



LEITFADEN ZUR AUSWAHL VON ROHRWERKSTOFFEN FÜR KOMMUNALE ENTWÄSSERUNGSSYSTEME

STUDIE

„Widerstand von Beton- und Stahlbetonrohren für kommunale Entwässerungssysteme gegen chemische Angriffe“

Im Auftrag der Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn

Bearbeitung: Prof. Dr.-Ing. D. Stein
Dipl.-Ing. A. Brauer

(Auszugsweise) Veröffentlichung nur mit Genehmigung
der Prof Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH

Bochum, 05. Oktober 2005

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in das Thema	3
2	Korrosionsbeständigkeit von Beton- und Stahlbetonrohren	5
2.1	Korrosionswiderstand zementgebundener Werkstoffe in Abhängigkeit vom pH-Wert des Abwassers	5
2.2	Biogene Schwefelsäure-Korrosion (BSK)	8
2.3	Bewehrungskorrosion	10
2.4	Angriffe durch CKW`s und AKW`s	11
3	Zusammenfassung.....	12
4	Literatur	14

1 Einführung in das Thema

„Entwässerungssysteme unterliegen dauernd oder zeitweise unterschiedlichen, physikalischen, chemischen, biochemischen und biologischen Beanspruchungen, die in Abhängigkeit von

- Planung,*
 - Werkstoff,*
 - Bauausführung,*
 - Wartung,*
 - Art und Dauer der Nutzung,*
 - äußeren Einflüssen, wie Baugrund, Verkehrsbelastung u.a.,*
- mehr oder weniger schnell zu Schäden führen können“ [1].*

Eine der dabei auftretenden Schadensarten ist die Korrosion, die Merkblatt ATV-M 168 [2] wie folgt definiert:

„Unter Korrosion im Bereich von Abwasseranlagen werden alle Reaktionen an nichtmetallischen und metallischen Bau- und Werkstoffen mit ihrer Umgebung verstanden, die durch chemische, elektrochemische oder mikrobiologische Vorgänge zu einer Beeinträchtigung des Bau-Werkstoffes führen. Schädigungen infolge mechanischer Einwirkungen, wie Abrieb, Erosion oder Frost, sind gesondert zu betrachten. Es ist nicht auszuschließen, dass solche Schäden, die als Korrosion bezeichnet werden, durch eine kombinierte Beanspruchung von chemischen, mikrobiologischen und mechanischen Einwirkungen verursacht werden.“

Die möglichen Schadensfolgen aufgrund von Korrosion hängen im Wesentlichen von Korrosionsart, -erscheinung und -umfang ab und sind nach [1, 3]:

- Reduktion der Wanddicke und damit die Beeinträchtigung der Tragfähigkeit mit den möglichen Folgeschäden Undichtigkeiten, Risse, Deformation, Rohrbruch, Einsturz*

- Erhöhung der Wandrauheit und dadurch bedingt eine Reduktion der hydraulischen Leistungsfähigkeit.

Korrosion kann in Abhängigkeit der bei erdverlegten Abwasserleitungen und -kanälen sowie Bauwerken der Kanalisation (z.B. Einsteigschächte) eingesetzten unterschiedlichen Werkstoffe einschließlich gegebenenfalls vorhandener Beschichtungen bzw. Auskleidungen und Umhüllungen sowohl von außen als auch von innen auftreten. Die Außenkorrosion, welche nachfolgend nicht behandelt wird, wird verursacht durch [3]:

- Boden und Grundwasseraggressivität,
- in den Boden oder das Grundwasser eingeleitete aggressive Substanzen und
- elektrochemische Einwirkungen (beschränkt auf metallische Werkstoffe).

Die Innenkorrosion wird verursacht durch

- aggressive Abwasserinhaltsstoffe und
- Biogene Schwefelsäure-Korrosion (BSK) (Bild 1).

Um Innenkorrosion zu vermeiden, müssen nach DIN EN 476 [4] und DIN EN 14457 [5] Rohre für Abwasserleitungen und -kanäle und ihre Verbindungen widerstandsfähig gegen Angriffe durch Abwasser (häusliches Schmutzwasser und Regenwasser) sein. Als maßgebende Beurteilungsgröße wird in der Regel der pH-Wert herangezogen. Darüber hinaus können z.B. Temperatur, Konzentration, Einwirkzeit und Häufigkeit des Auftretens des korrosiven Stoffes sowie zusätzliche mechanische Beanspruchungen die Korrosion beeinflussen.

Bezüglich der Prüfung der einzelnen Rohrwerkstoffe hinsichtlich ihrer Korrosionsbeständigkeit existieren keine einheitlichen Vorschriften in den DIN- und Produktnormen. Diesbezüglich sagen DIN EN 476 [4] und DIN EN 14457 [5] lediglich aus: „*Korrosionsbeständigkeitsprüfungen können in den Produktnormen angegeben sein*“. Ein Konzept für eine einheitliche und auf alle Rohrwerkstoffe anzuwendende Korrosionsbeständigkeitsprüfung, welche auch die betrieblichen Einwirkungen berücksichtigt, ist in [3] dargestellt.

Für die Einleitung von Abwässern in öffentliche Abwasseranlagen besteht die grundsätzliche Forderung, Schadstoffe durch produktions- und abwassertechnische

Maßnahmen auf ein Minimum zu begrenzen [6]. Aus diesem Grund legen die Einleitungsbedingungen der Städte und Gemeinden für das zu sammelnde und abzuleitende Abwasser in kommunalen Entwässerungssystemen in der Regel die Einhaltung der Grenzwerte nach ATV-A 115 [7] fest. Nach diesem Arbeitsblatt darf nichthäusliches Abwasser nicht in eine öffentliche Abwasseranlage eingeleitet werden, wenn u.a. die Gefahr besteht, dass diese in ihrem Bestand und Betrieb nachteilig beeinflusst werden.

In der Vergangenheit haben die Erfahrungen gezeigt [8], dass diese Grenzwerte für einzuleitende Abwässer insbesondere von Gewerbe- und Industriebetrieben trotz Selbstüberwachung bzw. Indirekteinleiterkontrolle nicht immer eingehalten werden. Neben der möglichen Absenkung des pH-Wertes durch Einleitung säurehaltiger Abwässer ist dabei auch nicht auszuschließen, dass Abwässer mit löse- und reinigungsmittelhaltigen Inhaltsstoffen (CKW`s, wie z.B. Trichlorethylen, Methylenchlorid und AKW`s, wie z.B. Benzol und Toluol) eingeleitet werden.

Werden die diesbezüglich zulässigen Grenzwerte gemäß ATV-A 115 [7] überschritten, besteht Gefahr für den Kanalbetrieb und die Möglichkeit von Korrosionsschäden, wenn die Rohrwerkstoffe diesen Einwirkungen nicht widerstehen.

Im Folgenden werden die Einsatzbereiche von Beton- und Stahlbetonrohren für kommunale Entwässerungssysteme unter spezieller Berücksichtigung des pH-Werts des Abwassers und unter ausschließlicher Betrachtung der Innenkorrosion auf Basis von entsprechenden Normen und Regelwerken, Herstellerangaben sowie sonstigen Literaturinformationen untersucht.

2 Korrosionsbeständigkeit von Beton- und Stahlbetonrohren

2.1 Korrosionswiderstand zementgebundener Werkstoffe in Abhängigkeit vom pH-Wert des Abwassers

Grenzwerte für Korrosionsbeanspruchungen durch kommunales Abwasser bei zementgebundenen Werkstoffen in Entwässerungssystemen enthält Tabelle 1.

Werden diese im ATV-M 168 [2] vorgegebenen Werte hinsichtlich der betonangreifenden Inhaltsstoffe eingehalten, so ist nach [9] eine hohe Nutzungsdauer für Kanäle [10] zu erwarten.

Tabelle 1 Arten und Grenzwerte für Korrosionsbeanspruchungen durch kommunales Abwasser bei zementgebundenen Werkstoffen in Entwässerungssystemen nach ATV-M 168 [2]

Angriffsart	Angriff z.B. durch	Beanspruchung durch übliche kommunale Abwässer	Ausreichender Betonwiderstand gegeben bei:			vorhandener Betoneigenschaft
			Grenzwerte im Abwasser Beanspruchung			
			Dauernd	Zeitweilig ¹⁾	Kurzzeitig ²⁾	
Lösend durch Auslaugung	Weiches Wasser	Nicht gegeben	Entfällt	Entfällt	Entfällt	
Lösend durch Säureangriff	Anorganische Säure z.B. Schwefel-, Salz-, Salpetersäure	pH-Wert: 6,5 bis 10	pH ≥ 6,5	pH ≥ 5,5	pH ≥ 4,0	w/z ≤ 0,50 ³⁾ und Wassereindringtiefe von ≤ 3cm nach DIN 1048 [11]
	Organische Säure		pH ≥ 6,5	pH ≥ 6,0	pH ≥ 4,0	
	Kalklösende Kohlensäure	CO ₂ < 10 mg/l ⁴⁾	≤ 15 mg/l	≤ 25 mg/l	≤ 100 mg/l	
Lösend durch Austauschreaktion	Magnesium Ammonium-Stickstoff	Mg ²⁺ < 100 mg/l NH ₄ -N < 100 mg/l	≤ 1.000 mg/l ≤ 300 mg/l	≤ 3.000 mg/l ≤ 1.000 mg/l	Keine Begrenzung	Wie oben ohne HS-Zement Wie oben mit HS-Zement
Treibend	Sulfat	SO ₄ ²⁻ < 250 mg/l	≤ 600 mg/l < 3.000 mg/l	≤ 1000 mg/l ≤ 5.000 mg/l		

1) Zeitdauer bis zu maximal einem Jahr pro zehn Jahre.

2) Unplanmäßige Betriebszustände; Zeitdauer bis zu maximal einer Stunde pro Woche.

3) Durch niedrige w/z-Werte und durch die Verwendung von Beton mit besonderer Zusammensetzung wird der chemische Widerstand des Betons erheblich begünstigt.

4) Im üblichen kommunalen Abwasser wird dieser Wert nicht erreicht. Allenfalls bei der Ableitung großer Mengen kohlenstoffhaltigen Grundwassers (z.B. Dränagewasser) ist in Einzelfällen ein Wert in der angegebenen Größenordnung denkbar.

Für Abwasserinhaltsstoffe, für die Richtwerte im ATV-A 115 [7] „Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage“ bestehen, stimmen die Grenzwerte überwiegend mit den in Tabelle 1 angegebenen Richtwerten überein.

Auch einmaliges, stoßweises Einleiten betonangreifender Stoffe mit noch höheren Konzentrationen, das durch Missbrauch oder Unfall sehr kurzfristig auftritt (schwallartiger Ablauf), ist nach ATV-M 168 [2] in der Regel unmaßgeblich im Hinblick auf einen chemischen Angriff auf den Beton

Seit November 2004 müssen Beton- und Stahlbetonrohre dem europäischen Regelwerk, d.h. DIN EN 1916 [12] entsprechen.

Um das bisher in der Bundesrepublik Deutschland gegebene Qualitätsniveau der Beton- und Stahlbetonrohre weiterhin sicherzustellen, wurde die DIN V 1201 [13] als nationale Ergänzungsnorm zur DIN EN 1916 [12] erarbeitet, in der weitere Anforderungen zur Korrosionsbeständigkeit definiert werden. Dabei werden in DIN V 1201 [13] zwei Typen von Rohren aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton unterschieden:

- Typ 1: Rohre und Formstücke nach DIN EN 1916 [12] und DIN V 1201 [13]

Diese Rohre erfüllen die allgemeinen Anforderungen nach DIN EN 1916 [12] bzw. DIN V 1201 [13]. Sie sind widerstandsfähig gegen **chemisch schwach angreifende Umgebung** (Expositionsklasse XA1 nach Tabelle 1 der DIN EN 206-1 [14] mit Werten $5,5 \leq \text{pH} \leq 14$). Diese Rohre werden vor allem für den Bau von Regenwasserleitungen und -kanälen eingesetzt.

- Typ 2: Rohre und Formstücke nach DIN EN 1916 [12] und DIN V 1201 [13] mit erhöhten Anforderungen

Diese Rohre erfüllen die allgemeinen Anforderungen nach DIN EN 1916 [12] bzw. DIN V 1201 [13] sowie besondere Anforderungen, wie z.B. die Widerstandsfähigkeit gegen **chemisch mäßig angreifende Umgebung**¹ (Expositionsklasse XA2 nach Tabelle 1 von DIN EN 206-1 [14] mit Werten $4,5 \leq \text{pH} \leq 14$). Diese Rohre entsprechen der bisher in der Bundesrepublik Deutschland verwendeten Qualität und sind besonders geeignet für Misch- sowie Schmutzwasserleitungen und -kanäle.

Diese Typisierungen und Grenzwerte gelten entsprechend auch für Schächte (Einsteig- oder Kontrollschächte nach DIN EN 476 [4]) aus Beton, Stahlfaser- oder Stahlbeton nach DIN EN 1917 [15] bzw. DIN V 4034-1 [16] für Entwässerungssysteme.

¹ Anmerkung: Chemisch mäßig angreifende Umgebung entspricht dem „starken chemischen Angriff“ nach der alten, durch DIN EN 1916 abgelösten DIN 4035.

Zementgebundene Baustoffe wie Beton sind generell säurelöslich. Allerdings hängt der Grad der Säurelöslichkeit von der Betonzusammensetzung und von der Dichtheit des Betongefüges ab. Je mehr schwer lösliche Bestandteile im Beton enthalten sind und je höher die Betondichtheit, desto stärker ist der Widerstand des Betons gegenüber Säurebeanspruchung.

Ein ausreichender Betonwiderstand bis zu einem pH-Wert $> 4,5$ kann auch erreicht werden durch einen Hochleistungs-Beton (HL-Beton) der Festigkeitsklasse C75/85 (oder höher) unter Verwendung von hochreaktiven puzzolanischen Feinstoffen mit mindestens 5 M.-% des Zement- plus Betonzusatzstoffgehalts und/oder entsprechend zusammengesetzten Sonderzementen. Der Wasserzementwert muss kleiner als 0,45 und die Wassereindringtiefe (geprüft nach DIN 1048 [11]) kleiner als 2 cm sein.

Durch den Einsatz von Sonderzementen bzw. Spezial- und Hochleistungsbetonen (HL-Beton) ist es möglich, die Grenzwerte nach ATV-M 168 [2] weiter zu reduzieren. Für die Expositionsklasse XA3 von DIN EN 206-1 [14] mit Werten $4,0 \leq \text{pH} \leq 14$ kommen z.B. spezielle (Hochleistungs-)Feinkornbetone (HLF-Betone) zur Anwendung.

2.2 Biogene Schwefelsäure-Korrosion (BSK)

Eine besondere Art der Innenkorrosion stellt bei teilgefüllten Kanälen aus zementgebundenen Werkstoffen die Biogene Schwefelsäure-Korrosion (BSK), auch Sulfidkorrosion oder Biogene Säure-Korrosion genannt, dar [3]. Während bei der Korrosion infolge direkter Einwirkungen aggressiver Abwässer ausschließlich der benetzte Kanalbereich betroffen ist, sind die Auswirkungen der Biogenen Schwefelsäure-Korrosion, d.h. der mikrobiologischen Vorgänge, nur im Gasraum, d.h. oberhalb des Abwasserspiegels, zu finden (Bild 1) [18, 17]. Grundvoraussetzung für BSK in Entwässerungssystemen ist das Vorhandensein von Schwefelverbindungen in organischer und anorganischer Form im Abwasser. Diese werden durch mikrobielle Vorgänge unter anaeroben oder aeroben Bedingungen zu flüchtigen Schwefelverbindungen, hauptsächlich Schwefelwasserstoff, abgebaut und gelangen in die Kanalatmosphäre und somit auch an die Kanalwandung. Dort werden die Verbindungen chemisch zu elementarem Schwefel oxidiert. Dieser

bildet wiederum ein Substrat für die in der Sielhaut lebenden Thiobazillen, welche den Schwefel bei Vorhandensein ausreichender Feuchtigkeit zu Schwefelsäure oxidieren, die u.U. einen pH-Wert von < 1 erreichen kann und somit einen der schärfsten Säureangriffe darstellt.

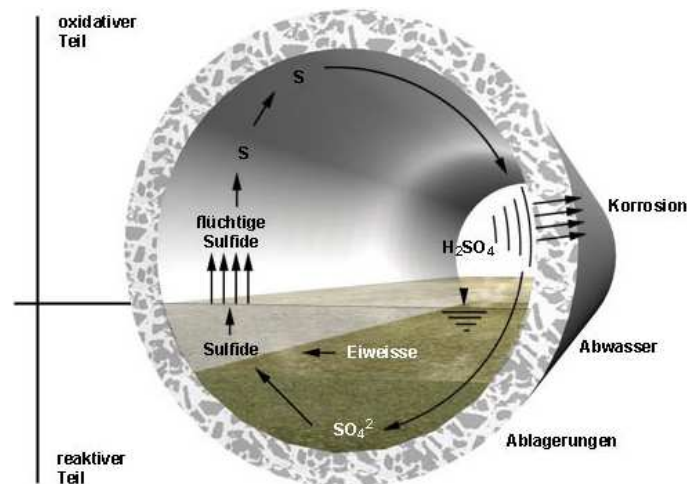


Bild 1 **Prinzipieller Ablauf der Biogenen Schwefelsäure-Korrosion (BSK) in Anlehnung an [18] bzw. [2] (Quelle: Stein & Partner).**

Hinsichtlich der Wertung im Abwasser vorhandener Sulfide muss berücksichtigt werden, dass nur von den gelösten Sulfiden ein pH-Wert abhängiger Teil als Schwefelwasserstoff vorliegt, der gasförmig entweichen und zur Korrosion führen kann. Die Bestimmung der gelösten Sulfide erfolgt nach DIN 38405-26 [19].

Besonders gefährdet durch BSK sind Kanalstrecken nach

- Pumpwerken,
- Einleitung aus Druckentwässerungssystemen,
- Einleitung sulfidhaltiger Abwässer aus Absetzanlagen, Gewerbe und Industrie etc.
- Abstürzen und anderen Bauwerken, durch die Turbulenzen erzeugt werden,

wo gleichzeitig Sauerstoff im Gasraum zur Verfügung steht [3].

Bei den Thiobazillen, insbesondere der Gattung Thiobazillus thiooxidans, handelt es sich um ausgesprochen säureresistente Bakterien, die sich nur bei pH-Werten unterhalb von etwa 6,5 entwickeln und deren Aktivitäten u.a. von der Temperatur und

der Feuchtigkeit der Kanalwandung abhängig sind. So unterliegen ständig trockenbleibende Bauteile, wie z.B. gut belüftete Kanäle und Belüftungsschächte, keinerlei diesbezüglicher Korrosionserscheinungen.

Für den Fall, dass das Auftreten von BSK durch planerische und konstruktive Maßnahmen nicht verhindert werden kann, sind bei Einsatz von Rohren und Bauteilen aus zementgebundenen Werkstoffen aktive oder passive Korrosionsschutzmaßnahmen zum Schutz der Rohinnenfläche oder der Rohrstirflächen erforderlich. Rohrverbindungen erhalten einen Fugenverschluss oder eine innere Dichtung [3, 20, 21].

In Anlehnung an ATV-M168 [2] bieten sich als innerer Korrosionsschutz z.B. die folgenden Varianten an, welche eine gute bis sehr gute Beständigkeit gegen Säuren, Laugen, Treibstoffen und Ölen aufweisen:

- Werkseitige Rohrauskleidung mit PVC-U-Weich-Folien
- Werkseitige Rohrauskleidung mit PVC-U-Hart-Stegplatten
- Werkseitige Rohrauskleidung mit Steg- bzw. Noppenplatten aus PE
- Werkseitige Rohrauskleidung mit Steinzeug-Schalen (Keramikplatten)
- Nachträgliche Rohrauskleidung mit Kunststoffplatten
- Rohre mit Tragschicht aus Beton/Stahlbeton und integrierter, innerer Korrosionsschutzschicht bestehend aus Steinzeug-, PVC-U- oder GFK-Rohren (sogenannte „Verbundrohre“).

2.3 Bewehrungskorrosion

Bei Betonbauteilen für Abwasseranlagen, z.B. Stahlbetonrohren, besteht für die **Bewehrung** nach ATV-M 168 [2] ein ausreichender Korrosionsschutz, wenn die in den entsprechenden Normen, z.B. DIN EN 1916 [12] und DIN V 1201 [13], DIN EN 1917 [15] und DIN 4034-1 [16] sowie DIN 4281 [22], in Abhängigkeit von der Betonfestigkeit und den Umweltbedingungen entsprechend DIN 1045 [23] festgelegten Anforderungen für die Betondeckungsmaße und die Rissbreitenbeschränkung eingehalten sind. In der Regel sind die Betone von Bauteilen für Abwasseranlagen sehr dicht. Daher ist auch der beispielsweise im üblichen

kommunalen Abwasser mögliche Chloridgehalt nicht korrosionsfördernd. Die generellen Voraussetzungen für eine Korrosion der Bewehrung, d.h. Carbonatisierung des Betons und Sauerstoffzufuhr, sind bei den ständig feuchten Lagerungsbedingungen für Bauteile im Abwasserbereich nicht gegeben. Daher kann hier bei dichtem Beton und Einhaltung der Betondeckung keine Korrosion der Bewehrung entstehen [2].

2.4 Angriffe durch CKW's und AKW's

Neben der möglichen Absenkung des pH-Wertes durch Einleitung säurehaltiger Abwässer oder durch BSK ist – wie die Erfahrungen der Vergangenheit gezeigt haben [24, 25] – auch nicht auszuschließen, dass löse- und reinigungsmittelhaltige Abwässer mit Chlor- und aromatischen Kohlenwasserstoffen (CKW's, wie z.B. Trichlorethylen, Methylenchlorid und AKW's, wie z.B. Benzol und Toluol) eingeleitet werden. Werden die diesbezüglich zulässigen Grenzwerte gemäß ATV-A 115 [7] überschritten, bestehen darüber hinaus Gefahren für den Kanalbetrieb und die Möglichkeit von Korrosionsschäden.

Bei Beton- und Stahlbetonrohren im Abwasserbereich, bei denen in der Regel sowohl innen als auch außen ständig eine hohe Feuchtigkeitzufuhr möglich ist, ist davon auszugehen, dass im Kapillarporenbereich ein weitgehend feuchtigkeitsgesättigter Zustand herrscht. Diffusionsvorgänge, die für CKW-Durchtritte maßgeblich sind, erfolgen daher bei einem in Betrieb befindlichen Kanal weitgehend in der Flüssigkeitsphase, wodurch der Durchtritt im Vergleich zur Diffusion im Gasraum erheblich verlangsamt wird [26].

Entsprechende Eindringversuche sind in [26] geschildert. Als Prüfflüssigkeit wurde das organische Lösemittel Methylenchlorid aus der Gruppe der CKW in einer Konzentration von ca. 1.000 mg/l eingesetzt. Dieser Stoff ist der hinsichtlich seiner Molekularstruktur einfachste Vertreter flüssiger CKW. Er zeichnet sich durch eine vergleichsweise große Löslichkeit in Wasser aus (17 g/l) und hat sich bei Eindringversuchen an porösen Werkstoffen als eine äußerst schnell eindringende Substanz erwiesen. Nach einer Versuchsdauer von 8 bis 12 Wochen ließen sich in der Prüfkammer CKW-Konzentrationen von 20 bis 36 mg/l nachweisen. Der entsprechende Wert in der Trinkwasserverordnung beträgt 25 mg/l [26]. Für die

Praxis bedeutet dies, dass Beton- und Stahlbetonrohre – insbesondere unter Zugrundelegung des Grenzwertes einer CKW-Konzentration im Abwasser von 1 mg/l (dies ist der Grenzwert für AOX (adsorbierbare organische Halogene), über den u.a. halogenierte Kohlenwasserstoffe (HKW) bzw. CKW als besonders wichtige Gruppe der HKW im Abwasser erfasst werden) [7] – eine ausreichende Dichtheit gegenüber CKW besitzt, zumal davon auszugehen ist, dass CKW nur kurzzeitig in höheren Mengen, beispielsweise bei Störfällen, im Abwasser vorhanden ist.

Zusammenfassend kann basierend auf den o.g. Erkenntnissen festgestellt werden, dass chlorierte und aromatische Kohlenwasserstoffe den Werkstoff Beton grundsätzlich nicht angreifen. Bei einer unplanmäßigen Einleitung von CKW/AKW in einen Abwasserkanal, z.B. in Folge einer betrieblichen Störung oder eines Unfalls, verhindert der Rohrbeton mit seinem dichten Gefüge für den Zeitraum der Sicherungsmaßnahmen den Austritt dieser Stoffe (Diffusion) durch die Rohrwand [27].

3 Zusammenfassung

Das Schadensausmaß bei Innenkorrosion in Abwasserleitungen und –kanälen hängt in erster Linie ab

- von der Aggressivität des Abwassers bzw. dessen korrosionsfördernden Inhaltsstoffen sowie
- vom eingesetzten Rohrwerkstoff und dessen Widerstandsfähigkeit gegenüber den jeweils einwirkenden, korrosionsfördernden Inhaltsstoffen.

In den zahlreichen kommunalen Entwässerungs- und Entsorgungssatzungen ist in der Regel für das Einleiten von Abwässern in die öffentliche Kanalisation der in ATV-M 168 [2] angegebene dauerhafte Beanspruchungswert von pH 6,5 bis pH 10 vorgesehen. Innerhalb dieses Bereiches sind Beton- und Stahlbetonrohre beständig (s. Abschnitt 2.1).

Erfahrungsgemäß ist trotz der satzungsmäßigen Einleitungsbegrenzungen bei gewerblichen und industriellen Abwasserableitungen (s.a. ATV-A 115 [7]) möglicherweise aggressiven Abwasserinhaltsstoffen bei der Auswahl des

Rohrwerkstoffes Rechnung zu tragen, da der Betreiber öffentlicher Kanalisationen auch für Folgeschäden haftet, die durch verbotswidrige Abwasserableitungen entstehen, wenn der Verursacher nicht ermittelt werden kann [2].

Insbesondere in Industriegebieten bzw. Bereichen, in denen mit einem erhöhten Anfall von Löse- und Reinigungsmitteln sowie sonstigen Betriebsstoffen, wie z.B. Treib- und Schmierstoffen zu rechnen ist (Tankstellenbereiche, Umfüllplätze und Werksgelände etc.), sollte deshalb auch die Korrosionsbeständigkeit der einzusetzenden Rohrwerkstoffe gegenüber Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) oder aromatischen Kohlenwasserstoffen (AKW) berücksichtigt werden (s. Abschnitt 2.4).

Fazit:

Beton- und Stahlbetonrohre in FBS-Qualität [28] sind beständig gegenüber chemisch mäßig angreifender Umgebung, d.h. gegenüber der Expositionsklasse XA2 nach DIN EN 206-1 [14] (das entspricht dem Angriffsgrad „stark“ nach DIN 4030 [29]) und erfüllen somit auch die Grundanforderungen für die Ableitung von Abwasser nach ATV-A 168 [2] bzw. ATV-A 115 [7]. Werden die Rohre darüber hinaus aus Hochleistungsfeinkornbeton hergestellt, sind sie beständig gegenüber dauernd erhöhter chemischer Beanspruchung durch kommunale Abwässer bis zu einem pH-Wert $\geq 4,0$.

FBS-Beton- und Stahlbetonrohre sind auch korrosionsbeständig gegenüber Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) oder aromatischen Kohlenwasserstoffen (AKW), die z.B. in Löse- und Reinigungsmitteln sowie Treib- und Schmierstoffen, welche in das Abwasser gelangen, enthalten sein können [26, 27].

4 Literatur

- [1] Merkblatt ATV-DVWK-M 143-1: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Grundlagen (08.2004).
- [2] Merkblatt ATV-M 168: Korrosion von Abwasseranlagen – Abwasserableitung (07.1998).
- [3] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen. 3. Auflage. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1998.
- [4] DIN EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme (08.1997).
- [5] DIN EN 14457: Allgemeine Anforderungen an Bauteile, die beim grabenlosen Einbau von Abwasserleitungen und -kanälen verwendet werden (09.2004).
- [6] Bayer, E., Kampen, R., Klose, N., Moritz, H.: Betonbauwerke in Abwasseranlagen. 3. überarbeitete Auflage. Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf 1995.
- [7] Arbeitsblatt ATV-A 115: Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage (10.1994).
- [8] Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten des Landes Baden-Württemberg (Hrsg.): Umgang mit leichtflüchtigen chlorierten und aromatischen Kohlenwasserstoffen – Leitfaden. H. 15, Stand Dezember 1984, Nachdruck Dezember 1986.
- [9] Lohse, M.: Das neue ATV-Merkblatt: Korrosion von Abwasseranlagen. Tagungsunterlagen zum Kolloquium „Bau, Zustandserfassung und Sanierung von Abwasserkanälen – Neue Erkenntnisse“, Fachhochschule Münster, INFA Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft e. V., April 1995.
- [10] Stein, D., Brauer, A.: Leitfaden zur Auswahl von Rohrwerkstoffen für kommunale Entwässerungssysteme – Teilexpertise „Nutzungs- bzw.

Lebensdauer“. Expertise der Prof.-Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Bochum im Auftrag der FBS e.V., Bonn. Bochum, Dezember 2004.

- [11] DIN 1048: Prüfverfahren für Beton.
Teil 1: Frischbeton (01.1996).
Teil 2: Festbeton in Bauwerken und Bauteilen (01.1996).
Teil 4: Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen; Anwendung von Bezugsgeraden und Auswertung mit besonderen Verfahren (01.1996).
Teil 5: Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper (01.1996).
- [12] DIN EN 1916: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton (04.2003).
DIN EN 1916 Berichtigung 1: Berichtigungen zu DIN EN 1916:2003-04 (05.2004).
- [13] DIN V 1201: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton für Abwasserleitungen und -kanäle – Typ 1 und Typ 2 – Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität (Vornorm 08.2004).
- [14] DIN EN 206-1: Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (07.2001).
- [15] DIN EN 1917: Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton (04.2003).
DIN EN 1917 Berichtigung 1: Berichtigungen zu DIN EN 1917:2003-04 (05.2004).
- [16] DIN V 4034-1: Schächte aus Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonfertigteilen für Abwasserleitungen und -kanäle - Typ 1 und Typ 2 – Teil 1: Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität (Vornorm 08.2004).
- [17] Klose, N.: Sulfidprobleme und deren Vermeidung in Abwasseranlagen. Beton-Verlag, Düsseldorf 1981.

-
- [18] Bock, E.: Biologische Korrosion. Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau (TIS) 26 (1984), H. 5, S. 240–250.
- [19] DIN 38405-26: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Photometrische Bestimmung des gelösten Sulfids (D 26) (04.1989).
- [20] Bellinghausen, G.: Beton- und Stahlbetonrohre – Korrosionsprobleme und deren Vermeidung. awt – Abwassertechnik (1992), H. 6.
- [21] Stein, D., Möllers, K.: Werkseitige Korrosionsschutzmaßnahmen für Abwasserrohre aus Beton oder Stahlbeton. Korrespondenz Abwasser (KA) 34 (1987), H. 10, S. 1016–1026.
- [22] DIN 4281: Beton für werkmäßig hergestellte Entwässerungsgegenstände – Herstellung, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung (08.1998).
- [23] DIN 1045: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton.
Teil 1: Bemessung und Konstruktion (07.2001).
DIN 1045-1 Berichtigung 2, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Berichtigungen zu DIN 1045-1:2001-07 (06.2005).
Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 (07.2001).
DIN 1045-2/A1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton – Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1; Änderung A1 (01.2005).
Teil 3: Bauausführung (07.2001).
DIN 1045-3/A1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung; Änderung A1 (01.2005).
Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen (07.2001).
Teil 100: Ziegeldecken (02.2005).

- [24] Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten des Landes Baden-Württemberg (Hrsg.): Umgang mit leichtflüchtigen chlorierten und aromatischen Kohlenwasserstoffen – Leitfaden. H. 15, Stand Dezember 1984, Nachdruck Dezember 1986.
- [25] Stein, D.: Undichte Kanalisationen – ein kommunales Problemfeld der Zukunft aus der Sicht des Gewässerschutzes. ZAU – Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (1988), H. 1, S. 65-76.
- [26] Neck, U., Spanka, G.: Dichtigkeit von Betonrohren gegenüber CKW. Dokumentation 3. Internationaler Kongress Leitungsbau, NO-DIG Hamburg 1991. S. 671–681.
- [27] Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn: Technisches Handbuch. Bonn 1999.
- [28] FBS-Qualitätsrichtlinie – Teil 1 (FBS-QR Teil 1): Rohre und Formstücke aus Beton und Stahlbeton in FBS-Qualität für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle – Ausführungen, Anforderungen, Prüfungen (09.2004).
- [29] DIN 4030: Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase.
Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte (06.1991).
Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben (06.1991).