

Werkstoffauswahl für die Sanierung von Abwassertechnischen Bauwerken aus Beton im Fall von Korrosionsschäden.

Dipl.-Ing. Rainer Hermes

1. Einleitung

Laut DWA Umfrage sind ca. 7% der hier zu besprechenden Bauwerke, Kanäle und Schächte korrodiert. Das erscheint auf den ersten Blick ein eher geringer Teil. Zieht man aber in Betracht, wie viel zur Zeit bereits saniert wird und der größte Teil der Entwässerungsnetze erst noch in die Jahre kommen wird, liegt hier für unseren verhältnismäßig kleinen Markt eine riesige Aufgabe vor uns. Denn: 7% von ca. 500 000 km sind immerhin 35000 km und bei ca. 10 Mio. Schächten sind es ca. 700000 Schächte, die korrodiert sind.

Natürlich gäbe es diese Schäden kaum, wenn im Kanalbau immer alles richtig gemacht wurde, aber das wirkliche Leben eines Kanals entspricht nicht den normativen Vorgaben von DWA, DIN und Verordnungen.

Die DWA M 168 gibt einen guten Überblick über die Korrosionsanfälligkeiten und Möglichkeiten fast aller im Kanalbau und der Kanalsanierung eingesetzten Baustoffe.

Damit korrespondiert die DWA M143-17 und der Entwurf zur DIN 19573 in Bezug auf zementgebundene Baustoffe mit der DWA M 168. Baustoffkonforme Renovierung ist grundsätzlich zu bevorzugen. D.h. die Einsatzmöglichkeiten sind zunächst zu überprüfen und erst, wenn sich keine technisch/wirtschaftliche Lösung ergibt, sind andere Baustoffe oder eine Kombination aus zementgebundenen und anderen Baustoffen zu wählen. Hier ist dringend darauf zu achten, dass dampfdiffusionsoffene Systeme bevorzugt werden. Ausnahmen stellen PE, GFK oder ähnliche Montagesysteme dar.

Im Folgenden möchte ich an Hand von Beispielen Hilfestellungen zur richtigen Werkstoffauswahl für die Renovierung von Betonbauteilen in Entwässerungsnetzen geben. Diese Beispiele berücksichtigen alle baustoffkonforme und dampfdiffusionsoffene Systeme.

1. Korrosion einer Kanalrohrsohle
2. Korrosion eines Betonkanals nach 100 Jahren
3. Korrosion eines alten Großprofils in Paris
4. Korrosion durch BSK in Kanalschächten

Es gibt weitere Fälle, aber dazu ein anderes Mal.

2. Reparatur einer Kanalrohrsohle

In einer französischen Zuckerfabrik, Reims sollte ein Abwasserkanalrohr DN 400 im Schlauchliningverfahren grundsaniert werden. Voruntersuchungen zeigten allerdings, dass die

Kanalsohle derart korrodiert war, dass die notwendige Kanalbefahrung mit einer TV-Kamera unmöglich war.



Bild 1 zerstörte Sohle

Hermes Technologie, Frankreich, schlug zur Beseitigung dieses Missstandes vor, die Kanalsohle vorbereitend mit einem Verdrängungsverfahren gem. DWA M 143 – 17 wiederherzustellen.

Am Dienstag dem 09.09.2008 war es soweit, die Kanalsohle wurde auf 60 m Länge repariert. Zunächst wurde die Sohle gereinigt. Das bezog sich allerdings nur noch auf die letzten Verunreinigungen der Stahlbewehrung. Längst war keine Sohle mehr vorhanden. Die kleine Baustelleneinrichtung war zügig aufgebaut. An den Endschächten, - bzw. jeweils einem Schacht vor Anfang und Ende der Reparaturstrecke - wurden, nach erfolgter Reinigungsspülung, Winden aufgestellt. Mit dem letzten



Bild 2 Baustelleneinrichtung

Spülgang stellte die Sanierungsmannschaft eine Seilverbindung her. Sie verbrachte sodann Packer in den Kanal, stellte eine Palette ERGELIT-KBM10, den Durchlaufmischer und einen Stromerzeuger bereit und sorgte für Wasser- und Energieanschluss.

Der eingesetzte Mischer wird nach technischen Vorgaben der Hermes Technologie gebaut. Er ist speziell für die ERGELIT Mörtel modifiziert. Schnell wurden ca. 10l/min

Frischmörtel in weicher Konsistenz

angemischt und direkt vor das defekte Rohr geschüttet. Danach wurde mit Hilfe der Packer der ERGELIT-KBM10 in die Haltung eingezogen. Die Gummischeiben verteilten den Mörtel gleichmäßig in der Rohrsohle.



Bild 3 Packer im Schacht

Dieser Vorgang wurde 6-mal wiederholt, bis die Sohle gefüllt war. In den vorhandenen Mittelschacht wurde ebenfalls Mörtel eingefüllt und von dem Packer mitgenommen und verteilt.

Nach ca. 4 Stunden waren diese Vorbereitungsarbeiten beendet. Die Rohrsohle erwies sich als komplett wiederhergestellt.



Bild 4 Fertige reparierte Sohle

Auftraggeber und ausführende Techniker waren mit diesem schnellen Verfahren und dem sehr guten Ergebnis zufrieden. Nach der Aushärtezeit konnte dann die Kamerabefahrung durchgeführt, und der Liner zur Vollendung der Sanierung eingezogen werden.

Welche Gründe führten zur Baustoffwahl?

Es war von Anfang an klar, dass der Mörtel als Instandsetzungsmörtel dienen sollte. Er sollte den korrodierten Beton ersetzen, würde aber in Zukunft nicht mit aggressivem Abwasser belastet. Er sollte eine ausreichende Verarbeitungszeit haben, die Stahlbewehrung vor weiterer Korrosion schützen, sulfatbeständig sein und eine hohe Festigkeit erlangen. Ferner sollte er gut am Untergrund haften. Der gewählte Mörtel erfüllte genau alle diese Anforderungen. Alle Beteiligten waren mit der Verarbeitung, dem folgenden Erhärtungsverlauf und der Haftung auch unter diesen schwierigen Verhältnissen sehr zufrieden.

3. Renovierung eines Betonkanals der heute ca. 100 Jahre alt ist.

In Witten wurde im Jahre 1984 ein Eiprofil 90/130 renoviert. Der Kanal war im Laufe der ca. 75 jährigen Nutzung abgenutzt, die Wandung leicht korrodiert und wies teilweise auch erhebliche, vermutlich noch durch Kriegseinwirkungen aus dem 2. Weltkrieg verursachte, starke Längs- und Querrisse auf. Er musste umfassend renoviert werden. Er wurde mit 20 mm ERGELIT-KS2 im Anschleuderverfahren ausgekleidet. Es war eine ca. 90 m lange Haltung, die auf der gesamten Länge der Humboldt Straße keine weiteren Einstiegsschächte besaß. Der Kanal wurde damals mit ca. 130 bar und ca. 400 l/min mit einem Uraca-Rotationswaschkopf mit einer Geschwindigkeit von ca. 20 cm/min einmal im oberen Radius und einmal im unteren Teil gereinigt. Auf dem Rotationswaschkopf waren auf jedem Arm 5 Düsen, 3 Vollstrahl- und 2 Flachstrahldüsen angeordnet. Somit ergab sich ein ordentlich gereinigter und tragfähiger Untergrund. Löcher, Risse und Versätze wurden vorprofiliert und danach erfolgte die Ausschleuderung mit zwei Schleudermotoren in einem Fahrgestell. Heute, nach ca. 28 Jahren, sieht der Kanal noch so aus wie bei der Abnahme. Ein Referenzschreiben der Stadt Witten bestätigt die gute Haltbarkeit des damals eingesetzten ERGELIT-KS2. Es liegen somit heute Erfahrungen von ca. 30 Jahren vor. Der Mörtel wurde 1982 entwickelt und bei kleineren Projekten eingesetzt.

Welche Gründe führten zur Baustoffwahl?

Zunächst war es wichtig, ein paar wenn auch junge Referenzen aufzuweisen. Dies diente natürlich auch zur positiven Begleitung im internen Entscheidungsprozess bei der Stadtentwässerung und auch auf politischer Ebene. Man bedenke, dass damals Abbruch/Neubau noch das gängige Verfahren darstellte. Dies war auf stadtpolitischer Ebene das bevorzugte Verfahren. In den Jahren war die Bauindustrie geschüttelt durch die erste Krise noch sehr stark von der Stadtpolitik beeinflusst.

Es gab damals keine weiteren Kanalbeschichtungsmörtel. Mitbewerber kamen erst Anfang der 1990iger Jahre auf den Markt. Aber es gab auch damals schon ERGELIT-KS1. ERGELIT-KS1 war für häusliches Abwasser ausgerichtet und ERGELIT-KS2 für industrielles Abwasser. Die Stadt entschied sich schnell für das korrosionsbeständigere Mörtelprodukt. Es wurden die üblichen Nachweise wie z.B. Druck- und Biegezugfestigkeiten vorgelegt. Für ERGELIT-KS1 gab es damals schon ein umfassendes Gutachten von der Bundesanstalt für Wasserbau. Dass ERGELIT-KS2 besser war, konnte man aus den Technischen Merkblättern entnehmen. Technische Merkblätter sind für die Vertragsparteien juristisch bindend. Was darin steht, muss das Produkt auch erfüllen. Heute ist die DWA M 143-17 [6] und die DIN 19573 (Entwurf) [4] einzuhalten bzw. muss die Übereinstimmung mit einer Konformitätserklärung nachgewiesen werden.

Für Beschichtungsmörtel sind zukünftig folgende Nachweise Tabelle 1 gem. DIN 19573 (Entwurf 2012) Tabelle 5 [4] zu führen.

Tabelle 1

Eigenschaft	Anforderung		Prüfverfahren	
	Prüfparameter	Prüfwert		
Mörteleigenschaften (Identifikationsmerkmale)				
Frishmörtel-Rohdichte Festmörtel-Rohdichte	Rohdichte	Herstellerangabe	DIN EN 1015-6 DIN EN 12190	
Konsistenz - 5 min nach Mischende - zum Ende der Verarbeitungszeit	Ausbreitmaß	Herstellerangabe	DIN EN 13395-1	
Größtkorn	Durchmesser	≤ 8 mm	Prüfung nach DIN EN 12192-1	
Festmörteleigenschaften (Anforderungen)				
Eigenschaft	Prüfparameter	Prüfwert Klasse R4 nach DIN EN 1504-3	Prüfwert Klasse R3 nach DIN EN1504-3	Prüfverfahren
Druckfestigkeit	$f_{D,28}$ $f_{D,7}$	≥ 45 MPa Herstellerangabe	≥ 25 MPa Hersteller- angabe	DIN EN 12190, Lagerung A.1.1
Biegezugfestigkeit	$f_{BZ,28}$	≥ 8 MPa	≥ 5 MPa	DIN EN 196-1
Abriebbeständigkeit	Abrieb	≤ 1 mm	≤ 2 mm	DIN EN 295 -3 (Darmstädter Kipprinne)
Chloridionengehalt	-	≤ 0,05 % (DIN EN 1504-3)	≤ 0,05 % (DIN EN 1504-3)	DIN EN 1015-17
Haftvermögen (Haftung durch Haftzugfestigkeit bei einer Sollschichtdicke von 5 - 10 mm auf Betonplatten Typ MC (0,40) nach DIN EN 1766)	f_h	≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	DIN EN 1542, Lagerung A,1,1 auf Probeplatten MC(0,40) nach DIN EN 1766
Karbonatisierungswiderstand ^{a d}	d_k	≤ Referenzbeton MC(0,45)		DIN EN 13295
Elastizitätsmodul ^c	ϵ_D	≥ 20 GPa	≥ 15 GPa	DIN EN 13412
Temperaturwechselverträglichkeit Teil 1: Frost/Taubanspruchung ^b	MC(0,40)	≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	DIN EN 13687-1
Temperaturwechselverträglichkeit Teil 2: Gewitterregenbeanspruchung ^b	MC(0,40)	≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	DIN EN 13687-2
Wassereindringtiefe	mm	< 65% der Mindest- schichtdicke		DIN EN 12390-8 Prüfdruck 1 bar über 72 h

Eigenschaften	Prüfparameter	Prüfwert	Prüfverfahren
Chemischer Widerstand bei Angriff - XA 1 - XA 2 - XA 3 - XBSK	$d_{t,pH4}$ $d_{t,pH4}$ $d_{t,pH4}$ Relative Rest-druckfestigkeit Korrosionstiefe	< 1,5mm und > 1,25mm > 1,05mm und <1,25mm $\leq 1,05$ mm pH 0 > 55% pH 1 > 75% pH 0 < 5,2 mm pH 1 < 2,7 mm	Anhang B Anhang A
Sulfatbeständigkeit	$\Delta\varepsilon$	$\leq 0,8$ mm/m keine sichtbare Rissbildung	Anhang C
Wasserbelastungszeitpunkt bzw. Erst-Inbetriebnahme	Druckfestigkeit zum Belastungszeitpunkt	Herstellerangabe	DIN EN 12190
a	Nur bei Betoninstandsetzung nach DIN EN 1504-9, Prinzip 7 [RP]		
b	Für frei bewitterte Bauteile		
c	Nur für statisch relevante Querschnitte		
d	Kann entfallen bei Nachweis der chemischen Beständigkeit		
e	Schichtdicke für die Prüfung 10 mm		

4. Renovierung eines Großprofils in Paris

Das Kanalnetz in Paris ist bereits sehr alt und seit vielen Jahren sanierungsbedürftig. Die Millionenstadt verfügt über ein sehr großes Netz von Kollektoren und Großprofilen, so auch unterhalb des Place de la Concorde und im weiteren Verlauf parallel zur Seine.

Das Profil ca. 4 m breit und 3 m hoch war im Laufe der Zeit korrodiert. Die Verantwortlichen mussten aber dafür sorgen, dass dieses Großprofil auch in den nächsten Jahrzehnten zu keinem wirklichen Sorgenkind werden würde. Somit wurde entschieden, mit einer neuen stahlbewehrten 5 cm dicken Beschichtung das Bauwerk nicht nur zu schützen sondern auch zu verstärken. Der Kanal wurde mit Handlanzen und Wasserhöchstdruck gereinigt. Am Place de la Concord wurde der Kanal geöffnet



Bild 5 Baustelleneinrichtung in Paris

und somit die Materialversorgung von ca. 500 to Trockenmörtel und der Stahlbewehrung sichergestellt. Durch einen Kran wurde der Mörtel in den Kanal abgelassen und zur Einbaustelle gefahren. Dort wurde der Mörtel mit Wasser gemischt und in mehreren Schichten aufgespritzt. Die Oberfläche von jeder Schicht wurde strukturiert damit sie für die nachfolgende Schicht die richtige Rauigkeit besaß.

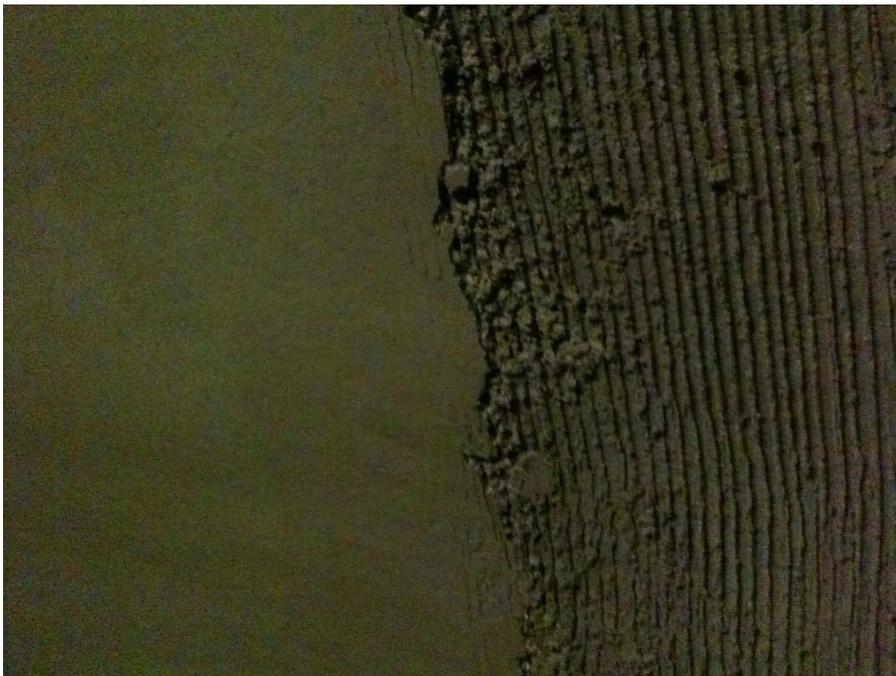


Bild 6 Oberflächenstruktur des Mörtels

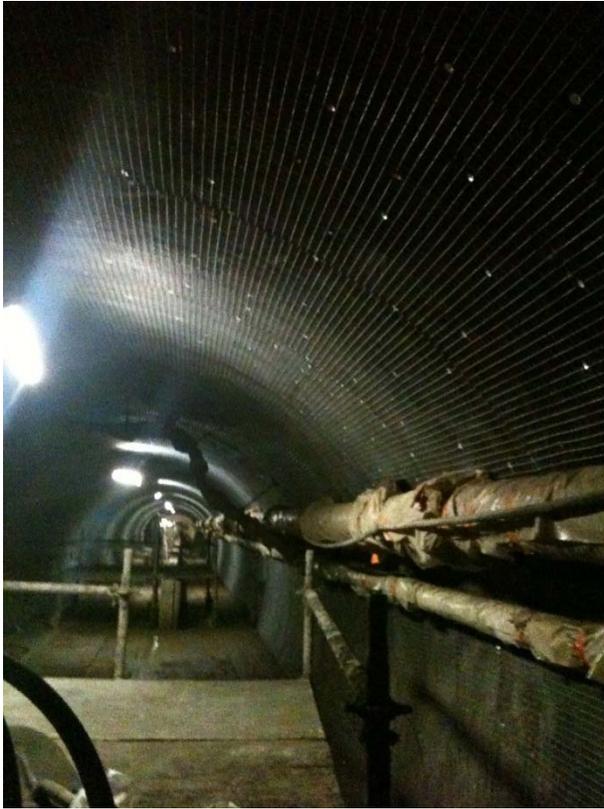


Bild 7 Stahlbewehrung

Nach der 2. Schicht wurde eine engmaschige Bewehrung eingelegt und mit Stahldübeln fixiert.

Danach erfolgten weitere Mörtelschichten im Nassspritzverfahren. Die letzte Schicht wurde geglättet und ich war während einer Besichtigung sehr beeindruckt wie die zementgebundene Beschichtung glänzte. Die Beschichtung wurde anschließend sorgfältig überprüft. Es wurden Bohrkern entnommen. Im Labor wurden die vereinbarten Mörtelkennwerte bestätigt.



Bild 8 Fertige Beschichtung

Welche Gründe führten zur Baustoffwahl?

Zunächst wurden nur bewährte Baustoffe in die engere Wahl genommen. Es waren entsprechende Referenzen nach zuweisen. Die chemische Beständigkeit, die Sulfatbeständigkeit, die Abriebfestigkeit, die Langzeitfestigkeit und nicht zuletzt die Wasserdichtigkeit waren nachzuweisen. Eine CE Konformitätserklärung gem. EN 1504 [2] wurde ebenfalls vorgelegt. Dann gab es Diskussionen über die Verarbeitungszeiten und Arbeitstakte. HERMES Technologie konnte mit seinem Mörtelvorschlag all diese Fragen zur vollen Zufriedenheit des Kunden beantworten und verfügte ohne Zweifel über eine lange, positive Historie im Bereich der Kanalbeschichtung. Dies alles führte zu einer positiven Entscheidung für unser Produkt.

5. Renovierung von Schächten und Pumpwerken mit BSK-Angriff

In den Jahren 1983/85 wurden in Hamburg umfangreiche Untersuchungen im Hinblick auf die Widerstandsfähigkeit von Baustoffen gegenüber der BSK durchgeführt. Viele zementgebundene Baustoffe schafften diese Tests nicht erfolgreich. Aber es gab Mörtel, die als gut beständig eingruppiert wurden. Mit ERGELIT wurde solch ein erfolgreicher Mörtel gefunden. Die Mörtel wurden damals im Schadgasschrank am Institut für Allgemeine Botanik in Hamburg geprüft. Heute ist ein solcher Test, der über 1 Jahr lief, nicht mehr möglich. Er wurde gemäß DIN 19573 (Entwurf 2012) [4] durch einen Säurebadversuch mit einer Laufzeit von ca. 3 Monaten ersetzt (siehe Tabelle oben).

Im Jahr 1990 wurden in Freiburg ca. 50 Schächte mit ERGELIT-KS2a beschichtet – ein Mörtel, der im Schadgasschrank mit ‚beständig‘ testiert wurde. Dieses Projekt wird seitdem von uns beobachtet. Aber der Reihe nach. Die Firma Freiburger Kanalsanierung erhielt damals den Auftrag und führte ihn mit technischer Anwendungshilfe durch HERMES Technologie aus. Der Kanal, der zu diesen Schächten gehört, transportierte und transportiert seit Jahr und Tag sehr ähnliches Abwasser von einer Chemiefirma mit durchschnittlich 35°C. Er ist zu 80% ständig gefüllt und transportiert nur dieses Prozessabwasser über das Stadtgebiet zu einer speziellen Kläranlage. Erbaut wurde der Kanal ca. 1980 und die Betonschächte waren zum Zeitpunkt der Renovierung ca. 10 mm korrodiert.

Es gab damals noch nicht das KS-ASS Verfahren. Daher wurde noch mit der Handlanze intensiv gereinigt. Der Untergrund musste tragfähig und frei von losen oder lockeren Bestandteilen sein. Nach der Reinigung wurde der Untergrund optisch und mit einem Hammer überprüft. Die nachfolgende Beschichtung erfolgte Schacht für Schacht im Nassspritzverfahren. ERGELIT-KS2a wurde mit einem Doppelwellenquirl angerührt und in die Pumpe gefüllt. Im Dichtstromverfahren pumpte eine kleine Pumpe den Mörtel zur Spritzdüse. Dort riss die in der Düse zugeführte Luft den Mörtel in kleine Partikel auf. Ein Operator saß oder stand als Spritzenführer auf einem Brett und wurde zusätzlich durch einen Gurt am Seil von oben gesichert. Er beschichtete den Schacht Meter für Meter in 10 mm Dicke. Es wurde ca. 8 l/min gepumpt und somit wurde ca. in 1 ¼ Minuten ein m² beschichtet. Die Oberfläche wurde grundsätzlich nicht geglättet, aber an Stellen, wo der Spritzenführer keine gute Oberfläche erstellt hatte, wurde mit dem Quast die Oberfläche egalisiert. So konnte jeden Tag ein Schacht von ca. 3 – 4 m Tiefe renoviert werden. Steighilfen wurden nicht wieder eingebaut. Im Laufe der Jahre wurden die Schachtabdeckungen mehrfach wegen Korrosion erneuert.

Heute, nach 22 Jahren ist die Oberfläche noch nicht angegriffen. Der pH-Wert auf der Oberfläche liegt bei ca. 4,5. Korrosion wurde nicht festgestellt. Die Oberfläche ist ständig durch einen dicken organischen, schleimigen Bewuchs belegt. Der damals ausgewählte Mörtel hat also seine Funktionalität voll unter Beweis gestellt. Der Mörtel hat auf Grund seiner Zusammensetzung dafür gesorgt, dass sich der besonders schädliche Thiobazillus Thiooxidans nicht oder kaum gebildet hat. Der pH-Wert konnte in all den Jahren entsprechend hoch gehalten werden. Somit kann die Stadtentwässerung Freiburg auch heute, nach über 20 Jahren, immer noch ein sehr, sehr positives Ergebnis bestätigen.

Welche Gründe führten zur Baustoffwahl?

Damals hat die ausführende Firma sich für ein Produkt der HERMES Technologie entschieden, weil sie schon positive Erfahrungen mit ähnlichen Produkten aus unserem Hause gesammelt hatten. Hier nun wurden erweiterte Nachweise von Seiten des Chemiekonzerns und der Stadt gemeinsam gefordert. ERGELIT-KS2a war bis zu dem Zeitpunkt bereits bei mehreren kleineren Projekten mit Erfolg eingesetzt worden. Es konnten Referenzen vorgelegt werden. Entscheidend waren allerdings die Befunde aus dem Schadgasschrank-Forschungsprojekt in Hamburg. Wir konnten damals als einzige ein solches Prüfzertifikat vorlegen. Aus heutiger Sicht kann ich sagen: "Es wurde alles richtig gemacht."

In diesem Sinn wünsche ich Ihnen auch, alles richtig zu machen. Denken Sie darüber nach und berücksichtigen Sie zementgebundene Baustoffe bei Ihren zukünftigen Projekten. Zementgebundene Mörtel sind komplexe Baustoffe, die bei richtiger Anwendung in vielen Fällen die richtige Alternative sind.

An anderer Stelle berichtete ich über „Mörtel ist nicht gleich Mörtel!“ Auch das empfehle ich Ihnen zu berücksichtigen.

6. Literaturverzeichnis

- [1] **DIN EN 206-1** (Juli 2001), Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000
- [2] **DIN EN 1504-3** (März 2006), Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität - Teil 3: Statisch und nicht statisch relevante Instandsetzung; Deutsche Fassung EN 1504-3:2005
- [3] **CEN/TR 15697** Zement — Prüfung der Leistungsfähigkeit hinsichtlich des Sulfatwiderstandes — Bericht zum Stand der Technik (2008)
- [4] **DIN 19573 Mörtel für Neubau und Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden** Entwurf Stand (Oktober 2012)
- [5] **GSTT Information Nr. 18** Anforderungen an Mörtel für abwassertechnische Anlagen (2004)
- [6] **DWA M 143 – 17** Beschichtung von Abwasserleitungen, -kanälen und Schächten mit zementgebundenen mineralischen Mörteln (2006)
- [7] **DWA M 168** Korrosion von Abwasseranlagen - Abwasserableitung – (2010)
- [8] **DWA M 211** Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken in kommunalen Kläranlagen (2008)
- [9] **Sulfid – Praxishandbuch der Abwassertechnik**, D. Weismann und M. Lohse, Vulkan-Verlag GmbH (2007)
- [10] **Prüfung der Beständigkeit von Mörtelprodukten gegenüber saurem Angriff bis pH3 und Einstufung in Expositionsklassen**; Lutz Franke, Holger Schmitt, Frank Schmidt-Döhl; Beton 1+2 2010, Verlag Bau+Technik

Autor:

Dipl.-Ing Rainer Hermes
HERMES Technologie, Schwerte

Tel.: 02304 97 123 0

E-Mail:

rh@hermes-technologie.de

Internet:

www.hermes-technologie.de

