Bewehrung
- Füllen von Rissen und Hohlräumen
- Erhöhung des Widerstandes von Betonoberflächen gegen Abrieb und Verschleiß.

**Damit Sanierungs- und Instandsetzungsarbeiten einen dauerhaften Erfolg gewährleisten, müssen vor Beginn bzw. während der Maßnahmen folgende Bedingungen erfüllt sein:**

1. Das instand zu setzende Betonbauteil muss an seiner Oberfläche und im oberflächennahen Bereich bestimmte Eigenschaften aufweisen:
  - Mindestwerte für die Oberflächenzugfestigkeit (siehe DAfStb-RiLi Teil 2, Tab. 2.3)
  - Bestimmte chemische Eigenschaften wie Carbonatisierungstiefe und Chloridgehalt (Tiefenprofil)
  - Eine definierte Betonfeuchte: die meisten kunstharzgebundenen Betone/Mörtel, Imprägnierungsmittel und organischen Beschichtungen erfordern einen trockenen bis max. feuchten Untergrund, beim Aufbringen von zementgebundenem Beton/Mörtel mit oder ohne Kunststoffzusatz und bei wasserdispergierbaren organischen Beschichtungen muss/kann der Betonuntergrund feucht sein. Wenn die Gefahr einer rückseitigen Durchfeuchtung besteht, sind entsprechende Zusatzanforderungen zu erfüllen (DAfStb-RiLi Tab. 5.4, Zeile 27). In diesem Fall ist besondere Sachkenntnis erforderlich.
2. Die Betonoberfläche muss eine bestimmte Beschaffenheit aufweisen (nötige Oberflächenvorbereitung):
  - Keine losen oder mürben Teile

- Der Betonuntergrund darf nicht abmehlen oder absanden
- Keine Risse, die parallel zur Oberfläche oder schalenförmig im oberflächennahen Bereich verlaufen
- Der Betonuntergrund muss eine bestimmte Rauheit aufweisen, die dem verwendeten Instandsetzungssystem angepasst ist
- Keine artfremden Stoffe wie Gummiabrieb, ungeeignete Altbeschichtungen, Ausblühungen, Ölverunreinigungen, Biofilme/Algenbewuchs etc. auf der Betonoberfläche
- Keine Kiesnester/Hohlstellen im oberflächennahen Bereich (diese sind auszuarbeiten und auszufüllen).

3. Während der Maßnahmen und darüber hinaus müssen bestimmte Witterungsbedingungen erfüllt sein:

- Schutz- oder Instandsetzungsarbeiten dürfen nur ausgeführt werden, wenn die Temperatur und Feuchte des Betonbauteils und die Witterungsbedingungen bestimmte Grenzwerte einhalten. Diese werden entweder vom Hersteller oder durch die DAfStb-Richtlinie, Teil 2, Tabelle 2.2 vorgegeben.
- Bedeutsame Parameter sind: die Temperaturen von Betonbauteil (Sonneneinstrahlung) und Umgebung, die relative Luftfeuchte, Regen, nässender Nebel oder Wind.

Entscheidend für die Dauerhaftigkeit von Schutz- oder Instandsetzungsarbeiten ist eine sorgfältige und auf das zu verwendende System abgestimmte Vorbereitung der Betonoberfläche, des Betonuntergrundes und ggf. der korrodierten Bewehrung. Entsprechende Verfahren zur Oberflächenvorbereitung und ihr Anwendungsbereich sind in der DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie, Teil 2, Tabelle 2.5 zusammengefasst. Je nach Erfordernis, Zulässigkeit und Angemessenheit sind geeignete Verfahren auszuwählen und anzuwenden:

- zum Entfernen der Reste alter Beschichtungen, von Imprägnierungen, Verunreinigungen, Fremdstoffen, Biofilmen/Algen, loser Teile, Staub oder Wasser von der Betonoberfläche
- zum Entfernen von Zementschlämmen und minderfesten Schichten
- für das nötige Ausarbeiten von Hohlstellen und Kiesnestern
- zum Abtragen von geschädigtem Beton/Betonersatz und zum Freilegen des Bewehrungsstahls
- zum Entfernen von Korrosionsprodukten von der freiliegenden Bewehrung und anderen Metallteilen
- für die Vorbereitung der Betonoberfläche (notwendige Rauheit).

In der DAfStb-RiLi werden folgende Forderungen an die Vorbereitung (Entrostung) von freigelegtem korrodiertem Bewehrungsstahl gestellt (Instandsetzungsprinzipien: siehe DAfStb-RiLi, Teil 1, 6.2 und 2.5.2.2):

- Zur Entrostung von Bewehrungsstahloberflächen dürfen nur mechanische Verfahren angewendet werden, dabei ist die DIN EN ISO 12944-4 sinngemäß zu beachten
- Instandsetzungsprinzipien R und W: Nicht zu beschichtende Stahlbewehrungen sind so zu behandeln, dass im gesamten freigelegten Bereich mindestens ein Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 2 erreicht wird Als Verfahren dazu sind vor allem Strahlen mit trockenem oder feuchtem Strahlmittel oder Hochdruckwasserstrahlen (> 60 N/mm<sup>2</sup>) geeignet; wenn bei Prinzip W zusätzlich eine Reaktionsharzbeschichtung der Stahloberfläche erfolgen soll, ist als Oberflächenvorbereitungsgrad mindestens Sa 2 ½ erforderlich
- Instandsetzungsprinzip C: Mit Reaktionsharzen zu beschichtender Bewehrungsstahl muss nach der Entrostung mindestens einen Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 2 ½ aufweisen. Dazu ist Strahlen mit trockenem oder feuchtem Strahlmittel erforderlich. Diese Reinheitsanforderungen müssen in allen zu beschichtenden Stahlbereichen eingehalten sein
- Instandsetzungsprinzip K: Die Entfernung von Korrosionsprodukten ist hier nicht erforderlich.

Für die detaillierte Planung und vorbereitende Maßnahmen sei auf die genannte DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abschnitte 3 bis 5 und Teil 2, Abschnitt 2 ff. und die Tabellen 2.1 - 2.5 verwiesen. Besonders hervorgehoben werden sollen hier die folgenden Forderungen:

- Bei schadhafte Bauteilen ist zunächst grundsätzlich die Standsicherheit zu beurteilen.
- Falls notwendig, müssen notwendige Sicherungsmaßnahmen eingeleitet und die Wiederherstellung der Standsicherheit geklärt werden.
- Auch bei Schutz- oder Instandsetzungsarbeiten, die die Standsicherheit eines Betonbauteils nicht direkt betreffen (z.B. Ersatz von Beton an der Oberfläche oder Aufbringen von Beschichtungen), muss in jeder Phase der Arbeiten

festgelegt sein, wer die Standsicherheit verantwortlich beurteilt und wer die dazu erforderlichen Maßnahmen plant und ausführt.

- Zur Beurteilung des Istzustandes (Schadens), für die Ermittlung der Schadensursachen und zur Festlegung der erforderlichen Schutz-/Instandsetzungsmaßnahmen muss ein sachkundiger Planer beauftragt werden, der die erforderlichen Kenntnisse auf diesen Gebieten besitzt. Dieser erstellt einen Schutz- oder Instandsetzungsplan, welcher die Grundlage für die auszuführenden Arbeiten darstellt.
- Es muss eine komplexe Charakterisierung des Ist-Zustandes des Bauwerkes / Bauteils in Anlehnung an die DAfStb-Richtlinie, Teil 2, Tabelle 2.1 erfolgen. Der spätere Sollzustand ist ebenfalls zu definieren.
- Es sind u.a. Festigkeitsprüfungen im Randbereich der Betonbauteile durchzuführen (Druckfestigkeit, Oberflächenzugfestigkeit/Haftzugfestigkeit). Der Umfang der Prüfungen ist so zu wählen, dass Lage und Ausdehnung der Bereiche mit den geringsten Festigkeitswerten erkennbar werden. Beton, der nicht die entsprechenden Mindestanforderungen erfüllt, muss entfernt werden.
- Bei Schäden durch Bewehrungskorrosion sind Betondeckung und Carbonatisierungstiefe (Phenolphthalein-Test) sowie der Chlorid-Gehalt (Laboruntersuchung) des Betons zu prüfen.
- Bei offensichtlich chemischem Angriff ist die Tiefe der Einwirkung und die Schadstoffverteilung im Beton zu ermitteln (Laboruntersuchungen). Weiterhin sind detaillierte Untersuchungen zur Schadensursache (Sulfattreiben, BSK...), Schadensart und zum Schadensumfang erforderlich.
- Vom sachkundigen Planer sind die genauen Anforderungen an die einzusetzenden Stoffe/Stoffsysteme festzulegen, diese können u.a. sein: Haftfestigkeit auf dem Beton bzw. innerhalb der und zwischen den einzelnen Schichten, Druck-/Zugfestigkeit, Verformungsverhalten in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchte (Schwinden, Quellen etc.), Durchlässigkeit gegenüber Wasser, Wasserdampf, Ionen, Gasen usw., Widerstandsfähigkeit gegen Frost, Tausalz oder chemischen Angriff, UV-Beständigkeit.
- Der sachkundige Planer muss im Schutz- oder Instandsetzungsplan für jedes Bauteil die entsprechende Beanspruchbarkeitsklasse (M1 - M3) gemäß DAfStb-Richtlinie Teil 2, Abschnitt 4.2 festlegen. Danach sind die zu verwendenden Betone/Mörtel usw. auszuwählen. In der Tabelle 4.1 der DAfStb-Richtlinie Teil 2, S. 2-28 sind die drei Beanspruchbarkeitsklassen mit entsprechenden Stofftypen, Anwendungsbereichen und Beispielen unterlegt. Prinzipiell liegt hier folgende Einteilung zu Grunde:

Klasse M1:	keine tragende Funktion, ohne geforderten Carbonatisierungswiderstand, keine dynamische Beanspruchung (z.B. durch Verkehr, befahrbare Flächen)
Klasse M2:	keine tragende Funktion, mit nachgewiesenem Carbonatisierungswiderstand dynamische Beanspruchung bei und nach Applikation zulässig
Klasse M3:	tragende Funktion, mit nachgewiesenem Carbonatisierungswiderstand, dynamische Beanspruchung bei und nach Applikation zulässig.

- Für die im Schutz- oder Instandsetzungsplan vorgesehenen Stoffe bzw. Stoffsysteme muss vor deren Einsatz die grundsätzliche Eignung nachgewiesen werden. Dazu sind der Verwendbarkeitsnachweis (Grundprüfung) und der Übereinstimmungsnachweis zu erbringen. Es dürfen nur solche Stoffe/Systeme zur Anwendung kommen, für die durch Grundprüfungen nachgewiesen wurde, dass sie die vom sachkundigen Planer für den speziellen Anwendungsfall festgelegten Anforderungen (siehe oben) erfüllen. Die entsprechenden Prüfungen umfassen das Zusammenwirken der vorgesehenen verschiedenen Schichten untereinander und mit dem Betonuntergrund. Art und Umfang der zu erbringenden Grundprüfungen sind den Tabellen 4.3 - 4.5 der DAfStb-Richtlinie, Teil 2 zu entnehmen.
- Für nähere Angaben zum Verwendbarkeits- und Übereinstimmungsnachweis sei ebenfalls auf die DAfStb-Richtlinie Teil 2, Abschnitt 1 verwiesen. Für eine grundsätzliche Eignung bei Schutz- oder Instandsetzungsmaßnahmen müssen Stoffe / Stoffsysteme mindestens folgende Anforderungen erfüllen:

> Die aufgetragenen Stoffe oder Beschichtungssysteme sowie die geschützten/instand gesetzten Betonbauteile müssen den einwirkenden Belastungen innerhalb einer geplanten Nutzungsdauer widerstehen können. Es darf nicht zu Effekten wie Unterwanderung, Haftfestigkeitsverlust und Ablösung der Beschichtung kommen.

> Es muss eine ausreichende Haftung des Stoffes bzw. Stoffsystems auf dem Betonuntergrund und innerhalb der sowie zwischen den einzelnen Schichten gegeben sein. Sie darf z.B. durch die Alkalität des Betons oder durch Feuchtigkeit/dauernde Wasserbelastung über den Zeitraum der geplanten

Nutzungsdauer hinweg nicht wesentlich gemindert werden.

> Die Schutz-/Instandsetzungsstoffe dürfen auf den Betonuntergrund keine Zwangsspannungen z.B. infolge Temperaturdehnung, Schwinden oder Quellen ausüben, die zur Ablösung oder zu Rissen führen. Sie dürfen auch nicht den Korrosionsschutz des Bewehrungsstahls beeinträchtigen.

> Durch Schutz- oder Instandsetzungsmaßnahmen dürfen im Betonbauteil keine bauphysikalisch und/oder chemisch ungünstigen Verhältnisse geschaffen werden, die zu Folgeschäden führen.

- Durch eine qualifizierte Führungskraft (siehe DAfStb-Richtlinie, Teil 3, Abschnitt 1.2) z.B. der SE DD ist auf der Grundlage des Schutz- oder Instandsetzungsplanes ein detaillierter Arbeitsplan aufzustellen, der die einzelnen Arbeitsabläufe der Maßnahmen enthält.
- Vom sachkundigen Planer ist für die gewählte Ausführung ein Instandhaltungsplan zu erstellen, der planmäßige Inspektionen und Angaben zu Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen enthält.

## **2.5.2 Sanierung/Instandsetzung von Betonbauteilen in Kläranlagen**

### **2.5.2.1 Füllen von Rissen und Hohlräumen**

Das Füllen von Rissen und Hohlräumen erfolgt, je nach Zielstellung, mit Reaktionsharzen (Epoxidharz, Polyurethanharz), mit Zementleimen oder Zementsuspensionen. Die Auswahl des Verfahrens und der Füllstoffe richtet sich nach der Beurteilung der Rissursache, Rissbreite, Rissbreitenänderung und dem Feuchtezustand der Risse bzw. Rissufer. Als Verfahren kommen hierbei in Frage:

- Tränkung der Risse (Füllen der Risse ohne Druck)
- Injektion der Füllstoffe (Füllen der Risse unter Druck).

Detaillierte Angaben zum Füllen von Rissen und Hohlräumen können dem Zement-Merkblatt „Füllen von Rissen“ (06/2003) des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie e.V. und der DAfStb-RiLi, Teil 2, Abschnitt 6, entnommen werden. Spezielle Hinweise hierzu enthält auch der Anhang A.

### **2.5.2.2 Ausfüllen örtlicher Fehlstellen mit mineralischen Systemen, Instandsetzung der Bewehrung**

Zu den Vorteilen mineralischer Beschichtungsstoffe siehe 2.4.2.2.

Für Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen stehen in Abhängigkeit vom Schaden folgende mineralische Werkstofftypen zur Verfügung:

<b>Schaden</b>	<b>betreffender Untergrund</b>		
	zementgebundene Werkstoffe	Mauerwerk (Ziegel- und	
Keramik	(Beton, Mörtel, Faserbeton)	Natursteinmauerwerk)	
Längs-/Querrisse	ZI	ZI, VM	ZI
Scherbenbildung VM	ZI, VM		ZI,
schadhafte Muffen VM	ZI, VM		ZI,
mechanischer Abrieb	GM, FNM, KA	GM, FNM, KA, FM	
chemische Korrosion	GM, FNM, KA	GM, FNM, KA, FM	
biogene H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Korr.	GM, FNM, KA	GM, FNM, KA, FM	
FM	=	Fugenmörtel, zementhaltig oder silikatisch	

- FNM = mineralischer Feinmörtel, zementhaltig oder silikatisch
- GM = mineralischer Grobmörtel, zementhaltig oder silikatisch für Beschichtung und Reparatur
- KA = keramische Auskleidung
- VM = Verpressmörtel
- VLM = Verlegemörtel
- SM = Stopfmörtel ohne oder in Kombination mit dauerelastischem Dichtungsmaterial
- ZF = flexibles Zementinjektionsmittel
- ZI = zementhaltiges Injektionsmittel

Um der besonderen Beanspruchung im Abwasserbereich gerecht zu werden, müssen diese Stoffe folgende Eigenschaften besitzen:

mische kleidung Materialien	Injektion			Mörtel-Verarbeitung				keramische
	ZI	ZF	VM	örtlich (punktuell)			großflächig	Aus-
				SM	GM	FM	GM	FNM
<b>FM</b>								
manuelle Verarbeitung x				x	x	x	x	x
maschinelle Verarbeitung	x	x	x		x	x	x	x
Schwund kompensiert	x		x	x				
dem Untergrund angepasstes Verformungsverhalten x					x	x	x	x
Wasserdampfdiffusion x	x	x	x	x	x	x	x	x
Wasserundurchlässigkeit x	x	x	x	x	x	x	x	x
erhöhte Korrosions- widerstandsfähigkeit: mechanisch x				x	x	x	x	x
chemisch x	x	x	x	x	x	x	x	x
biologisch (BSK) x	x	x	x	x	x	x	x	x
Haftung auf mattfeuchtem Untergrund x	x	x	x	x	x	x	x	x

Mörtel wird in abwassertechnischen Anlagen im allgemeinen als Mauer- oder Fugenmörtel, als Instandsetzungsmörtel für Betonbauteile und zur Auskleidung von Rohren verwendet. Es kommen i.d.R. hydraulische Mörtel der Mörtelgruppen IIa, III und IIIa gemäß DIN 1053 zum Einsatz. Mit Hilfe geeigneter Kunststoffzusätze lassen sich bei zementgebundenen Mörteln die für den Einsatz in Abwasseranlagen wichtigen Eigenschaften wie Dichtheit, Haftfestigkeit sowie mechanischer und chemischer Widerstand verbessern. Solche kunststoffmodifizierte Zementmörtel (PCC, SPCC) sind auch für den Abwasserbereich gemäß der DAfStb-RiLi auszuwählen. Bei der Anwendung von Mörtelsystemen sind die Verarbeitungshinweise des Herstellers zu beachten, die auch die notwendige Vorbereitung des Untergrundes einschließen.

**Instandsetzungsmöglichkeiten (DAfStb-RiLi: Instandsetzungsprinzipien) für korrodierten Bewehrungsstahl / Stahlbeton als Folge einer Carbonatisierung:**



1. Wiederherstellung des schützenden alkalischen Milieus um die Bewehrung durch Auftragen zementgebundener mineralischer Beschichtungsstoffe (Instandsetzungsprinzip R, DAfStb-RiLi, Teil 1, 6.4.2)
  - Prinzip R ist eine grundsätzliche Lösung bei Bewehrungskorrosion als Folge von Carbonatisierung
  - Erneute Ausbildung einer schützenden Passivschicht auf der Stahloberfläche durch Realkalisierung; hierbei darf der Bewehrungsstahl jedoch nicht beschichtet werden
  - Es ist ein großflächiger oder nur ein örtlich begrenzter Auftrag von alkalischem zementgebundenem Beton oder Mörtel möglich; Eine großflächige Beschichtung kann sowohl auf die ursprüngliche Betonoberfläche als auch auf großflächig abgetragene Bereiche aufgebracht werden (carbonatisierte Bereiche des Altbetons werden durch Diffusionsvorgänge dauerhaft realkalisiert). Örtliche Ausbesserungen kommen zur Anwendung, wenn Korrosion nur in sehr eng begrenzten Bereichen auftritt. Bewehrungsstahl im Umfeld der örtlichen Korrosionsstelle, welcher im carbonatisierten Bereich liegt, ist unabhängig von seinem Korrosionszustand freizulegen und vorzubehandeln. Örtliche Ausbesserungen dürfen nur ausgeführt werden, wenn die Betondeckung anschließend  $\geq 10$  mm beträgt. Andernfalls ist Prinzip C anzuwenden. Bei Bewehrungsstahl mit einem Durchmesser  $\geq 16$  mm sind hinter der Bewehrung mindestens 15 mm Altbeton zu entfernen. Dabei sind die Auswirkungen auf die Tragfähigkeit zu beachten
  - Der Instandsetzungsbeton bzw. -mörtel muss einen ausreichenden Carbonatisierungswiderstand haben
  - Der Beton muss nur so weit abgetragen werden, wie er infolge Bewehrungskorrosion gerissen bzw. gelockert ist. Dies muss derart geschehen, dass nachfolgend ein hohlstellenfreies Einbringen des Instandsetzungsbetons bzw. -mörtels möglich ist
  - Ist die Carbonatisierungsfront um mehr als 20 mm hinter die oberflächennächste Bewehrungslage vorgedrungen, muss der Beton bis dorthin entfernt und diese Bewehrungslage freigelegt werden. Die Bewehrung ist in diesem Bereich gemäß 2.5.1 vollständig zu entrostern
  - Als Zement für hier einzusetzenden Instandsetzungsbeton/-mörtel ist Portlandzement (CEM I nach DIN EN 197-1) zu verwenden
2. Begrenzung des Wassergehaltes im Beton (Instandsetzungsprinzip W, DAfStb-RiLi, Teil 1, 6.4.3)
  - Absenkung des Wassergehaltes im Beton und damit der elektrolytischen Leitfähigkeit durch geeignete Oberflächenschutzmaßnahmen (Verhinderung der Wasseraufnahme des Betons); dadurch Reduzierung der Korrosionsgeschwindigkeit des Stahles auf praktisch vernachlässigbare Werte
  - Das Eindringen von Wasser aus anderen Quellen (aufsteigende Bodenfeuchte, Wasserdampfdiffusion aus Innenräumen) muss dabei ausgeschlossen sein
  - Der Beton ist im Bereich von Fehlstellen und darüber hinaus bis zum korrosionsfreien Bereich des Bewehrungsstahls zu entfernen. Wenn Korrosion nur an der der Betonoberfläche zugewandten Seite der Bewehrung aufgetreten ist, muss der Altbeton nur seitlich in ausreichendem Umfang entfernt werden. Ist der Stahlstab weiter korrodiert, muss auch der Altbeton hinter ihm entfernt werden. Bei Betonstäben mit  $\varnothing < 16$  mm sind hierbei 10 mm ausreichend, bei  $\varnothing \geq 16$  mm sind hinter der Bewehrung 15 mm Altbeton zu entfernen. Dabei sind die Auswirkungen auf die Tragfähigkeit zu beachten.
  - Zur Reprofilierung dürfen gemäß DAfStb-RiLi Teil 2, Abschnitt 4, folgende Instandsetzungsstoffe verwendet werden:
    - Beton nach DIN 1045
    - Spritzbeton nach DIN 18 551
    - Zementmörtel
    - Kunststoffmodifizierter Beton / Mörtel (PCC), Bindemittel: Zement
    - Im Spritzverfahren aufzubringender kunststoffmodifizierter Beton / Mörtel (SPCC), Bindemittel: Zement
    - Reaktionsharzgebundener Beton / Mörtel (PC), Bindemittel: Reaktionsharze.
  - Hierbei sind insbesondere die Festlegungen der DAfStb-RiLi Teil 2, Abschnitte 4.3 - 4.5 zu beachten. Als organische Zusätze oder Bindemittel kommen hier vor allem zum Einsatz:
    - Epoxidharz (EP)

- modifizierte Epoxidharze
  - Polyurethanharz (PUR)
  - 2-K-Polymethylmethacrylat (PMMA)
  - Silane / Siloxane (Hydrophobierung).
- Der Erfolg des Verfahrens hängt entscheidend von der Wirksamkeit des anschließend aufzubringenden Oberflächenschutzsystems ab. Es dürfen nur Beschichtungssysteme verwendet werden, die in der DAfStb-RiLi, Teil 2, Tabelle 5.1, als geeignet für dieses Verfahren bezeichnet werden (z.B. solche der Klasse OS 4 [OS C]). Dabei sind die in der nachfolgenden Tabelle 5.2 vorgeschriebenen Mindestschichtdicken exakt einzuhalten. Zur regelmäßigen Überprüfung der Oberflächenbehandlung und ggf. Erneuerung müssen im Instandhaltungsplan Angaben gemacht werden.
3. Beschichtung des Bewehrungsstahls (Instandsetzungsprinzip C, DAfStb-RiLi, Teil 1, 6.4.4)
- Verhinderung der anodischen Eisenauflösung durch Aufbringen einer geeigneten organischen Beschichtung auf den vorher vollständig entrosteten Bewehrungsstahl
  - Anwendung von Prinzip C, wenn:
    - der Instandsetzungsmörtel/-beton beim Prinzip R keine dauerhafte Repassivierung sicherstellen kann
    - beim örtlichen Ausbessern gemäß Prinzip R die Mindestbetondeckung von 10 mm nicht eingehalten werden kann
    - das Prinzip W nicht anwendbar ist
  - Das Prinzip C kann ohne Kombination mit dem Verfahren W nur dann angewendet werden, wenn der geschädigte Beton so weit abgetragen werden kann, dass im nicht instand gesetzten Bereich eine Depassivierung der Bewehrung ausgeschlossen ist.
  - Im Regelfall wird die gesamte Betonoberfläche zusätzlich mit einem Oberflächenschutzsystem zur Verbesserung des Carbonatisierungswiderstandes beschichtet. Darauf darf nur verzichtet werden, wenn sichergestellt ist, dass der Korrosionsschaden nur auf eine örtliche Unterschreitung der Betondeckung zurückzuführen war.
  - Bereits kleinste Fehlstellen in der Beschichtung (z.B. in Kreuzungsbereichen von Bewehrungsstäben) können zu örtlich sehr hoher Korrosionsaktivität führen. Der sachkundige Planer muss hierauf im Instandsetzungsplan hinweisen.
  - Die Anforderungen an den Betonausbruch entsprechen denen des Prinzips W
  - Zur Reprofilierung dürfen alle in der DAfStb-RiLi Teil 2, Abschnitt 4 aufgeführten Instandsetzungsbetone/ -mörtel verwendet werden (siehe Prinzip W)
  - Zu verwendende Korrosionsschutzsysteme für die Beschichtung des Bewehrungsstahles: es kommen reaktionshärtende Systeme (Bindemittel Reaktionsharz) und kunststoffmodifizierte zementhaltige Systeme (PCC) in Frage; für detaillierte Anforderungen wie aufzubringende Mindestschichtdicken, Besandung, Verbundverhalten etc. siehe DAfStb-RiLi Teil 2, Abschnitte 3.3.2 und 3.3.3
4. Kathodischer Korrosionsschutz der Bewehrung (Instandsetzungsprinzip K)
- Durch Anlegen von Fremdstrom an die Bewehrung oder die Anordnung von Opferanoden wird erreicht, dass die gesamte Bewehrung kathodisch wirkt und so ihre Korrosion verhindert wird (siehe auch 2.4.4)

#### **Zusätzliche Maßnahmen bei Bewehrungskorrosion durch Cl<sup>-</sup>-Einwirkung**

Der kritische, korrosionsauslösende Chloridgehalt im Beton hängt von einer Reihe von Einflussfaktoren ab. Bei Betonschäden durch Chloridkorrosion oder festgestellter Überschreitung unten stehender Cl<sup>-</sup>-Grenzwerte muss ein sachkundiger Planer für den jeweiligen Einzelfall den entsprechenden kritischen Chloridgehalt des Betons beurteilen und festlegen. Aufgrund dieser Beurteilung werden dann ebenfalls durch den sachkundigen Planer die abzutragenden Betonbereiche festgelegt.

Bei Verdacht auf Cl-Korrosion sind die Cl-Gehalte des Betons im Bereich der Betondeckung der Bewehrung überschlagsmäßig zu prüfen (Laboruntersuchung). Werden hierbei Cl-Gehalte über 0,2 % der Zementmasse bzw. über 0,03 % der Betonmasse festgestellt, ist in den entsprechenden Bereichen die Konzentrationsverteilung über die Beton-

teildicke zu ermitteln. Wenn bei Stahlbetonbauteilen mit schlaffer Bewehrung in der Betondeckungsschicht Cl-Gehalte über 0,5 %, bezogen auf die Zementmasse und bei Spannbetonbauteilen Cl-Gehalte über 0,2 % Cl<sup>-</sup> ermittelt werden, ist zur Beurteilung der erforderlichen Maßnahmen ein sachkundiger Planer einzuschalten. Dies gilt auch dann, wenn an der Betonoberfläche keine Anzeichen von Bewehrungskorrosion feststellbar sind. Bei unbekannter Betonzusammensetzung ist der zur Berechnung notwendige Zementgehalt des Betons auf der sicheren Seite liegend abzuschätzen.

Prinzip R (Chlorid):

- Bei Bewehrungskorrosion durch Cl<sup>-</sup> ist eine Repassivierung des Stahles durch Auftragen alkalischer zementgebundener Dickbeschichtungen nicht möglich. Eine direkte Übertragung des Prinzipes R (Carbonatisierung) ist deshalb bei Cl<sup>-</sup> - Korrosion nicht zulässig.
- Unabhängig von Korrosionserscheinungen an der Bewehrung muss der Beton überall dort bis zur Bewehrung (+ Sicherheitszuschlag) abgetragen werden, wo der im jeweiligen Einzelfall korrosionsauslösende Cl<sup>-</sup> - Gehalt überschritten ist.
- Nach der Reprofilierung mit alkalischem Beton bzw. Mörtel muss in der Regel eine zusätzliche filmbildende Beschichtung auf die Betonoberfläche aufgebracht werden, die das Eindringen von Cl<sup>-</sup> verhindert.
- Für die örtliche Ausbesserung gelten grundsätzlich die bei Prinzip R genannten Anforderungen (Carbonatisierung). Es ist ebenfalls ein Oberflächenschutzsystem aufzubringen.

Prinzip W (Chlorid):

- Das Verfahren sollte nur dann angewendet werden, wenn durch Probeinstandsetzungen an Referenzflächen vor Ausführung der Instandsetzung die Auswirkung der geplanten Maßnahme auf den Korrosionsfortschritt der Bewehrung überprüft wurde. Dies kann z.B. durch Einbau geeigneter Korrosionsstrom-Messgeräte erfolgen.
- Zu weiteren speziellen Anforderungen siehe Abschnitt 6.5.4 der DAfStb-RiLi

Prinzip C (Chlorid):

- Grundsätzlich gelten hier ebenfalls die unter Prinzip C (Carbonatisierung) genannten Forderungen
- Eine zusätzliche Oberflächenschutzmaßnahme gemäß DAfStb-RiLi, Teil 2, Abschnitt 5, ist erforderlich, um das Eindringen von Chloriden von außen auszuschließen.

### **2.5.2.3 Großflächiges Auftragen mineralischer Systeme**

Ziele einer solchen Sanierungs-/Instandsetzungsmaßnahme können sein: Vergrößerung der Betondeckung der Bewehrung, Verstärkung des Betonquerschnitts oder Herstellung eines neuen Oberflächenprofils.

Für großflächige Beschichtungen im Abwasserbereich eignen sich zementgebundene und ggf. kunststoffmodifizierte Grob- und Feinmörtel (PCC, SPCC) sowie Betone. Der Einsatz reiner Kunststoffmörtel (PC, Bindemittel Epoxidharz) ist im Abwasserbereich problematisch und nicht zu empfehlen.

Großflächige Instandsetzungen, z.B. an Wänden, werden mit geschaltem Beton, Spritzbeton oder Spritzmörtel ausgeführt. Bei letzteren muss die Auftragsdicke mindestens 2 cm betragen bzw. dem dreifachen Korndurchmesser entsprechen.

Generell ist wichtig, dass Instandsetzungssysteme eines Herstellers verwendet werden. Nur so ist die Verträglichkeit der Stoffkomponenten untereinander sicherzustellen.

### **2.5.2.4 Hydrophobierung, Imprägnierung und organische Beschichtung**

Nach den bisherigen praktischen Erfahrungen sind Hydrophobierungen, Imprägnierungen und organische Beschichtungen als alleinige Schutz- oder Instandsetzungsmaßnahme für Betonoberflächen im Abwasserbereich nicht geeignet. Sie werden jedoch - zumindest im luftberührten Bereich oberhalb der Wasserwechselzone - erfolgreich in Kombination mit zementgebundenen, kunststoffmodifizierten mineralischen Grund- und ggf. Zwischenbeschichtungen eingesetzt (z.B. Oberflächenschutzsysteme gemäß DAfStb-RiLi) und sind auch Bestandteil der Instandsetzungsprinzipien bei Beweh-

rungskorrosion. Zur regelmäßigen Überprüfung der Oberflächenbehandlung und ggf. Erneuerung der organischen Beschichtung müssen im Instandhaltungsplan Angaben gemacht werden.

Die Anwendung organischer Beschichtungen in der Wasserwechselzone und im dauerwasserbelasteten Bereich kann bisher nicht oder nur sehr eingeschränkt empfohlen werden. Wenn überhaupt, sollten hier ausschließlich solche Beschichtungssysteme zum Einsatz kommen, die sich im Abwasserbereich bereits mehrere Jahre erfolgreich bewährt haben. Einige mit dem Abwasserbereich vertraute Hersteller entsprechender Beschichtungssysteme empfehlen für diese Bereiche ausschließlich reine Mörtelsysteme inklusive mineralischer Oberflächenschutzsysteme.

Besonders kritisch zu sehen ist die Anwendung organischer Beschichtungen bei gleichzeitig grundwasser- und abwasserberührten Bauteilen. Aufgrund der hier vorliegenden Thermodiffusionsbedingungen (Temperaturgradient innerhalb der Beschichtung) kommt es relativ schnell zur Blasenbildung, zum Aufreißen und Ablösen der organischen Beschichtung.

#### **2.5.2.5 Auskleidungen**

Auskleidungen kommen ggf. in Verbindung mit anderen Maßnahmen wie z.B. dem großflächigen Auftragen mineralischer Systeme in Betracht. Es gelten sinngemäß die Ausführungen in Abschnitt 2.4.2.3.

### **2.5.3 Sanierung/Instandsetzung von Betonbauteilen in Abwasserleitungen**

#### **2.5.3.1 Füllen von Rissen und Abdichtung örtlich begrenzter Fehlstellen**

Zum Füllen von Rissen und Hohlräumen siehe 2.5.2.1. Häufig werden Injektionsverfahren angewendet, bei denen Risse oder kleinere Fehlstellen durch Verpressung von Zementsuspensionen oder Kunststoffharzen abgedichtet werden. Die zu injizierenden Bereiche werden z.B. von außen durch Bohrungen oder Baugruben zugänglich gemacht.

Abdichtungsverfahren für größere, aber örtlich begrenzte Fehlstellen, erfordern von außen eine Baugrube und von innen begehbare Querschnitte. Hier kommen mineralische (kunststoffmodifizierte) Systeme zum Einsatz. Eine gewisse Rissüberbrückung durch geeignete Beschichtungssysteme ist ebenfalls möglich.

#### **2.5.3.2 Sanierung mittels Beschichtungsverfahren (mineralische Systeme)**

Aufgrund der Beanspruchungen von Beschichtungen in den Abwasserleitungen und -kanälen kommen hier für Sanierungszwecke ausschließlich Mörtelbeschichtungen in Frage. Alle weiteren Beschichtungsarten erwiesen sich für diesen Anwendungsfall als ungeeignet. Das Aufbringen von organischen Beschichtungen hat sich im Bereich der Abwasserkanalisation bisher nicht bewährt und wird nicht praktiziert. Zu den Vorteilen mineralischer Beschichtungssysteme siehe auch Abschnitt 2.4.2.2.

Zur Sanierung von Abwasserleitungen sind zementgebundene Mörtelbeschichtungen mit Schichtdicken von mehr als 5 mm geeignet. Sie werden u.a. in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser (begehrbar / nicht begehrbar) mittels verschiedener - teilweise automatisierter - Verfahren aufgebracht: Auspressverfahren, Verdrängungsverfahren, Aufspritzverfahren und Anschleuderverfahren.

##### **Auspressverfahren**

Beim Auspressverfahren wird durch eine in den Kanal eingebrachte Schalung ein Ringraum erzeugt, der mit einem geeigneten Mörtel oder Beton auf Zement- und/oder Reaktionsharzbasis ausgepresst wird. Die Arbeiten können sowohl in begehrbaren als auch in nichtbegehrbaren Querschnitten ausgeführt werden. Nach Erreichen der geforderten Mindestfestigkeit wird die Schalung entfernt.

Wenn erforderlich, können bei diesem Verfahren auch Bewehrungsmatten oder -körbe eingebracht werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, gleichzeitig mit dem Betoniervorgang einen Korrosionsschutz durch Auflegen von z. B. HDPE-Hart-Stegplatten, HDPE-Noppenbahnen oder Steinzeugplatten-Elementen auf die Schalhaut herzustellen.

##### **Aufspritzverfahren**

Spritzbeton/Spritzmörtel (SPCC) wird in einer überdruckfesten Schlauch- oder Rohrleitung zur Einbaustelle gefördert und dort durch Spritzen aufgetragen und dabei verdichtet. Die beim Spritzvorgang frei werdende hohe Anwurfenergie bewirkt neben der Verdichtung auch einen guten Haftverbund zum Untergrund. Deshalb eignet sich Spritzbeton besonders für großflächige Beschichtungen mit hohen Anforderungen an den Verbund und Schichtdicken von mindestens 3 cm.

Beim Trockenspritzverfahren wird das Bereitstellungsgemisch (Zement, Zuschlag und ggf. pulverförmige Zusätze) trocken der Förderleitung zugeführt und im Dünnstrom pneumatisch zur Spritzdüse gefördert, wo das Zugabewasser, ggf. mit flüssigen Betonzusatzmitteln, beigemischt wird.

Beim Nassspritzverfahren wird das Bereitstellungsgemisch, bestehend aus Zement, Zuschlag, Zugabewasser und ggf. Zusätzen, in nasser Form der Förderleitung zugeführt und entweder im Dünnstrom oder im Dichtstrom gefördert.

In der Praxis überwiegt das Trockenspritzverfahren, da es hinsichtlich der Vorhaltung der Ausgangsmischung und bei Arbeitsunterbrechungen unproblematischer ist.

### **Anschleuderverfahren**

Bei den Anschleuderverfahren für nicht begehbare Rohre wird der Zementmörtel durch einen Roboter mit schnell rotierendem Schleuderkopf gegen die Rohrwand geworfen. Im gleichen Arbeitsgang wird in der Regel die Beschichtungsoberfläche durch eine mitlaufende Einrichtung geglättet. In Kanälen ist eine Glättung jedoch nur dann möglich, wenn keine Rohrversätze vorhanden sind und das Rohr kreisrund ist. Da diese Anforderungen im Abwassersektor nur selten erfüllt sind, wird in vielen Fällen auf eine Glättung verzichtet und die Oberfläche unbearbeitet belassen.

### **2.5.3.3 Sanierung mittels Reliningverfahren oder Auskleidungen**

Zur Kanalsanierung werden neben dem Aufbringen mineralischer Beschichtungen auch Relining-Verfahren und Auskleidungen angewendet. Beim Relining werden Kunststoff- bzw. GFK-Rohre in die schadhaften Kanalsysteme eingezo- gen. Hierzu existieren verschiedene Verfahren: Rohrstrang-Relining, Kurzrohr-Relining, Wickelrohr-Relining und Schlauch-Relining. Montageverfahren zur Auskleidung schadhafter Kanalabschnitte sind nur bei begehbaren Profilen möglich. Einzelne, ggf. selbsttragende Auskleidungselemente aus Spritzbeton, Faserzement, Reaktionsharzbeton oder GFK werden in die Rohre eingebracht und zu Teil- oder Vollauskleidungen montiert (ohne oder mit Außendruckbelas- tung).

## **2.6 Überwachung und Abnahme von Schutz- und Instandsetzungsarbeiten**

### **2.6.1 Qualitätsanforderungen an Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen**

Die Arbeiten sind gemäß dem vom sachkundigen Planer aufgestellten Schutz- oder Instandsetzungsplan auszuführen. Abweichungen davon müssen vom sachkundigen Planer festgelegt oder genehmigt und schriftlich festgehalten werden. Die Vorbehandlung der Betonoberfläche und des Betonuntergrundes ist so vorzunehmen, dass die Forderungen der DAfStb-RiLi bzw. der DIN 28052 für das jeweilige Schutz- oder Instandsetzungssystem erfüllt werden (siehe auch 2.5.1). Beim Aufbringen der Systeme und in einem festgelegten Zeitraum danach sind die vorgeschriebenen Witte- rungs- und Umgebungsbedingungen einzuhalten.

Die verwendeten Baustoffe müssen den Anforderungen gemäß DAfStb-RiLi, Teil 2, genügen. Die grundsätzliche Eig- nung der Baustoffe und ihre Verträglichkeit untereinander sind durch Grundprüfungen nachzuweisen. Prüfverfahren dazu enthält die DAfStb-RiLi, Teil 4. In der DAfStb-RiLi nicht erwähnte bzw. nicht mit Prüfungen belegte Stoffe und Ver- fahren dürfen nur angewendet werden, wenn ihre grundsätzliche Eignung in vergleichbaren Grundprüfungen nachge- wiesen wurde.

Neben den Forderungen der DAfStb-Richtlinie sind die vom Produkthersteller bereitgestellten Angaben zur Verarbei- tung/Ausführung zu beachten.

Personal und Geräte für die Ausführung müssen den Anforderungen gemäß DAfStb-RiLi, Teil 3, entsprechen.

Die Vereinbarung von Kontrollflächen ist sinnvoll.

### **2.6.2 Überwachung der Ausführung, Prüfverfahren und Abnahme der Arbeiten**

Der sachkundige Planer legt im Instandsetzungsplan fest, welche Maßnahmen zur Überwachung der Ausführung ge- mäß DAfStb-Richtlinie, Teil 3, zu treffen sind. Diese Angaben sind in die Ausschreibungsunterlagen aufzunehmen.

Für detaillierte Angaben zum Punkt 2.6.2 sei auf die entsprechenden umfangreichen Bestimmungen der DAfStb-RiLi, Teile 3+4 verwiesen.

Um den besonderen Anforderungen im Abwasserbereich gerecht zu werden, müssen entsprechende Instandsetzungsstoffe besondere stoffliche Eigenschaften aufweisen (siehe Abschnitt 2.5.2.2). Die Prüfung dieser Eigenschaften erfolgt einerseits nach der DAfStb-RiLi, Teil 4, andererseits nach Verfahren, die im Sachstandsbericht der Deutschen Bauchemie e.V. zur Anwendung mineralischer Systeme in abwassertechnischen Anlagen (Nov. 1997) aufgeführt sind. Für die unterschiedlichen Stoffe werden hier folgende Prüfmethode vorgeschlagen:

<b>Prüfmethode</b>	<b>FM</b>	<b>FNM</b>	<b>GM</b>	<b>SM</b>	<b>VM</b>	<b>VLM</b>	<b>ZF</b>
<b>ZI</b>							
Kornzusammensetzung x	x	x	x	x	x	x	x
Konsistenzänderung 23/50	x	x	x	x	x	x	
Auslaufzeit x							
Absetzen x							
Festigkeiten bei Lagerung 23/50 nach 24h/28d x		x	x	x	x		
Festigkeiten bei Lagerung 10/90 nach 48h/28d		x	x	x	x		
freies Schwinden oder behindertes Schwinden		x	x	x	x		
Abrieb mittels Darmstädter Kipprinne		x					
Haftzugfestigkeit 23/50		x	x			x	
Haftzugfestigkeit 20/100		x	x			x	
Wasserundurchlässigkeit		x	x				
Korrosionswiderstand (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , BSK)	x	x	x	x	x	x	

- FM = Fugenmörtel, zementhaltig oder silikatisch
- FNM = mineralischer Feinmörtel, zementhaltig oder silikatisch
- GM = mineralischer Grobmörtel, zementhaltig oder silikatisch für Beschichtung und Reparatur
- VM = Verpressmörtel
- VLM = Verlegemörtel
- SM = Stopfmörtel ohne oder in Kombination mit dauerelastischem Dichtungsmaterial
- ZF = flexibles Zementinjektionsmittel
- ZI = zementhaltiges Injektionsmittel

Details zu den einzelnen Prüfmethode sind dem obigen Sachstandsbericht, Kapitel 5 zu entnehmen.

In Bereichen mit möglicherweise auftretender BSK sollten ausschließlich solche mineralischen Beschichtungsstoffe und Gesamtsysteme zur Anwendung kommen, die vorher mit entsprechenden Verfahren im Technikumsmaßstab auf ihre Eignung hin geprüft wurden. Eine praxisnahe, wenn auch aufwendige Simulation der entsprechenden biochemischen Verhältnisse und somit Prüfung der Werkstoffe ist z.B. im H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Schadgasschrank der Abteilung für Mikrobiologie des Institutes für allgemeine Botanik der Universität Hamburg möglich. Diese Einrichtung prüft mittlerweile für zahlreiche namhafte Hersteller von Beton und Instandsetzungssystemen.

### **2.6.3 Inbetriebnahme von Bauwerken nach Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen**

Die Fristen für die Nachbehandlung der Schutz- oder Instandsetzungssysteme und der frühestmögliche Zeitpunkt der Belastung (Inbetriebnahme) sind der technischen Dokumentation des Produktherstellers zu entnehmen. Die dort angegebenen Zeiträume sind unbedingt einzuhalten.

## **Anlagen**

### **Anlage A: Gesamtablauf einer Sanierungs-/Instandsetzungsmaßnahme (Kurzüberblick)**

#### a) Bestandsaufnahme, Diagnose, Schadensbewertung am betroffenen Bauwerk (Instandsetzungsplanung)

- Bestandsaufnahme - Diagnose
  - Zur Beurteilung des Istzustandes (Schadens), für die Ermittlung der Schadensursachen und zur Festlegung der erforderlichen Schutz-/Instandsetzungsmaßnahmen muss ein sachkundiger Planer beauftragt werden, der die erforderlichen Kenntnisse auf diesen Gebieten besitzt. Dieser erstellt einen Schutz- oder Instandsetzungsplan, welcher die Grundlage für die auszuführenden Arbeiten darstellt.
  - Es muss eine komplexe Charakterisierung des Ist-Zustandes des Bauwerkes / der Bauteile in Anlehnung an die DAfStb-Richtlinie, Teil 2, Tabelle 2.1 erfolgen.
    - Erhebungen zur Vorgeschichte des Bauwerks
    - Untersuchungen am Bauwerk (Methoden siehe: DAfStb-Richtlinie, Teil 2, Tabelle 2.1)
      - ⇒ Visuelle Beobachtungen
        - Abplatzungen, Risse, Rostfahnen, Ausblühungen, Verschmutzungen, Absandungen
        - Spuren mechanischer Einwirkungen, Verschleiß
        - Zustand der Fugen, Dichtungen, Anschlüsse, Durchführungen
        - Bei schadhafte Bauteilen ist zunächst grundsätzlich die Standsicherheit zu beurteilen
        - Falls notwendig, müssen Sicherungsmaßnahmen eingeleitet und die Wiederherstellung der Standsicherheit geklärt werden
      - ⇒ Prüfungen am Bauwerk
        - Bei Schäden durch Bewehrungskorrosion sind Betondeckung und Carbonatisierungstiefe (Phenolphthalein-Test) sowie der Chlorid-Gehalt (Laboruntersuchung) des Betons zu prüfen
        - Bei offensichtlich chemischem Angriff ist die Tiefe der Einwirkung und die Schadstoffverteilung im Beton zu ermitteln (Laboruntersuchungen); weiterhin sind Untersuchungen zu Schadensursache (Sulfatreiben, BSK...), Schadensart und Schadensumfang erforderlich
        - Betongüte: Festigkeitsprüfungen an der Oberfläche (Druck-, Oberflächenzug-/Haftzugfestigkeit): Beton, der nicht die Mindestanforderungen erfüllt, muss entfernt werden
        - Feuchtegehalt
        - Wasseraufnahme
        - Temperatur
        - Rauheit
        - Rissbreiten, Risstiefen, Rissbewegungen und Rissursachen, Aufnahme z.B. mit Risslupe
        - Sonstige Prüfungen
    - Dokumentation aller Ergebnisse
- Beurteilung und Bewertung des vorliegenden Schadens
  - Ermittlung der Schadensursache(n), wie z.B.: Korrosion des Bewehrungsstahls infolge Carbonatisierung durch CO<sub>2</sub> oder Chlorideinwirkung, Betonkorrosion infolge eines Säure- oder Sulfatangriffs durch das Abwasser etc.
  - Ermittlung des Umfangs und der Stärke der Schädigung

- Erstellung eines bauwerkspezifischen Instandsetzungsplans
  - Vom beauftragten sachkundigen Planer sind exakt festzulegen:
    - Ziele der Maßnahmen und späterer Sollzustand der Betonbauteile nach Instandsetzung
    - Festlegung der Instandsetzungsmethode(n), z.B. Instandsetzungsprinzipien bei Stahlkorrosion (R, C, W, K) [Instandsetzungsprinzipien s. S.29 u.f.]
    - Genaue Anforderungen an die einzusetzenden Stoffe/Stoffsysteme
    - Für jedes Bauteil die entsprechende Beanspruchbarkeitsklasse (M1 - M3) gemäß DAfStb-Richtlinie Teil 2, Abschnitt 4.2: auf dieser Grundlage sind die zu verwendenden Betone/ Mörtel usw. auszuwählen
    - Nachweis der grundsätzlichen Eignung für die im Schutz- oder Instandsetzungsplan vorgesehenen Stoffe bzw. Stoffsysteme, dazu sind der Verwendbarkeitsnachweis (Grundprüfung) und der Übereinstimmungsnachweis zu erbringen
    - Instandhaltungsplan, der planmäßige Inspektionen und Angaben zu Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen enthält
  - Durch eine qualifizierte Führungskraft (siehe DAfStb-Richtlinie, Teil 3, Abschnitt 1.2), z.B. der SE DD, ist auf der Grundlage des Schutz- oder Instandsetzungsplanes ein detaillierter Arbeitsplan aufzustellen, der die einzelnen Arbeitsabläufe der Maßnahmen enthält

#### b) Füllen von Rissen und Hohlräumen

- Ziel der Rissverfüllung
  - Schließen von Rissen
    - Verhinderung des Eindringens von korrosionsfördernden Stoffen in das Bauteil
  - Abdichten von Rissen
    - Beseitigung rissbedingter Undichtheiten des Bauteils
  - Dehnfähiges Verbinden von Rissen, die noch in Bewegung sind
    - Herstellung einer begrenzt dehnfähigen, dichtenden Verbindung der Rissufer
    - Durch das dehnfähige Verbinden kann eine dauerhafte Abdichtung von Rissen, deren Breite sich ändert, hergestellt werden
  - Kraftschlüssiges Verbinden von Rissen
    - Herstellung einer zug- und druckfesten Verbindung der Rissufer zur Wiederherstellung der Tragfähigkeit
- Verfahren zum Füllen von Rissen
  - Tränkung der Risse (T)
    - Füllen der Risse ohne Druck
  - Injektion der Füllstoffe (I)
    - Füllen der Risse unter Druck
    - Das Verpressen erfolgt über Bohrpacker oder Klebepacker, siehe: Zement-Merkblatt „Füllen von Rissen“ (06/2003) des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie e.V.
- Füllstoffe für die Rissverfüllung
  - Reaktionsharze (Epoxidharz, Polyurethan)
    - ⇒ Epoxidharz (EP-T und EP-I)
      - EP-I: Schließen, Abdichten und kraftschlüssiges Verbinden von Rissen über 0,1 mm



⇒ Polyurethan (PUR-I)

- Schließen, Abdichten und dehnfähiges Verbinden von Rissen über 0,1 mm, nicht geeignet für kraftschlüssiges Verbinden

• Zementleim (ZL-T und ZL-I) oder Zementsuspensionen (ZS-T und ZS-I)

- Injektionen mit Zementleim und Zementsuspension sind mit Ausnahme von dehnfähigem Verbinden für alle

anderen Anwendungsbereiche geeignet; beim kraftschlüssigen Verbund von Rissflanken in feuchten / Wasser

führenden Rissen dürfen sie als einziges Material verwendet werden.

▪ Anwendungsbereiche für Füllarten und Füllstoffe

		Feuchtezustand der Füllbereiche			
		trocken	feucht	„drucklos“ Wasser führend	„unter Druck“ Wasser führend
Anwendungsziel		zulässige Maßnahmen			
1	Schließung durch Tränkung	EP-T ZL-T ZS-T	ZL-T ZS-T		
2	Schließen und Abdichten durch Injektion	EP-I PUR-I ZL-I ZS-I	PUR-I ZL-I ZS-I	PUR-I ZL-I ZS-I	PUR-I ZL-I ZS-I
3	Begrenzt dehnfähiges Verbinden	PUR-I	PUR-I	PUR-I	PUR-I
4	Kraftschlüssiges Verbinden	EP-I ZL-I ZS-I	ZL-I ZS-I	ZL-I ZS-I	ZL-I ZS-I

Die Auswahl des Verfahrens und der Füllstoffe richtet sich nach der Beurteilung der Rissursache, Rissbreite, Rissbreitenänderung und dem Feuchtezustand der Risse bzw. Rissufer.

c) Fugeninstandsetzung

▪ Arbeitsfugen

- Verpressen mit Polyurethanharz und Zementsuspension
- Verwendung von Dehnfugenbändern (auch bei Bewegungsfugen)
  - Einbau einer oberflächigen Klemmkonstruktion
  - Einbau eines Kompressionsprofils bei Wasserdrücken < 1 bar

▪ Bewegungsfugen

- Bei Instandsetzungen haben sich Kompressionsdichtungen bewährt, die nachträglich eingestemmt werden

d) Oberflächenvorbereitung, Abtrag von geschädigtem Beton, Freilegen korrodierten Bewehrungsstahls

- Bei Schäden durch Betonkorrosion (Säureangriff, Sulfattreiben etc.)
  - Abtragen von geschädigtem Beton, Instandsetzungsmörtel/-beton oder Betonersatz bzw.
  - Entfernen der Reste alter Beschichtungen, von Imprägnierungen, Verunreinigungen, Fremdstoffen, Biofilmen/Algen, loser Teile, Staub oder Wasser von der Betonoberfläche
  - Entfernen von Zementschlämmen und minderfesten Schichten
  - Ausarbeiten von Hohlstellen und Kiesnestern und Ausfüllen mit Instandsetzungssystemen
  - Vorbereitung der Betonoberfläche für ein dauerhaftes Aufbringen der Instandsetzungssysteme (z.B. Strahlen: Herstellung der notwendige Rauheit für guten Haftverbund)
  
- Bei Schäden durch Korrosion des Bewehrungsstahls
  - Abtragen von Beton bzw. Instandsetzungsmörtel/-beton oder Betonersatz zum Freilegen des korrodierten Bewehrungsstahls
  - Entrosten der freiliegenden Bewehrung und anderer Metallteile (Oberflächenvorbereitungsgrad: Sa 2 bzw. Sa 2 ½ bei nachfolgender Beschichtung des Bewehrungsstahls)
  - Aufbringen einer Korrosionsschutzbeschichtung auf den freigelegten Stahl und/oder einer Haftbrücke zur Verbesserung des Haftverbundes Betonuntergrund/Instandsetzungssystem
  - Die einzelnen Verfahren zur Oberflächenvorbereitung und ihr Anwendungsbereich sind in der DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie, Teil 2, Tabelle 2.5 zusammengefasst; sie sind nach Erfordernis, Zulässigkeit und Angemessenheit anzuwenden

e) Reprofilierung mit Instandsetzungsmörtel/-beton oder Betonersatzsystemen

- Verfüllung lokaler Schäden (z.B. infolge begrenzter Bewehrungskorrosion)
  - Zum Ausfüllen örtlich begrenzter Fehlstellen bzw. zur Wiederherstellung der ursprünglichen Bauteiloberfläche nach lokalem Abtragen von Beton (Reprofilierung) dürfen - in Abhängigkeit vom Instandsetzungsprinzip - gemäß DAfStb-RiLi Teil 2, Abschnitt 4, folgende Instandsetzungsstoffe verwendet werden:
    - Beton nach DIN 1045
    - Spritzbeton nach DIN 18 551
    - Zementmörtel
    - Kunststoffmodifizierter Beton / Mörtel (PCC), Bindemittel: Zement
    - Im Spritzverfahren aufzubringender kunststoffmodifizierter Beton / Mörtel (SPCC), Bindemittel: Zement
    - Reaktionsharzgebundener Beton / Mörtel (PC), Bindemittel: Reaktionsharze
  
- Großflächiges Auftragen von Instandsetzungsstoffen
  - Ziele
    - Vergrößerung der Betondeckung der Bewehrung
    - Verstärkung des Betonquerschnitts
    - Herstellung eines neuen Oberflächenprofils
  - Für ein großflächiges Auftragen eignen sich im Abwasserbereich:

- Zementgebundene und ggf. kunststoffmodifizierte Grob- und Feinmörtel (PCC, SPCC) sowie Betone
- Großflächige Instandsetzungen, z.B. an Wänden, werden mit geschaltem Beton, Spritzbeton oder Spritzmörtel ausgeführt

- Im Abwasserbereich problematisch und nicht zu empfehlen sind:
  - Reine Kunststoffmörtel (PC, Bindemittel Epoxidharz)

▪ Nachbehandlung der aufgetragenen Instandsetzungsstoffe

- Abdecken mit Folie gegen zu rasche Austrocknung
- Aufbringen wasserhaltender Abdeckungen (Jutematten)
- Aufbringen von flüssigen Nachbehandlungsmitteln
- Kontinuierliche Benässung mit Wasser

f) Aufbringen von Oberflächenschutzsystemen

▪ Ziele

- Außenbewitterter Bereich oberhalb der Wasserwechselzone
  - Schutz vor schneller Carbonatisierung (CO<sub>2</sub>-Bremsung) oder mechanischer Beanspruchung
  - Erhöhung der Frost- und Tausalzbeständigkeit der Betonoberfläche
  - Abschließende Maßnahme der Instandsetzungsprinzipien bei Bewehrungskorrosion
  - Überbrückung und damit Abdichtung von Rissen an der Betonoberfläche

- Wasserwechselzone und Unterwasserbereich
  - Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen chemischen Angriff (Abwasser) und physikalische Einwirkungen (Abrieb, Verschleiß, Rissüberbrückung)

▪ Außenbewitterter Bereich oberhalb der Wasserwechselzone: Organische Oberflächenschutzsysteme

- Hydrophobierung (nicht filmbildende Imprägnierung)
  - Herstellung einer wasserabweisenden Oberfläche, die, zeitlich begrenzt, das Eindringen von Wasser und gelösten Schadstoffen in den Beton verhindert

- Imprägnierung (Film 10 – 100 µm) / Versiegelung (dünne Schutzschicht 0,1 – 0,3 mm)
  - Reduzierung des Eindringens flüssiger und gasförmiger Schadstoffe in den Beton

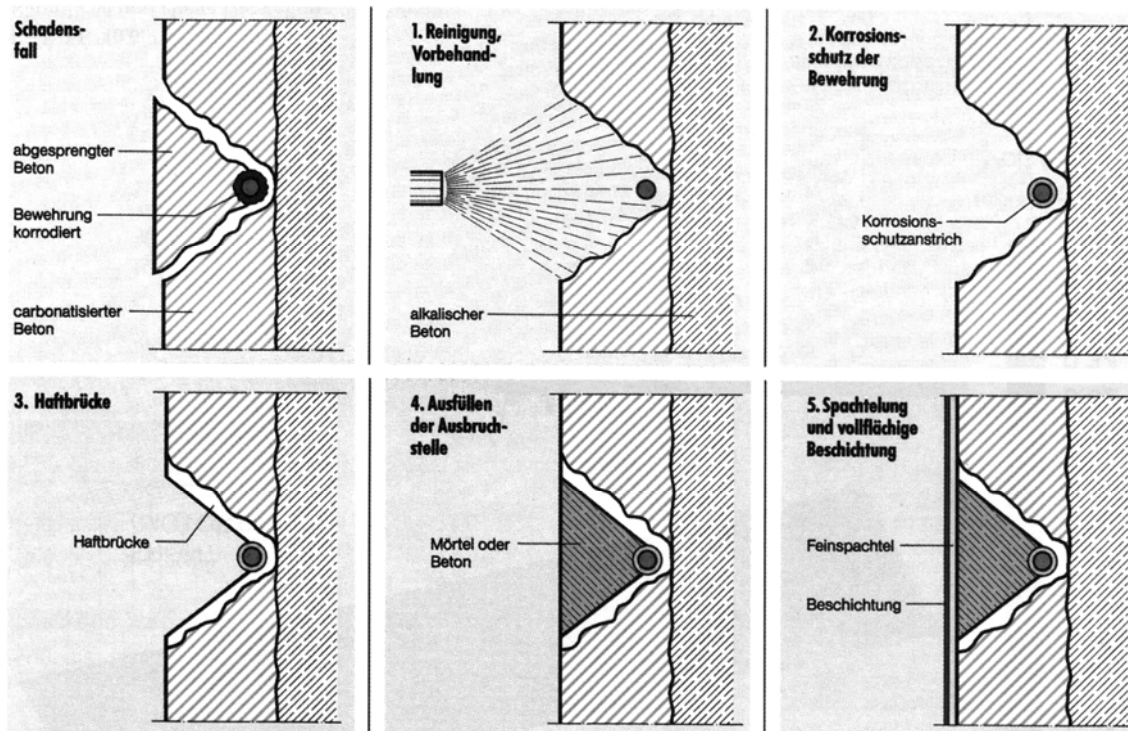
- Beschichtung

- Herstellung einer geschlossenen Schutzschicht auf der Betonoberfläche
- Verhinderung des Eindringens flüssiger und gasförmiger Schadstoffe in den Beton
- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchung und Frost-/Tausalz-Angriff
- Überbrückung und damit Abdichtung von Rissen an der Betonoberfläche
- Dünne Beschichtung 0,3 – 1,0 mm
- Dicke Beschichtung 1,0 – 5,0 mm
- Grundierung erforderlich
- Egalisierung / Ausgleichspachtelung:
  - Poren- und Lunkerspachtelung
  - Kratzspachtelung
  - Flächenspachtelung (Feinspachtel)

- Alle Oberflächenschutzsysteme (OS) im Überblick: siehe DAfStb-RiLi Teil 2, Tabelle 5.1
- Organische Oberflächenschutzsysteme sind für den Einsatz in der Wasserwechselzone und im dauerwasserbelasteten Bereich nicht oder nur sehr eingeschränkt geeignet. Hier sollten ausschließlich mineralische Oberflächenschutzsysteme eingesetzt werden.

▪ Wasserwechselzone und Unterwasserbereich: Mineralische (anorganische) Oberflächenschutzsysteme und Auskleidungen

- Herkömmliche mineralische, ggf. kunststoffmodifizierte Oberflächenschutzsysteme (PCC)
  - Bis zu pH-Werten von 4 - 3,5 beständig und geeignet
  - Erhöhung der Beständigkeit der Betonoberfläche gegen chemischen Angriff (ggf. Einsatz spezieller sulfatbeständiger Oberflächenschutzsysteme notwendig)
  
- Spezielle säurebeständige Silikatmörtel
  - Sehr hohe Beständigkeit gegen Säuren und BSK (bis pH 0)
  - Vor allem geeignet für den Schutz und die Instandsetzung von gedeckelten Anlagen (Gefahr von BSK)
  
- Auskleidungen und kombinierte Beläge
  - Zum Schutz besonders gefährdeter Anlagenteile, z.B. bei BSK (u.a. bewährt in Schachtbauwerken der Abwasserkanalisation und in gedeckelten Anlagen)
  - Entsprechende Norm: DIN 28052, Teile 4 und 5
  - Verfahren:
    - vollflächig verklebte Auskleidungen
    - mechanisch verankerte Auskleidungen
    - lose Auskleidungen
  - Bahnen (Folien), Platten oder Rohre aus Thermoplasten, Elastomeren oder GFK



Typischer Ablauf der Instandsetzung eines lokalen Betonschadens infolge Stahlkorrosion (Quelle: Ph. Holzmann, Frankfurt)

Stadtentwässerung Dresden	<h1>Technische Richtlinien</h1>	Fassung v. 01.03.2005 Ersetzt:	Nr.: <b>1.5.</b>
------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------

## **Anlage B: Allgemeine Vorgaben für Ausschreibungen und Checklisten zur Kontrolle der Ausführung**

### **Allgemeine Hinweise für Ausschreibungen**

- Hinweise und Vorgaben für Betonarbeiten wie Einbau, Verdichten und Nachbehandeln von Beton, sind unter „Betontechnische Vorgaben für die Leistungsbeschreibung“ zusammengefasst und können in dieser Form als zusätzliche technische Vertragsbedingungen (ZTV) bei Ausschreibungen vereinbart werden.
- Grundlage für Sanierungs- und Instandsetzungsarbeiten an Betonbauteilen ist generell die DAfStb-RiLi „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ in der Ausgabe Oktober 2001. Entsprechende Arbeiten müssen grundsätzlich in Übereinstimmung mit dieser Richtlinie ausgeführt werden.
- Mitarbeitern der SE DD stehen nur begrenzte Möglichkeiten zur Kontrolle der Ausführung der Arbeiten zur Verfügung (siehe „Checklisten zur Kontrolle der Ausführung von Sanierungs-/Instandsetzungsarbeiten“). **Daher ist es sehr wichtig, dass ausschließlich solche Firmen angefragt und später beauftragt werden, die bereits im Vorfeld ihre Erfahrung auf diesem Gebiet und entsprechende Referenzobjekte nachweisen können.**
- Die regelmäßige Kontrolle der Ausführung der Arbeiten durch Mitarbeiter der SE DD zusätzlich zur Überwachung durch das ausführende Unternehmen (Bauleiter oder Baustellenfachpersonal) und die qualifizierte Führungskraft (siehe DAfStb-RiLi Teil 3, Abschnitte 1.2 und 2.2) sollte als Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen vereinbart werden. Diese Kontrolle erfolgt mit Hilfe der Checklisten in Anlage B der DAfStb-RiLi, Seite 3-19. Für die darin enthaltene Position 8 „Betondeckung“ gilt, Zitat (1) „Betondeckung, Lage und Durchmesser der Bewehrung sind zerstörungsfrei mit einem elektronischen Prüfgerät zu messen und zu protokollieren. Für die Handhabung des Gerätes ist die Betriebsanleitung maßgebend. Die Genauigkeit des Gerätes ist zu überprüfen, z.B. neben bereits freiliegender oder freizulegender Bewehrung.“ Zitat (2) „Eine zerstörende Messung soll die Ausnahme sein.“

### **Betontechnische Vorgaben für die Leistungsbeschreibung**

Teile davon aus: E. Bayer et.al.: „Betonbauwerke in Abwasseranlagen“, Schriftenreihe der Bauberatung Zement, Hrsg. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Beton-Verlag GmbH Düsseldorf, 3. überarbeitete Auflage 1995.

Maßgebend für alle Betonarbeiten sind die DIN EN 206-1 und die DIN 1045. Die nachstehenden Forderungen sind im Zusammenhang und in Übereinstimmung mit den einschlägigen Abschnitten dieser Normen zu erfüllen.

### **Fugen**

Ausbildung und Lage der Bewegungsfugen sind nach Plan auszuführen, Besonderes Augenmerk ist auf die Befestigung der Fugenbänder und die vollständige Verdichtung des Betons in diesem Bereich zu richten.

Anzahl, Lage und Ausbildung der Arbeits- und Scheinfugen sind mit dem Tragwerksplaner abzustimmen und in die Pläne einzutragen. Zur Vermeidung von Undichtigkeiten sind in Arbeitsfugen Bleche (z. B. 250 bis 300 x 1 mm) oder Fugenbänder mittig einzubauen. Kreuzungen und ähnliche Verbindungen von Fugenbändern sind werkseitig herzustellen. Betonaufkantungen bei Arbeitsfugen zwischen Sohle und Wand sind min. 10 bis 20 cm hoch auszuführen. Änderungen bedürfen der Zustimmung des Auftraggebers.

Die Anschlussflächen der Arbeitsfugen sind so vorzubereiten, dass Feinmörtelschichten und lose Betonteile restlos entfernt werden. Auf die horizontalen Flächen ist bei Weiterführung der Betonarbeiten ein Anschlussbeton weicher Konsistenz aufzubringen.

Geneigte Arbeitsfugen sind grundsätzlich einzuschalen. Die Fugen sind durch waagrecht auf die Schalung genagelte gewässerte Bohlen zu fixieren, die bis zur Bewehrung und bis ca. 5 cm unter die Sohlbohle des Betonierabschnitts reichen. Nach Fertigstellung der Schicht und Erhärten des Betons wird die Bohle entfernt. Die entstandene Aussparung ist mit dem Beton der nächstfolgenden Schicht auszufüllen. Sowohl für eingeschaltete senkrechte als auch für geneigte Arbeitsfugen ist z. B. die Verwendung von Rippenstreckmetall als verlorene Schalung mit entsprechender Rüstung zulässig. Auch diese Flächen sind vor dem nächsten Betonierakt von Feinmörtelschichten und losen Betonresten zu säubern und vorzubehandeln.

### **Rissbreitenbeschränkung**

Das Entstehen von schädlichen Rissen ist durch betontechnologische, ausführungstechnische und konstruktive Maßnahmen zu vermeiden. Gegebenenfalls ist die Rissbreite durch Bewehrung auf ein unschädliches Maß zu beschränken (DIN 1045).

Soweit erforderlich, ist die rechnerisch nachzuweisende zulässige Rissbreite anzugeben.

### **Schalung**

Es gelten die Bestimmungen der DIN 1045-3.

Als Schalmaterial sind Brettschalung und/oder Brettplattenschalung (Schaltafeln) zu verwenden. Für die möglichst glatt herzustellenden Betonflächen, die mit Abwasser in Berührung kommen, sind gehobelte Holzschalungen oder Sperrholzschalungen einzusetzen. Vor dem ersten Einsatz ist die Holzoberfläche (Schalhaut) durch Aufbringen von Zementleim ( $w/z = 0,8$  bis  $1,0$ ) oder gleichwertige Maßnahmen zu altern. Der erhärtete Zementleim ist mit einem scharfen Wasserstrahl oder mit einer Bürste wieder zu entfernen. Die Schalung muss maßgenau, standfest, dicht und sauber sein. Am Fuß der Schalung sind Reinigungsöffnungen vorzusehen. An den Stößen von Schaltafeln und vorgefertigten Schalelementen sind Dichtungstreifen einzulegen. Ecken und Kanten sind durch Einlegen von Dreikantleisten zu brechen. Ausgetrocknetes Schalmaterial muss mindestens einen Tag vor dem Betonieren gründlich genässt und feuchtgehalten werden. Es sind solche Trennmittel zu verwenden, welche die Saugfähigkeit der Schalung nicht beeinträchtigen, wie z. B. Öl-in-Wasser-Emulsionen.

Die Art der Schalungsanker ist mit dem Auftraggeber abzustimmen. Eine ausreichende Anzahl von Schalungsankern ist zu verwenden. Rödeldrähte, die im Beton verbleiben, und Schalungsabstandhalter aus Kunststoff dürfen in Wandbereichen von Becken und Behältern nicht verwendet werden.

Bei stark geneigten Flächen (z. B. Schlammtrichter, Schneckenröge) kann Rippenstreckmetall als obere verlorene Schalung eingesetzt werden. In diesem Fall ist die endgültige Betonoberfläche mit Spritzbeton herzustellen.

### **Rohr- und Kabeldurchführungen**

Sofern durch Sohle und Wände der Becken Rohre und Kabel durchgeführt werden müssen, sind spezielle Einbauteile zu verwenden, die bei der Herstellung der Bauteile direkt einzubetonieren sind und eine sichere Abdichtung gewährleisten.

### **Anforderungen an den Beton**

Für die Herstellung des Betons gelten die Bestimmungen der DIN EN 206-1 und der DIN 1045-2. Bei Wandkronen und Räumlerlaufbahnen sind zusätzlich die Angaben der DIN 19569, Teil 1, Abschnitt 3.2, zu beachten.

Durch Zuordnung der Betonteile eines Bauwerks zu den entsprechenden Expositionsklassen der DIN EN 206-1/DIN 1045-2 werden jeweils festgelegt:

- die erforderliche Betonzusammensetzung
- die nötigen Betoneigenschaften
- die Mindestbetondeckung der Bewehrung.

#### *Wasserundurchlässiger Beton*

Bauteile, die mit Abwasser in Berührung kommen oder Grundwasser ausgesetzt sind, erfordern einen wasserundurchlässigen Beton (siehe TR, Abschnitt 2.1.2.1).

Es muss insbesondere durch Maßnahmen während der Bauausführung und konstruktive Maßnahmen dafür gesorgt werden, dass Fehlstellen im Beton, undichte Fugen und Risse vermieden werden.

#### *Beton mit hohem Widerstand gegen chemischen Angriff*

Das Abwasser (bei annähernd hydrostatischen Bedingungen)/Grundwasser/der Boden wird auf Grund einer chemischen Untersuchung als „schwach / mäßig / stark“ betonangreifend nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 eingestuft.

Stadtentwässerung Dresden	<b>Technische Richtlinien</b>	Fassung v. 01.03.2005 Ersetzt:	Nr.: <b>1.5.</b>
------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	------------------

Während der Bauausführung ist in besonderen Verdachtsfällen eine erneute Untersuchung und Beurteilung des Grundwassers und/oder des Bodens durchzuführen. Eine Einordnung des Betonbauteils in die Expositionsklasse XA3 ist immer verbunden mit einem unbedingt notwendigen Oberflächenschutz des Betons (siehe TR). In entsprechenden Fällen ist dieser vorzusehen (siehe TR, 2.1.2.1).

Für den Bereich **Abwasserkanalisation (fließendes Abwasser) erfolgt die Beurteilung der chemischen Beanspruchung** und der entsprechenden Anforderungen, an den Beton nicht nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2, sondern **nach ATV-Merkblatt ATV-M 168** (siehe TR 2.1.2.2).

Im Fall der Neuverlegung von Abwasserrohren und Schächten dürfen ausschließlich nur Betonrohre und Schächte des Typs 2 gemäß DIN V 1201 verwendet werden. Viele deutsche Hersteller fertigen sie nach den Qualitätsrichtlinien der FBS\*, welche die Forderungen der neuen europäischen Norm DIN EN 1916 deutlich übertreffen. Daher sollten ausschließlich FBS-Rohre zur Anwendung kommen.

Technische Parameter von zu verwendendem Rohrbeton (FBS\*-Rohre):  
Typ-2-Rohr nach DIN V 1201

- w/z = 0,38 (SRB\*\* : 0,30)
- Festigkeitsklasse C 40/50 (SRB\*\* :  $\geq$  C 75/85)
- flüssigkeits- und gasdicht (feuchte Oberfläche)
- hohe Schlagfestigkeit: keine Zerstörung durch schwere Steine
- erhöhter Widerstand gegen chemische und mechanische Beanspruchung

\*FBS = Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V.

\*\*SRB = säureresistenter Beton, dauerhaft bis pH 3,5, kurzzeitig bis pH 2 belastbar

*Beton mit hohem Frost- bzw. Frost-Tausalz widerstand*

Bauteile, die im durchfeuchteten Zustand häufigen Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt sind, müssen aus Beton mit hohem Frostwiderstand, Bauteile, die durch Taumittel beansprucht werden, müssen aus Beton mit hohem Frost-Tausalz widerstand nach DIN 1045 hergestellt werden.

### **Bewehrung und Betondeckung**

Der Bewehrungsstahl ist vor dem Einbau von Bestandteilen zu befreien, die den Verbund beeinträchtigen. Die Stahleinlagen sind unverschiebbar zu einem steifen Gerippe zu verbinden und/oder gegen seitliches Ausweichen und Herunterdrücken zu sichern.

Sachgerechtes Einbringen und Verdichten des Betons dürfen durch die Lage der Stahleinlagen nicht verhindert werden. Deshalb muss der Abstand der Stäbe untereinander und der Abstand der horizontalen Bewehrung zur Schalung (bei Stützen und Wänden Abstand vom Bügel) das Durchrutschen des Größtkorns ermöglichen. Sind die lichten Stababstände kleiner als der Durchmesser des verwendeten Größtkorns, so ist das Einbringen des Betons durch Anordnung von Lücken in der Bewehrung sicherzustellen.

Die in DIN 1045 und DIN 19569 angegebenen Betondeckungen sind Mindestmaße am fertigen Bauteil. Für die Dicke der Abstandhalter gelten die Verlegemaße, die aus dem Nennmaß (Mindestmaß + Vorhaltemaß) abgeleitet sind.

Die geforderte Betondeckung ist durch eine ausreichende Anzahl von Abstandhaltern sicherzustellen. Es gilt das „Merkblatt Betondeckung“. Bei korrosionsfördernden Einflüssen sind Abstandhalter aus Faserzement oder dichtem Zementmörtel zu verwenden.

Für Stahlbeton, der unmittelbar auf dem Baugrund hergestellt wird, sind die Abstandhalter auf einer mindestens 5 cm dicken, ebenen Sauberkeitsschicht aus Beton zu verlegen.

### **Einbringen des Betons**

Beton ist möglichst bald nach dem Mischen, Transportbeton möglichst sofort nach Anlieferung ohne Entmischung zu verarbeiten.

Die Frischbetontemperatur darf +5 °C nicht unter- und +30 °C nicht überschreiten. Bei kühler Witterung sind für Baustellen- und Transportbeton Mindesttemperaturen des Frischbetons einzuhalten.

Auf gefrorenem Baugrund und an gefrorene Bauteile darf nicht betoniert werden.

Beton darf beim Einbringen mit Kübel oder Pumpe nicht wesentlich mehr als 1 m frei fallen. Bei größeren Höhen sind für Kübel Schüttrohre zu verwenden.

Der Beton ist durch kurze Abstände der Einfüllstellen in gleich dicken und möglichst waagerechten Lagen einzubringen. Die Schichthöhen sollen 30 bis 50 cm betragen. Höhere Böschungen oder Schüttkegel sind zu vermeiden. Beim Einbringen des Betons dürfen Schalungsflächen und Bewehrung von späteren Betonierabschnitten nicht durch Beton verkrustet werden. Genügend Öffnungen für Schüttrohre, Schüttrinnen oder Verteilerschläuche sind vor Verlegen der Bewehrung einzuplanen. Ist die Einführung von Rohren von oben her nicht möglich, so ist der Beton durch seitliche Öffnungen in der Schalung einzubringen.

Beim Betonieren an erhärteten Beton sind vorher die Anschlussflächen zu reinigen und bei ausgetrocknetem Beton mindestens einen Tag zu nässen. Beim Einbringen des frischen Betons müssen die Anschlussflächen frei von Wasserpfützen sein. Auf horizontalen Flächen ist zunächst eine Anschlussmischung (z. B. gleiche Rezeptur, jedoch bei Zuschlaggemisch 0/32 ohne Korngruppe 16/32) in einer Schichthöhe von 10 bis 30 cm einzubauen.

### **Verdichten des Betons**

Beton muss vollständig verdichtet werden. Das Verdichten ist von erfahrenem und zuverlässigem Personal vorzunehmen. Besondere Sorgfalt ist bei schwer zugänglichen Stellen, z. B. im Bereich von Aussparungen, bei dichter Bewehrung, im Bereich der Fugenbänder und längs der Schalung erforderlich.

Waagerechte oder leicht geneigte Flächen können mit Oberflächenrüttlern (Rüttelplatten, Rüttelbohlen) verdichtet werden. Die Schichtdicke soll bei kräftig wirkenden Oberflächenrüttlern nach dem Verdichten höchstens 20 cm betragen. Bei Innenrüttlern ist die Rüttelflasche durch die zu verdichtende Schicht hindurch 10 bis 15 cm tief in den darunter befindlichen Beton einzutauchen. Der Abstand der Eintauchstellen ist so zu wählen, dass sich die von der Rüttelbewegung erfassten Betonbereiche überschneiden. Die Eintauchstellen des Rüttlers sollen nach Möglichkeit zwischen 10 und 20 cm von der Schalung liegen. Schalungsrüttler (Außenrüttler) dürfen nur bei dünnen Bauteilen, wie z. B. bei dünnen Wänden oder Stützen, verwendet werden. Stochern ist nur bei weichem Beton zulässig.

Auf ein Nachverdichten des Betons bei Wänden wird besonders hingewiesen. Es sollte möglichst spät nachgerüttelt werden, jedoch so rechtzeitig, dass der Beton beim Rütteln wieder plastisch wird. Für eine Nachverdichtung von waagerechten Betonflächen sind vorzugsweise Glättmaschinen (Propeller- oder Scheibenglätter) zu verwenden.

Bei Räumlerlaufbahnen aus Ortbeton soll der nachverdichtete Beton stets rund 1 bis 3 cm höher stehen als das Sollmaß. Im Anschluss an die Nachverdichtung ist der Beton der Lauffläche dann auf das Sollmaß abziehen.

### **Ausschalen und Nachbehandeln**

Junger Beton muss bis zum genügenden Erhärten gegen schädliche Einflüsse, z. B. gegen vorzeitiges Austrocknen (auch durch Wind), gegen extreme Temperaturen, übermäßige mechanische Beanspruchung und chemische Angriffe geschützt werden.

Der Schutz gegen Austrocknen muss unmittelbar nach Beendigung des Verarbeitens beginnen. Die Mindest-Nachbehandlungsdauer für Außenbauteile ist in der „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“ aufgeführt. Auf die Notwendigkeit längerer Nachbehandlungszeiten nach der vorgenannten Richtlinie und nach DIN 19569, Teil 1, wird ausdrücklich hingewiesen. Im Übrigen gelten die Bestimmungen der DIN 1045-3.

Während der Nachbehandlung ist der Beton ständig feucht zu halten bzw. durch andere Maßnahmen entsprechend zu schützen. Ist ein Feuchthalten vertikaler Betonflächen nicht möglich, muss der Beton für die Nachbehandlungsdauer in der Schalung stehen gelassen werden. Holzschalungen müssen dabei - insbesondere bei warmer Witterung - genässt werden. Die Verwendung geeigneter Nachbehandlungsfilme ist erlaubt. Sie dürfen nicht verwendet werden, wenn spätere Imprägnierungen, Anstriche oder Beschichtungen vorgesehen sind.



Bei Umgebungstemperaturen unter 0 °C ist der junge Beton bis zur Gefrierbeständigkeit vor Frost und Fremdwasser zu schützen. Es darf erst ausgeschalt werden, wenn der Beton die zu diesem Zeitpunkt angreifenden Lasten mit Sicherheit aufnehmen kann.

### Überwachen der Betoneigenschaften

Die Überwachung und Qualitätssicherung der Betoneigenschaften erfolgt gemäß den Bestimmungen in DIN EN 206-1, DIN 1045-2 und DIN 1045-3.

Für den Umfang der Güteprüfung - Nachweis der geforderten Frisch- und Festbetoneigenschaften gelten DIN EN 206-1 und DIN 1045-2. Hier sind Art und Umfang der Konformitätskontrolle, Produktionskontrolle und der Beurteilung der Konformität festgelegt. Die Überwachung der Betonbauten (Bauausführung) wird in der DIN 1045-3 geregelt. Wird Beton der Überwachungsklasse 2 und 3 eingebaut (im Abwasserbereich relevant), muss eine Überwachung sowohl durch das Bauunternehmen als auch durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle erfolgen.

### Sanierungs-/Instandsetzungsmaßnahmen: Entfernen von Altbeton

Quelle: Ingenieurakademie Bayern: „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“

Entsprechend der Ursache des Betonschadens bzw. den Anforderungen der festgelegten Instandsetzungsart muss ggf. geschädigter Beton oder Altbeton abgetragen werden. Das kann das Abtragen bereits gelockerter (abgeplatzter oder mürber) Gefügeteile aber auch das Abstemmen festen Betons bedeuten.

Für alle Betonabtragsarten gilt:

- Sie sind so schonend auszuführen, dass die Eigenschaften der Betonunterlage nicht nachteilig verändert werden, ebenso soll die Beschädigung von Anschlussbereichen vermieden werden.
- Die Ausbruchränder sind möglichst unter ca. 45° abgeschrägt herzustellen, das Auslaufen auf Null ist zu vermeiden.
- Beim Freilegen von Betonstahl ist dieser ca. 20 mm über seine Korrosionsgrenzen hinaus freizulegen, ferner ist durch entsprechend weiten Abtrag sicherzustellen, dass ein hohlstellenfreies Einbringen des Betonersatzstoffes um den Betonstahl herum möglich ist.
- Die Beschädigung von Betonstahl ist zu vermeiden, eine Beschädigung von Spanngliedern muss durch entsprechende Abtragsverfahren ausgeschlossen werden.
- Bei großflächigem Freilegen von tragender Bewehrung sind ggf. Bearbeitungsabschnitte festzulegen.
- Die Standsicherheit während der Bauphasen ist zu berücksichtigen, ggf. sind Hilfsabstützungen anzuordnen oder taktweise Bearbeitung einzuplanen.
- Ort, Umfang und Tiefe der Abtragsflächen sind anhand der Voruntersuchungen, gemeinsam mit dem Auftraggeber festzulegen.
- Zum Schutz des Personals, der Umgebung und angrenzender Bauteile sind entsprechende Schutzmaßnahmen vorzusehen.
- Die Verankerung der Arbeitsgerüste an den zu bearbeitenden Flächen ist bei Abspitzarbeiten im Verankerungsreich der Abtragstiefe entsprechend anzupassen, ggf. kann ein Standsicherheitsnachweis erforderlich werden.

Schadensursache	Instandsetzungsart	Untergrundvorbereitung
<b>vorbeugender Schutz</b> gegen CO <sub>2</sub> oder Säuren	Carbonatisierungsbremse oder Beschichtung	Aufrauen der Betonoberfläche, Entfernen der Zementschlämme, Entfernen artfremder Stoffe
<b>„Abwitterung“ von Beton</b> z. B. Frostschäden	Betonreprofilierung und Beschichten	Entfernen der Zementschlämme, evtl. Abtrag von nicht frostbeständigem

Zuschlag,  
Entfernen artfremder Stoffe

<b>Korrosion der Bewehrung</b> wegen <b>Carbonatisierung</b>	Instandsetzung C, W und R	Freilegen korrodierter Bewehrung, Entrosten der Bewehrung, Entfernen der Zementschlämme, Entfernen artfremder Stoffe
<b>Korrosion der Bewehrung</b> wegen <b>Chloridbelastung</b>	Betonersatz durch Ort- oder Spritzbeton	Abtragen des chloridbelasteten Betons, Entrosten der Bewehrung, Wasserstrahlen der Bewehrung, Entfernen der Zementschlämme, Entfernen artfremder Stoffe
<b>Korrosion der Bewehrung</b> wegen <b>Chloridbelastung</b>	Kathodischer Schutz	Abtragen loser Betonteile, Entfernen der Zementschlämme, Entfernen artfremder Stoffe
<b>Verunreinigungen</b> durch Öl, Fett. o. ä.	Betonersatz Beschichtung	Abtragen schadhafte Betons, Entfernen der Zementschlämme, Entfernen artfremder Stoffe



.....  
.....

- Ist-Zustand nach Verfüllung

.....  
.....

- Eingebrachte Füllstoffe und verwendete Füllverfahren

.....  
.....

▪ Fugeninstandsetzung

- Ziele der Einzelmaßnahmen, anzuwendende Verfahren und Sollzustand nach Instandsetzung gemäß Instandsetzungs- und Arbeitsplan

.....  
.....  
.....

- Ist-Zustand nach Instandsetzung

.....  
.....  
.....

▪ Oberflächenvorbereitung, Abtrag von geschädigtem Beton, Freilegen korrodierten Bewehrungsstahls

- Im Instandsetzungs- und Arbeitsplan festgelegte Verfahren zur Oberflächenvorbereitung und vorgegebener Umfang der Arbeiten

.....  
.....  
.....  
.....

- Festgelegter Sollzustand nach Oberflächenvorbereitung gemäß Instandsetzungs- und Arbeitsplan, inkl. Vorgaben für zu prüfende Parameter wie Betonfestigkeit, Oberflächenzugfestigkeit, Rauheit, etc.

.....  
.....  
.....  
.....

- Bei Schäden durch Korrosion des Bewehrungsstahls zusätzlich: Entrostungsverfahren und geforderter Ober-

flächenvorbereitungsgrad für die freigelegte Stahlbewehrung; ggf. Art und Ausführung der Korrosionsschutzbeschichtung des Stahl und/oder der Haftbrücke

.....  
.....  
.....  
.....

Schicht-

- Ist-Zustand nach Oberflächenvorbereitung, inkl. Kontrolle der Prüfnachweise für zu prüfende Parameter wie Betonfestigkeit, Oberflächenzugfestigkeit, Rauheit, Stahl-Oberflächenvorbereitungsgrad, Schichtaufbau/dicken der Stahl-Korrosionsschutzbeschichtung, Ausführung Haftbrücke etc.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

se

- Reprofilierung (Verfüllung lokaler Schäden) mit Instandsetzungsmörtel/-beton oder Betonersatzsystemen bzw. großflächiges Auftragen zementgebundener Instandsetzungsstoffe

- Im Instandsetzungs- und Arbeitsplan festgelegte Instandsetzungsstoffe und Verarbeitungsverfahren (beim großflächigen Auftragen zementgebundener Instandsetzungsstoffe in Schalung sind die zusätzlichen Hinweise unter „Betontechnische Vorgaben für die Leistungsbeschreibung“ der Anlage B unbedingt zu beachten)

.....  
.....  
.....  
.....

din-

- Im Instandsetzungs-/Arbeitsplan und in den Herstellerangaben festgelegte, einzuhaltende Verarbeitungsbedingungen der Instandsetzungsstoffe (Witterungsverhältnisse, Temperatur und Feuchte der Bauteile etc.) sowie deren Nachbehandlung

.....  
.....  
.....

- Sollzustand nach Verfüllung/großflächigem Auftragen

.....  
.....

- Eingesetzte Instandsetzungsstoffe, verwendete Verarbeitungs- und Nachbehandlungsverfahren

.....  
.....  
.....  
.....

- Verarbeitungsbedingungen der Instandsetzungsstoffe (Witterungsverhältnisse etc.):
    - a) über den gesamten vorgeschriebenen Zeitraum eingehalten (Dokumentation)
      -
    - b) nicht eingehalten (Dokumentation der Abweichungen)
      -
- Bemerkungen

.....

▪ Aufbringen von Oberflächenschutzsystemen

- Im Instandsetzungs- und Arbeitsplan festgelegte Oberflächenschutzsysteme inkl. Schichtaufbau, Schichtdicken, Applikationsverfahren usw.

.....  
.....  
.....  
.....

- Im Instandsetzungs-/Arbeitsplan und in den Herstellerangaben festgelegte, einzuhaltende Verarbeitungsbedingungen (Witterungsverhältnisse, Temperatur und Feuchte der Bauteile etc.) sowie u.U. Nachbehandlung der Oberflächenschutzsysteme

.....  
.....  
.....  
.....

- Eingesetzte Oberflächenschutzsysteme, verwendete Applikations- und Nachbehandlungsverfahren, Kontrolle der Prüfnachweise/der Dokumentation für wichtige Parameter wie z.B. applizierte Schichtdicken und Schichtaufbau (inkl. Spachtelung)

.....  
.....  
.....  
.....

- Verarbeitungsbedingungen für die Oberflächenschutzsysteme (Witterungsverhältnisse etc.):
  - a) über den gesamten vorgeschriebenen Zeitraum eingehalten (Dokumentation)
    -
  - b) nicht eingehalten (Dokumentation der Abweichungen)
    -

Stadtentwässerung Dresden	<b>Technische Richtlinien</b>	Fassung v. 01.03.2005 Ersetzt:	Nr.: <b>1.5.</b>
------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	------------------

Bemerkungen

.....

Dresden, .....

Unterschrift: .....

**Anlage C: Hersteller von Schutz- und Instandsetzungssystemen (Bundesanstalt für Straßenwesen)**

<p><b>Zusammenstellung der zertifizierten Stoffe und Stoffsysteme nach ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 (SIB)</b></p> <p>für</p> <p><b>Betonersatzsysteme aus Zementmörtel/Beton mit Kunststoffzusatz (PCC) für die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege</b></p> <p><b>Stand 02.01.2004</b></p>
--

Nr.	Hersteller	Bezeichnung des Systems	Zum System gehörende Komponenten	Anwendungsfall	Ablaufdatum
1	Azko Nobel Deco GmbH 50827 Köln	<b>Herbol-Beton-Instandsetzungssystem</b>	Herbol-Beton-Primer (MKB/MHB) Herbol-Beton-Füllmörtel (WM) Herbol-Beton-Feinmörtel (FS) Herbol-Beton-Dünnputz (FS)	II	05.2006
2	Brillux GmbH 48163 Münster	<b>Brillux-PCC-Betoninstandsetzungssystem</b>	Brillux PCC-Basischutz 801 Brillux PCC-Füllmörtel 803 Brillux-Feinspachtel 804	II	04.2004
3	Caparol Farben Lacke Bautenschutz GmbH & CO. Vertriebs KG	<b>PCC Instandsetzungssystem Disbocret 544 PCC I-Grobmörtel</b>	Disbocret 502 Protec plus Disbocret 544 PCC I-Grobmörtel	I	09.2005
4	64372 Ober-Ramstadt	<b>Disbocret PCC-System</b>	Disbocret 502 Protec plus Disbocret 545 PCC II-Feinmörtel	I, II <sup>2)</sup>	04.2004
5	Colfirmat Rajasil GmbH 15345 Atlandsberg	<b>BEROTEK PCC-System</b>	BEROTEK PCC 6-50 (WM) BEROTEK MKH (MKB/MHB) BEROTEK PCC 2-5 (FS)	II	12.2004
6	Diessner GmbH & CO. KG 12347 Berlin	<b>Diessner Betontechnik BE-PCC-System</b>	Diessner Betontechnik K & H (MKH/MKB) Diessner Betontechnik PCC 05 (FS) Diessner Betontechnik PCC 2 (WM)	I, II	09.2004
7	Heidelberger Bauchemie GmbH Marke Deitermann 45711 Datteln	<b>CERNIOL® ES4</b>	CERNIOL ES 4 (WM) CERNIOL ZH (MHB) CERNIOL MK (MKB)	I	03.2005
8		<b>CERNIOL® ES8</b>	CERNIOL ES 8 (WM) CERNIOL ZH (MHB) CERNIOL MK (MKB)	I	03.2005
9		<b>CERNIOL® RM</b>	CERNIOL RM (WM) CERNIOL ZH (MHB) CERNIOL MK (MKB) CERNIOL OF (FS) -	II	03.2005
10	Heidelberger Bauchemie GmbH (Marke Polyment) 69181 Leimen	<b>Polyment BM 4 Betonersatzsystem</b>	Polyment BM 4 – Betonersatzmörtel (WM) Polyment ZH – Zementhaftbrücke (MHB) Polyment MK 1 – Mineralischer Korrosionsschutz (MKB)	I	03.2005
11		<b>Polyment BE 8 Betonersatzmörtel</b>	Polyment BE 8 – Betonersatzmörtel (WM) Polyment ZH – Zementhaftbrücke (MHB) Polyment MK 1 – Mineralischer Korrosionsschutz (MKB)	I	03.2005
12		<b>Polyment RE Reparaturmörtel</b>	Polyment RE – Reparaturmörtel (WM) Polyment ZH – Zementhaftbrücke (MHB) Polyment MK 1 – Mineralischer Korrosionsschutz (MKB) Polyment FS – Feinspachtel (FS)	II	03.2005

<sup>1)</sup> mit Änderung vom  
<sup>2)</sup> ohne Anwendungsfall III



**Zusammenstellung der zertifizierten Stoffe und Stoffsysteme nach  
ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 (SIB)**

für

**Betonersatzsysteme aus Zementmörtel/Beton mit Kunststoffzusatz (PCC) für  
die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege**

Stand 02.01.2004

Nr.	Hersteller	Bezeichnung des Systems	Zum System gehörende Komponenten	Anwendungsfall	Ablaufdatum
13	Keimfarben GmbH & CO. KG 86420 Diedorf	Concretal Betoninstandsetzungs-System	Concretal Mörtel (WM) Concretal Haftbrücke (MHB) Concretal Korrosionsschutz (EKB) Concretal Korrosionsschutz M (MKB) Concretal Spachtel (FS)	I, II	01.2005
14	MARMORIT GmbH 79283 Bollschweil	ATON Betonersatzsystem	ATON – Mörtel (WM) ATON – Haftschlämme (MHB) ATON – Korrosionsschutz (MKB) ATON – Spachtel (FS) ATON – Grobspachtel (FS)	I, II	10.2004
15	Mapei GmbH 63906 Erlenbach / Main	MAPEI-PCC-SYSTEM	MAPEFER 1 K MAPEGROUT PRIMER D MAPEGROUT 50 PCC MONOFINISH 5	I, II	07.2006
16	Marbos Bauchemie GmbH 44379 Dortmund	Marbomer GM Betoninstandsetzungssystem	Marbomer GM (WM) Marbomer MKH (MKB/MHB) Marbomer FS (FS)	I, II	06.2004
17	MC-Bauchemie Müller GmbH & CO. KG 46238 Bottrop	Nafufill KM 130	Nafufill KM 130 (WM) Nafufill HB (MHB) Zentrifix KMH (MKB)	I	02.2005
18		Nafufill KM 180	Nafufill KM 180 (WM) Nafufill HB (MHB) Zentrifix KMH (MKB)	I	02.2005
19		Nafufill KM 250	Zentrifix KMH (MKB) Nafufill KM 250 (WM) Nafufill KM 110 oder Nafufill KM 103 (FS)	I, II	03.2005
20	Pagel-Spezial-Beton GmbH & CO. KG 45355 Essen	MS 20 PAGEL-PCC-Mörtel	MS 02 PAGEL Korrosionsschutz und Haftbrücke (MHB/MKB) MS 20 PAGEL PCC-Mörtel (WM) MS 05 PAGEL PCC-Spachtel (FS)	I, II	03.2004
21		MH 80 PAGEL-PCC-I-System	MS 02 PAGEL Korrosionsschutz und Haftbrücke (MHB/MKB) MH 80 PAGEL PCC-I-Mörtel (WM)	I	09.2005
22		MH 80 PAGEL-PCC-I-Grobmörtelsystem	MH 02 PAGEL Korrosionsschutz und Haftbrücke (MHB/MKB) MH 80 PAGEL PCC-I-Mörtel (WM)	I	09.2005
23		MH 20 PAGEL-PCC-I-Feinmörtelsystem	MH 02 PAGEL Korrosionsschutz und Haftbrücke (MHB/MKB) MH 20 PAGEL PCC-I-Mörtel (WM)	I	03.2006
24		MH 20 PAGEL-PCC-I-System	MS 02 PAGEL Korrosionsschutz und Haftbrücke (MHB/MKB) MH 20 PAGEL PCC-I-Mörtel (WM)	I	04.2004

<sup>1)</sup> mit Änderung vom

<sup>2)</sup> ohne Anwendungsfall III

**Zusammenstellung der zertifizierten Stoffe und Stoffsysteme nach  
ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 (SIB)**

für

**Betonersatzsysteme aus Zementmörtel/Beton mit Kunststoffzusatz (PCC) für  
die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege**

Stand 02.01.2004

Nr.	Hersteller	Bezeichnung des Systems	Zum System gehörende Komponenten	Anwendungsfall	Ablaufdatum
25	PCI Augsburg GmbH 86159 Augsburg	<b>PCI Peciment® - System</b>	PCI – Peciment® 50 (WM) PCI – Pecihaft® (MHB) PCI – Legaran® RP (MKB) PCI – Legaran® A (EKB) PCI – Peciment® 5 (FS)	I, II	10.2004
26	P & T Technische Mörtel CO. KG 41462 Neuss	<b>EUROCRET PCC-I-System</b>	EuroCret MKH (MHB/MKB) EuroCret 40 (WM) EuroCret 80 (WM)	I	06.2006
27		<b>EUROCRET PCC-BE-System</b>	EuroCret HKS Haftbrücke und Korrosionsschutz (MHB/MKB) EuroCret Grobmörtel 04 (WM) EuroCret Feinmörtel 02 (WM) EuroCret Feinspachtel (FS)	I, II	01.2005
28	quick-mix Gruppe GmbH & CO. KG 49090 Osnabrück	<b>quick-mix Betonspachtel-system</b>	BS210 Korrosionsschutz und Haftbrücke (MHB/MKB) BS220 Reparaturmörtel grob (WM) BS230 Betonspachtel fein (WM)	I, II	07.2004
29	Relius Coatings GmbH & CO. KG 26015 Oldenburg	<b>Relius Coatings</b>	Relius Korrosionsschutz MI (MKB) Relius Mörtel-Haftbrücke (MHB) Relius Reparaturmörtel grob (WM) Relius Betonspachtel fein (FS)	I, II	01.2005
30	Remmers Bauchemie GmbH 49624 Löhningen	<b>Viscacid BE-PCC-System</b>	Viscacid PCC – Mörtel 0/2 (WM) Viscacid PCC – Mörtel 0/8 (WM) Viscacid PCC – Haftbrücke (MHB) Viscacid PCC – Rostschutz (EKB) Viscacid PCC – Spachtel (FS)	I, II	01.2004
31		<b>Viscacid BE-PCC-System N</b>	Viscacid PCC Grund (MHB/MKB) Viscacid PCC Mörtel 0/2 N (WM) Viscacid PCC Spachtel N (FS)	I, II	03.2004
32		<b>Viscacid BE-PCC-System NB</b>	Viscacid PCC Grund (MHB/MKB) Viscacid PCC Mörtel 0/8 N (WM)	I	09.2005
33	SAKRET GEBEO Trockenbaustoffe GmbH 37431 Bad Lauterb.	<b>SAKRET BE – PCC-System</b>	SAKRET – PCC-Grobmörtel (WM) SAKRET – K & H (MHB/MKB) SAKRET – PCC-Feinspachtel (FS)	I, II	08.2004
34	Sakret Trockenbaustoffe Saar GmbH 66914 Waldmohr	<b>SAKRET 2 – Komponenten BE – PCC-System</b>	SAKRET Beton 0/8 (WM) SAKRET Beton 0/4 (WM) SAKRET Anmachflüssigkeit AF (D) SAKRET K+H Korrosionsschutz (MHB/MKB)	I	01.2005

<sup>1)</sup> mit Änderung vom

<sup>2)</sup> ohne Anwendungsfall III

**Zusammenstellung der zertifizierten Stoffe und Stoffsysteme nach  
ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 (SIB)**

für

**Betonersatzsysteme aus Zementmörtel/Beton mit Kunststoffzusatz (PCC) für  
die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege**

Stand 02.01.2004

Nr.	Hersteller	Bezeichnung des Systems	Zum System gehörende Komponenten	Anwendungsfall	Ablaufdatum
35	SAKRET Trockenbaustoffe GmbH & CO. 73776 Altbach	<b>SAKRETIER Betonersatzsystem</b>	SAKRETIER – Betonersatz (WM) SAKRETIER – Haftbrücke (MHB) SAKRETIER – Korrosionsschutz (MKB) SAKRETIER – Spachtel (FS) SAKRETIER – Grobspachtel (FS)	I, II	01.2005
36	Sakret Produktionsgesellschaft Münsterland mbH Münster	<b>SAKRET Betoninstandsetzungssystem</b>	SAKRET BEM (WM) SAKRET MKH (MKB/MHB) SAKRET BMF (FS)	I, II	06.2004
37	Sakret-Tubag Trockenbaustoffe GmbH & CO. KG Neuss	<b>BetoCret Betoninstandsetzungssystem</b>	BetoHaft (MHB/MKB) BetoCret 4 (WM) BetoCret 8 (WM)	I	06.2006
38	Schomburg GmbH & CO. KG 32760 Detmold	<b>Asocret PCC-System I</b>	Asocret – KS/HB (MKB/MHB) Asocret – FM 40 H (WM) Asocret – FS (FS)	I, II	03.2004
39		<b>Asocret PCC-System II</b>	Asocret – KS/HB (MKB/MHB) Asocret – GM 100 (WM)	I, II	09.2005
40		<b>Asocret PCC-System III</b>	Asocret – KS/HB (MKB/MHB) Asocret – FM 40 V (WM)	I, II	04.2004
41	Sika Deutschland GmbH 70439 Stuttgart	<b>SikaTop ES</b>	SikaTop ES K & H 101 (MKB/MHB) SikaTop ES 104 (WM) SikaTop ES 108 (WM) SikaTop ES Additiv 100 (D)	I	11.2005
42		<b>Sika Mono Top 600 NEU</b>	Sika Mono Top 601 Neu (MKB) Sika Mono Top 602 Neu (MHB) Sika Mono Top 603 Neu (WM) Sika Mono Top 622 (FS) Sika Mono Top 610 REP (MKB/MHB) Icoment 520 (FS)	I, II	03.2005
43	Sopro Bauchemie GmbH 65203 Wiesbaden	<b>Sopro PCC-System</b>	Sopro Repadur KS (#850) (MKB) Sopro Repadur MH (#851) (MHB) Sopro Repadur 50 (#852) (WM) Sopro Repadur 5 (#853) (FS)	I, II	07.2006

<sup>1)</sup> mit Änderung vom

<sup>2)</sup> ohne Anwendungsfall III

**Zusammenstellung der zertifizierten Stoffe und Stoffsysteme nach  
ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 (SIB)**

für

**Betonersatzsysteme aus Zementmörtel/Beton mit Kunststoffzusatz (PCC) für  
die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege**

Stand 02.01.2004

Nr.	Hersteller	Bezeichnung des Systems	Zum System gehörende Komponenten	Anwendungsfall	Ablaufdatum
44	StoCretec GmbH 79778 Stühlingen	<b>StoCrete PCC I-System</b>	StoCrete BE Haftbrücke (MKB/MHB) StoCrete BE Mörtel grob (WM)	I	01.2005
45		<b>Sto Gradientenausgleich</b>	StoCrete TK (MKB) StoCrete TH 200 (MHB) StoCrete TG 103 (WM)	I	03.2005
46		<b>Sto Ingenieurbausystem</b>	StoCrete TG 202 (WM) StoCrete TG 204 (WM) StoCrete TH 200 (MHB) StoCrete TK (MKB) StoPox AR (EKB) StoCrete TF 200 (FS)	I, II	09.2004
47	Vandex Isoliermittel Gesellschaft mbH 31515 Hamburg	<b>Vandex CRS Mörtel</b>	Vandex CRS Reparaturmörtel (WM) Vandex CRS Haftbrücke (MHB) Vandex CRS Korrosionsschutz (MKB) Vandex CRS Feinspachtel (FS)	I, II	01.2004
48	Woellner Werke GmbH & CO. KG 67065 Ludwigshafen	<b>PCC Betonersatzsystem ombran Reparaturmörtel 1K</b>	ombran Ferrogrund S (MKH/MKB) ombran PCC 1K1 (WM)	I, II	01.2006

<sup>1)</sup> mit Änderung vom  
<sup>2)</sup> ohne Anwendungsfall III

WM	Werk trockenmörtel	MKB	Mineralische Korrosionsschutz-Beschichtung
MHB	Mineralische Haftbrücke	EKB	Epoxidharz Korrosionsschutz-Beschichtung
EHB	Epoxidhaftbrücke	EP (WM/FS)	Epoxidharz/Härter für WM/FS
D	Dispersion	EP (MHB/MKB)	Epoxidharz/Härter für MHB/MKB
FS	Feinspachtel (Trockenkomponente)		

**Zusammenstellung der zertifizierten Stoffe und Stoffsysteme nach  
ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 (SIB)**

für

**im Spritzverfahren aufzubringende Betonersatzsysteme aus Zementmörtel/Beton mit Kunststoffharz (SPCC) für  
die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege**

**Stand 02.01.2004**

Nr.	Hersteller	Bezeichnung des Systems	Zum System gehörende Komponenten	Anwendungsfall	Ablaufdatum
1	Caparol Farben Lacke Bautenschutz GmbH & CO. Vertriebs KG 64372 Ober-Ramstadt	<b>Disbocret SPCC-System</b>	Disbocret 502 Protec-plus (MKB) Disbocret 548 SPCC-Mörtel (WM)	NSV TSV	09.2005
2	Heidelberger Bauchemie GmbH (Marke Polymerent)	<b>Polyment SM 2 Spritzmörtel</b>	Polyment SM 2 Spritzmörtel (WM) Polyment MK 1 Mineralischer Korrosionsschutz (MKB)	NSV max. 30 mm Schichtdicke	05.2005
3	69181 Leimen	<b>Polyment TSM</b>	Polyment MK I (MKB) Polyment TSM (WM)	TSV Schlauchlänge bis 200 m	10.2007
4	MARMORIT GmbH 79283 Bollschweil	<b>ATON Betonersatzsystem</b>	ATON-Mörtel (WM) ATON-Korrosionsschutz (MKB)	TSV Schlauchlänge bis 200 m	10.2004
5	MC-Bauchemie Müller GmbH & CO. KG	<b>Nafufill GTS</b>	Nafufill GTS (WM) Colusal MK (Komp. A/B) (MKB)	TSV	05.2005
6	46238 Boltrop	<b>Nafufill GTS-HS</b>	Nafufill GTS-HS (WM) Colusal MK (Komp. A/B) (MKB)	TSV	03.2005
7		<b>SPCC Betonersatzsystem SP 20</b>	SP 20 SPCC Spritzmörtel (WM) M 10/02 Korrosionsschutz (MKB)	NSV TSV	03.2004
8	Pagel-Spezial-Beton GmbH & CO. KG 45355 Essen	<b>SP 20 PAGEL SPCC- System</b>	SP 20 SPCC Spritzmörtel (WM) MS 02 PAGEL Korrosionsschutz und Haftbrücke (MKB)	NSV TSV	09.2005
9		<b>SP 40 PAGEL SPCC- System</b>	SP 40 PAGEL SPCC-Spritzmörtel (WM) MS 02 PAGEL Korrosionsschutz und Haftbrücke (MKB)	TSV	12.2006
10	SAKRET GEBEO Trockenbaustoffe GmbH 37431 Bad Lauterberg	<b>SAKRET SPCC-System</b>	SAKRET Spritzmörtel SPCC 3 (WM) SAKRET Mineralischer Korrosionsschutz MKS (MKB)	TSV Schlauchlänge bis 180 m	02.2005
11	SAKRET Trockenbaustoffe GmbH & CO. 73776 Altbach	<b>Sakretier Betonersatzsystem</b>	Sakretier Betonersatz (WM) Sakretier Korrosionsschutz (MKB)	TSV Schlauchlänge bis 200 m	10.2004
12	Sika Deutschland GmbH 70439 Stuttgart	<b>SikaCem Gunit 133 REP</b>	Sika Top Armatec 110 EpoCem (MKB) SikaCem Gunit 133 REP Spritzmörtel (WM)	TSV	05.2005
13		<b>SikaCem Gunit</b>	SikaCem 210 KS SikaCem Gunit 212 S	TSV Schlauchlänge bis 180 m	02.2005

**Zusammenstellung der zertifizierten Stoffe und Stoffsysteme nach  
ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 (SIB)  
für  
im Spritzverfahren aufzubringende Betonersatzsysteme aus Zementmörtel/Beton mit Kunststoffharz (SPCC) für  
die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege  
Stand 02.01.2004**

Nr.	Hersteller	Bezeichnung des Systems	Zum System gehörende Komponenten	Anwendungsfall	Ablaufdatum
14	StoCretec GmbH 79778 Stühlingen	<b>StoCrete TS 100</b>	StoCrete TS 100 (WM) StoCrete TK (MKB) StoPox AR (EKB)	TSV	01.2005
15		<b>StoCrete TS 200</b>	StoCrete TS 200 (WM) StoCrete TK (MKB) StoPox AR (Komp. A/B) (EKB)	NSV	08.2005
16	Woellner Werke GmbH & CO. KG 67014 Ludwigshafen	<b>Ombran S 20</b>	Ombran S 20 (WM) Ombran Ferrogrund S (MKB)	NSV TSV	03.2004

WM	Werk trockenmörtel	MKB	Mineralische Korrosionsschutz-Beschichtung
D	Dispersion	EKB	Epoxidharz Korrosionsschutz-Beschichtung
EP	Epoxidharzkomponente (WM)	NSV/TSV	Nass- bzw. Trockenspritzverfahren

**Zusammenstellung der zertifizierten Stoffe und Stoffsysteme nach  
ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 (SIB)**

für

**Betonersatzsysteme aus Reaktionsharzmörtel/Reaktionsharzbeton (PC) für  
die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege**

**Stand 02.01.2004**

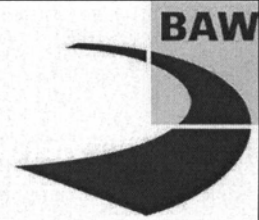
Nr.	Hersteller	Bezeichnung des Systems	Zum System gehörende Komponenten	Anwendungsfall	Ablaufdatum
1	Sicotan - Gesellschaft für Kunststoffanwendung mbH 49090 Osnabrück	<b>MBC MH 105</b>	MBC KS 111/W (EKB) MBC MH 105 (EHB) MBC MH und MBC Füllstoffgemisch 2 (RM)	PC O	11.2005
2	StoCretec GmbH 79778 Stühlingen	<b>StoCrete PC Ingenieurbausystem</b>	StoPox KSH thix (EHB/EKB) StoPox Mörtel Standfest (RM)	PC O,U	06.2005

RM	Reaktionsharzmörtel	MKB	Mineralische Korrosionsschutz-Beschichtung
H	Härter	EKB	Epoxidharz Korrosionsschutz-Beschichtung
EHB	Epoxidharzhaftbrücke		

**Anlage D: Von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) geprüfte und empfohlene Systeme**

**Zusammenstellung der geprüften Stoffe und Stoffsysteme nach ZTV-W LB 219 für Spritzmörtel/Spritzbeton mit Kunststoffzusatz (SPCC)**

für die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen mit verkehrswasserbauspezifischen Beanspruchungen an Bundeswasserstraßen



**Stand: 15.09.2003**

Nr.	Hersteller	Produkt	Beanspruchungsgruppen gemäß ZTV-W LB 219	Ablaufdatum
1	Heidelberger Bauchemie GmbH Leimen	Polyment SM 2 Spritzmörtel (WM)	alle	05.2005
2	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Nafufill GTS (WM)	alle	05.2005
3	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Nafufill GTS-HS (WM)	alle	03.2005
4	Pagel Spezial-Beton Essen	SP20 SPCC Spritzmörtel (WM)	alle	03.2004
5	Sakret Gebeo Trockenbaustoffe GmbH Bad Lauterberg i. Harz	Sakret Spritzmörtel SPCC 3 (WM)	alle	02.2005
6	Sika Deutschland GmbH Stuttgart	SikaCem Gunit 133 REP Spritzmörtel (WM)	alle	05.2005
7	StoCretec GmbH Stühlingen	StoCrete TS 100 (WM)	alle	01.2005

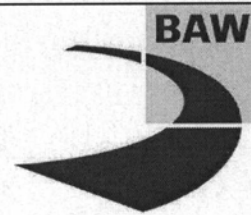
WM: Werk trockenmörtel

Hinweise:

- Über die Eignung der Produkte im jeweiligen Anwendungsfall entscheidet der zuständige Planungsingenieur.
- Bei den Beanspruchungsgruppen CA2 und CA3 gelten die Anforderungen der DIN 1045, Abschnitt 6.5.7.5, sinngemäß.



**Zusammenstellung der geprüften Stoffe und Stoffsysteme  
nach ZTV-W LB 219 für Zementmörtel/Beton mit Kunststoff-  
zusatz (PCC)**



für die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen mit verkehrswasserbauspezi-  
fischen Beanspruchungen an Bundeswasserstraßen


**Stand: 23.05.2003**

Nr.	Hersteller	Produkt	Beanspruchungsgruppen gemäß ZTV-W LB 219	Ablaufdatum
1	Heidelberger Bau- chemie GmbH Leimen	Polyment RE Reperaturmörtel (WM)	alle außer SW 2, MW 2	03.2005
2	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Nafufill KM 250 (WM)	alle	03.2005
3	Pagel Spezial-Beton Essen	MS20 Pagel-PCC-I-Mörtel	alle	03.2004
4	Pagel Spezial-Beton Essen	MH20 Pagel-PCC-I-Mörtel	alle	03.2006
5	Pagel Spezial-Beton Essen	MH80 Pagel-PCC-I-Mörtel	alle	09.2005
6	PCI Augsburg GmbH Augsburg	PCI - Peciment 50 (WM)	alle	10.2004
7	Sakret Gebeo Trockenbau- stoffe GmbH Bad Lauterberg i. Harz	Sakret Grobmörtel PCC 2 (WM)	alle	08.2004
8	Sika Deutschland GmbH  Stuttgart	Sika MonoTop 603 NEU (WM)	alle außer SW 2, MW 2	03.2005
9	StoCretec GmbH  Stühlingen	StoCrete TG 204 (WM)	alle	09.2004

WM: Werk trockenmörtel

Hinweise:

- Über die Eignung der Produkte im jeweiligen Anwendungsfall entscheidet der zuständige Pla-  
nungsingenieur.
- Bei den Beanspruchungsgruppen CA2 und CA3 gelten die Anforderungen der DIN 1045, Abschnitt  
6.5.7.5, sinngemäß.

<b>Zusammenstellung der geprüften Stoffe und Stoffsysteme nach ZTV-W LB 219 für Oberflächenschutzsysteme (OS)</b> für die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen mit verkehrswasserbauspezifischen Beanspruchungen an Bundeswasserstraßen				
				
Stand: 24.02.2003				
Nr.	Hersteller	Produkt	Beanspruchungsgruppen gemäß ZTV-W LB 219	Ablaufdatum
<b>OS-A-Systeme</b>				
1	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Emcephob WM	SW1, MW1, FTW1, TM	08.2004
2	Stocretec GmbH Stühlingen	Stocretec A.1	SW1, MW1, FTW1, TM	09.2004
3	Stocretec GmbH Stühlingen	Stocretec A.2	SW1, MW1, FTW1, TM	09.2004
4	Stocretec GmbH Stühlingen	Stocretec A.3	SW1, MW1, FTW1, TM	09.2004
<b>OS-C-Systeme</b>				
1	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Nafufill KM 103 / Betonflair WG / WS	SW1, MW1, FTW1, TM	03.2005
2	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Nafufill KM 110 / Betonflair WG / WS	SW1, MW1, FTW1, TM	03.2005
3	Stocretec GmbH Stühlingen	Stocretec C.1	SW1, MW1, FTW1, TM	10.2004
<b>OS-DI-Systeme</b>				
1	Heidelberger Bauchemie GmbH Leimen	Polymert Schlämme 860	SW1, MW1, FTW1, TM	09.2004
2	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Zentrifix F92	SW1, MW1, FTW1, TM	09.2004
3	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Zentrifix-elastic	SW1, MW1, FTW1, TM	09.2004
4	Sika Deutschland GmbH Stuttgart	SikaTOP 106 ElastoCern	SW1, MW1, FTW1, TM	03.2005
5	Stocretec GmbH Stühlingen	Stocretec D I	SW1, MW1, FTW1, TM	08.2004
<b>OS-DII-Systeme</b>				
1	Heidelberger Bauchemie GmbH Leimen	Polymert Coating 840	SW1, MW1, FTW1, TM	07.2005
2	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Zentrifix F92 / EmceColor-flex E/S	SW1, MW1, FTW1, TM	08.2004
3	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Nafufill KM 103 / EmceColor-flex E/S	SW1, MW1, FTW1, TM	03.2005
4	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Bottrop	Nafufill KM 110 / EmceColor-flex E/S	SW1, MW1, FTW1, TM	03.2005
5	Stocretec GmbH Stühlingen	Stocretec DII.1	SW1, MW1, FTW1, TM	10.2004
<b>OS-F-Systeme</b>				
1	Stocretec GmbH Stühlingen	Stocretec F.2	SW1, MW1, FTW1, TM, MB3	08.2004

**Hinweis:**  
Über die Eignung der Produkte im jeweiligen Anwendungsfall entscheidet der zuständige Planungsingenieur.