

## 2.2 Umgang mit Korrosion in Freispiegel-Abwasserkanälen

Dipl.-Ing. Christoph Pöllmann, M. Eng., Frankfurt am Main

### Kurzfassung

Abwasserkanalisationen unterliegen während ihrer Nutzungsdauer den unterschiedlichsten physikalischen und chemischen Beanspruchungen – von innen wie von außen. Das hierin abzuleitende Abwasser mit seiner Vielzahl an organischen und anorganischen Inhaltstoffen, ist ein Nährboden für verschiedene Arten von Mikroorganismen.

Geringe Fließgeschwindigkeiten oder lange Fließzeiten erzeugen einen schnellen Abbau des nur in geringem Maße gelösten Sauerstoffs. Hierdurch entsteht fauliges, anaerobes Abwasser - ein Nährboden für die Bildung von übel riechendem Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ). Dieser wird mit seinem Geruch nach faulen Eiern bereits in geringsten Konzentrationen wahrgenommen und kann beim Austritt aus der Kanalisation über die natürlichen Lüftungsöffnungen zu erheblichen Belästigungen der Anwohner führen. In deutlich höheren Konzentrationen ist  $H_2S$  auch die häufigste Ursache für tödliche Kanalunfälle.

Ein weiteres, großes Problem stellt die so genannte biogene Schwefelsäure-Korrosion (BSK) dar. Sie entsteht durch die Verbindung von frei werdendem  $H_2S$  mit an der Oberfläche des Gasraumes befindlichen Kondenswassers. BSK zersetzt zementgebundene Werkstoffe und Metalle. Durch diesen chemischen Zersetzungsprozess entstehen große bauliche Schäden mit weit reichenden Folgen. So kann es bis zum vollständigen Substanzverlust des Baukörpers kommen.

Geruchsstoffe und Korrosion in Abwasserkanälen sind sehr eng miteinander verknüpft. Die Ursachen für das saure BSK-Milieu im Kanal sind die gleichen wie bei der Geruchsbildung.

Zur Vermeidung bzw. Eindämmung beider Phänomene werden von den Abwasser-netzbetreibern erhebliche Anstrengungen bei Planung, Bau und Betrieb von Abwasserkanälen unternommen.

### Einleitung

In Abwasserkanälen bestehen i.d.R. zu Beginn aerobe (sauerstoffreiche) Verhältnisse. Warme Temperaturen, langsame Fließgeschwindigkeiten, lange Fließwege sowie schlechte Be- und Entlüftung sind die idealen Bedingungen für Absetzungen und Gärprozesse.

Die übergeordnete Zielsetzung der ökologisch ausgerichteten Siedlungsentwässerung, mit einer zunehmenden Versickerung von Regenwasser, hat eine deutliche Auswirkung auf die Abflussverhältnisse in den Abwasserkanälen.

Auch der allgemein rückläufige Wasserverbrauch mit folgender Reduzierung der abzuleitenden Abwassermengen bei konstant gebliebenen Schmutzfrachten sowie die demografischen Entwicklungen (Landflucht insbesondere aus ostdeutschen Regionen [28]) haben erhebliche Veränderungen mit sich gebracht.

Durch die vorstehend beschriebenen Umstände können sich die Verhältnisse der Aerobie über einen anoxischen Übergangsbereich hin in den anaeroben (sauerstofffreien) Bereich verschieben. Das anaerobe Milieu bietet dann ideale Voraussetzungen für die Bildung einer Vielzahl von Geruchsstoffen, insbesondere aber von Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ).

So sind bei einer Neuplanung von Abwasserkanälen neben den allgemein üblichen planerischen Überlegungen vermehrt auch die Überlegungen zum Thema biogene Schwefelsäure-Korrosion anzustellen.

Für die bestehenden Kanäle gilt es Strategien und Verfahren zur Vermeidung bzw. Eindämmung zu entwickeln und einzusetzen. Da die Verhältnisse des einen Kanals nicht ohne weiteres auf den anderen übertragbar sind, bedarf es immer einer genauen Einzelfallbetrachtung.

Sind durch die BSK bereits Schädigungen der Bausubstanz eingetreten, so sind kurzfristig geeignete Instandsetzungsstrategien einzuleiten – diese werden, aufgrund der durch die Korrosion hervorgerufenen Streckenschädigungen, die Renovierung oder der Neubau sein.

### Geruch und Korrosion

Geruchsprobleme können durch direkte Einleitung von Geruchsstoffen, (z. B. chemische Industrie, Brauereien, Molkereien, etc.) oder aber durch ungünstige abwassertechnische Verhältnisse entstehen. Ein Leitparameter für den Geruch ist der Sulfidgehalt des Abwassers und/oder der Schwefelwasserstoffgehalt der Kanalatmosphäre.

In sachgerecht geplanten und betriebenen Kanalnetzen sind wegen günstiger Sauerstoffverhältnisse im Abwasser Sulfidprobleme nicht zu erwarten. Besonderer Beachtung bedürfen sie aber immer. Voraussetzung für eine kritische Sulfidentwicklung sind Schwefelverbindungen in organischer und anorganischer Form [7].

Unter Korrosion im Bereich von Abwasseranlagen werden alle Reaktionen an nicht metallischen und metallischen Bau- und Werkstoffen mit ihrer Umgebung verstanden, die durch chemische, elektrochemische oder mikrobiologische Vorgänge zu einer Beeinträchtigung des Bau-/Werkstoffes führen [6].

Korrosion kann einerseits im benetzten Fließquerschnitt und andererseits im darüber liegenden Gasraum stattfinden.

Bei der Korrosion im benetzten Fließquerschnitt kann diese physikalisch oder chemisch ablaufen.

Unter physikalisch bedingter Korrosion versteht man folgenden Mechanismus: Mit zunehmender Fließgeschwindigkeit des Abwassers steigt auch die Transportkapazität für Geschiebe (Menge und Größe), was zum Verschleiß der Kanalwandung führt - man spricht hierbei von Abrasion.

Die chemisch bedingte Korrosion im benetzten Fließquerschnitt findet infolge von direktem Einwirken aggressiver Abwässer auf die Rohrwandung statt. Hier kann es zu einem lösenden oder treibenden Angriff kommen.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die physikalischen und chemischen Mechanismen in Kombination stattfinden.

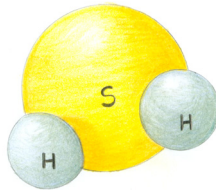
Bei der Korrosion im Gasraum wird der unbenetzte Teil der Kanalwandung durch biochemische Mechanismen angegriffen. Diesen Mechanismus bezeichnet man als biogene Schwefelsäure-Korrosion (BSK). Hiervon betroffen sind die zementgebundenen sowie die metallischen Baustoffe (Kanalrohre, Mörtel, Steigeisen, Schieber, etc.). Neben der durch die Korrosionsvorgänge bedingten Erhöhung der Wandrauigkeit und einer damit verbundenen vermehrten Ablagerung von Feststoffen, ist vor allem die Reduzierung der Wanddicke kritisch zu betrachten. Durch sie wird die Standfestigkeit und ggf. die Dichtheit der Abwasserkanäle beeinträchtigt.

### Grundlagen zur biogenen Schwefelsäure-Korrosion

Bei anaeroben biologischen Prozessen entsteht Schwefelwasserstoff vor allem durch den Abbau schwefelhaltiger Proteine sowie durch Desulfurikation von Sulfat-Ionen.

Schwefelwasserstoff ist unter Normalbedingungen ein farbloses, brennbares, nach faulen Eiern riechendes Gas. Es ist chemisch sehr reaktiv und wird an der Luft zu Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) und Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) oxidiert. Unter Sauerstoffmangel endet die Reaktion bei elementarem Schwefel. Schwefelwasserstoff ist ein starkes Reduktionsmittel ( $\text{Fe III} \rightarrow \text{Fe II}$ ) und weist eine geringe Löslichkeit auf (2,6 l/l  $\text{H}_2\text{O}$  bei  $20^\circ\text{C}$ ).

Das Molekül  $\text{H}_2\text{S}$  (Bild 1) besteht aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Schwefel und hat ein Molekulargewicht von 34,08 g. Schwefelwasserstoff ist schwerer als Luft (Dichte = 1,19 kg/l) und kann sich daher bei geringer Turbulenz in Bodennähe anreichern [19].



**Bild 1: Modell des Schwefelwasserstoffmoleküls**

### Entstehung der biogenen Schwefelsäure-Korrosion

Frisches kommunales Abwasser enthält nur relativ wenige sulfatreduzierende Bakterien, es enthält mindestens 0,5 mg/l gelösten Sauerstoff und Schwefelwasserstoff ist nicht oder nur in Spuren nachweisbar. Geht das Abwasser jedoch in den anaeroben Zustand über, kann die aerobe Schicht völlig verschwinden und die Sielhaut wird durchgehend anaerob [24].

Gebildeter Schwefelwasserstoff mit seinem sehr hohen Dampfdruck von 18100 hPa (bei  $20^\circ\text{C}$ ) gast leicht vom Wasser in den Luftraum über dem benetzten Fließquerschnitt aus. Kann er nicht oxidiert werden, so diffundiert er ins Abwasser bzw. in die Kanalluft. Die Lufttemperatur im unbenetzten Gasraum ist höher als die des Baukörpers (Kanalwandung). Beim Kontakt der wärmeren Luftschicht mit der Kanalwandung wird der Taupunkt unterschritten und es entsteht Kondensat.

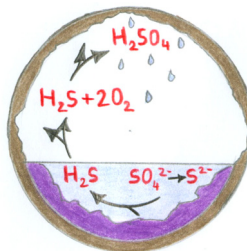
Auf den somit feuchten Kanalwandungen werden die flüchtigen Schwefelverbindungen zu elementarem Schwefel ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) oxidiert. Dieser Schwefel wird von verschiedenen Mikroorganismen energetisch genutzt und zur Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) oxidiert.

Z. B. sind die säureresistenten und säurebildenden Schwefelbakterien der Gattung *Thiobazillus thiooxidans* bei einem pH-Wert unter 6,5 aktiv und können eine maximale Schwefelsäurekonzentration von 7 % und damit einen pH-Wert von 1 erreichen.

Bereits ab einem Wert von 0,5 ppm  $\text{H}_2\text{S}$  in der Kanalatmosphäre nagt BSK an den zementgebundenen und metallenen Baustoffen.

Betroffene Flächen sind charakteristisch gelb-weiß gefärbt, porös und sehen aus wie Waschbeton.

Die chemische Grundgleichung der biogenen Schwefelsäure-Korrosion von Beton lautet:



**Bild 2: Biogene Schwefelsäurekorrosion im Kanal**

## Demografischer Wandel

---

Eine Einstufung der durchschnittlichen pH-Werte von Wässern und Säuren für zementgebundene Werkstoffe liefert Tabelle 1.

**Tabelle 1: Einstufung der pH-Werte von Abwässern und Säuren für zementgebundene Mörtel [16] in Verbindung mit [1]**

Medium	pH-Wert	Aggressivität
Kommunales Abwasser	10,0 – 6,6	schwacher Angriff
Industrielles Abwasser	14,0 – 1,0	mittlerer bis sehr starker Angriff
Regenwasser	7,0 – 4,5	schwacher bis mittlerer saurer Angriff
Anorganische Säuren	4,5 – 3,0	stark saurer Angriff
Organische Säuren (z. B. Milchsäure)	4,5 – 3,0	stark saurer Angriff
Biogene Schwefelsäure	< 3,0	sehr starker saurer Angriff

### **Mechanismen**

Beton ist eine Mischung aus Zement, Wasser und Sand oder Kies. Der Zement besteht hauptsächlich aus Calciumsilikat und Calciumaluminat, mit denen die produzierte Schwefelsäure reagiert. Daraus entstehen Calciumsulfoaluminat und Calciumsulfat (Gips), teilweise als Präzipitat, deren Volumen wesentlich größer als das des Ausgangsstoffes ist. Die so erzeugten Spannungen in den Poren führen zu einer chemischen-physikalischen Zerstörung des Betons, auch treibende Korrosion genannt [8] und [23].

Unkorrodierter Beton hat eine niedrige Durchlässigkeit und nur ein sehr kleiner Anteil der Poren ist so groß, dass sich darin Bakterien ansiedeln können. Verbundene Hohlräume ermöglichen jedoch die Diffusion von gelösten Substanzen in den Beton, die Neutralisation der Alkalinität des Betons und das Lösen von Calciumhydroxid. Dadurch steigt die Durchlässigkeit und es kommt zu einer langsamen inneren Kolonisation der Mikroorganismen, der sog. lösenden Korrosion [18].

Gemäß [15] liegen die Abtragungsraten des Betons durch die BSK bei 0,5 bis 10 mm pro Jahr. SCHREMMER [25] geht hierbei von 3 bis 6 mm pro Jahr aus und Bock [9] gibt an, dass die Korrosionsgeschwindigkeit bei kreisrunden Rohren auf maximal ca. 3 mm/Jahr im Gasraum geschätzt wird.

### **Folgen der biogenen Schwefelsäure-Korrosion**

Durch die biogene Schwefelsäure-Korrosion entstehen weltweit schwerwiegende Schäden an Abwasserbauwerken. Wie oben erwähnt, wird durch die biochemischen Mechanismen die Bauwerksstruktur bis hin zum statischen Versagen abgetragen. Das finanzielle Ausmaß ist hierbei nur grob abschätzbar. So werden unterschiedliche Anstrengungen unternommen, um der Zerstörung durch BSK entgegen zu wirken.

Hierzu werden an entsprechenden Stellen dem Abwasser Chemikalien zugegeben. Durch diese Maßnahmen können allerdings neue Schwierigkeiten bei den Klärprozessen auf der Abwasserreinigungsanlage entstehen (z. B. Aufsalzung des Abwassers oder die Bildung von Blähschlamm).

### **Verfahren zur Vermeidung und Bekämpfung von biogener Schwefelsäure-Korrosion**

Maßnahmen zur Vermeidung von biogener Schwefelsäure-Korrosion sind teilweise identisch mit denen der Geruchsemissionen. Die hierbei zum Einsatz kommenden Maßnahmen sollen dem Stand der Technik entsprechen, aber ein tragbares Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen widerspiegeln. Solche Maßnahmen sind bereits in der Planungsphase von Kanalnetzen zu berücksichtigen.

Bestehende Anlagen können meist nur noch durch nachträgliche Umbaumaßnahmen reguliert werden. Sind solche Umbaumaßnahmen nicht möglich, werden verschiedene Behandlungsmaßnahmen (Sekundarmaßnahmen) zur Reduzierung oder zur Verhinderung der Ausbreitung eingesetzt [26].

### **Vermeidung durch planerische, bauliche und betriebliche Maßnahmen**

Bauliche und betriebliche Maßnahmen zur Vermeidung von Geruchsproblemen erfolgen in der Praxis häufig dadurch, dass in betroffenen Kanalabschnitten z. B. tagwasserdichte Schachtdeckel eingebaut oder auch die Lüftungsöffnungen im Schachtdeckel mittels Folie oder Gummistopfen verschlossen werden. Diese und ähnliche Maßnahmen können jedoch nur als vorübergehende Lösungen angesehen werden, weil damit die anderen Sulfidprobleme Korrosion und Arbeitssicherheit nicht gelöst, sondern vielmehr verstärkt werden [5].

Im Merkblatt ATV-M 168 „Korrosion von Abwasseranlagen“ [6] finden sich zum Thema Vermeidung von biogener Schwefelsäure-Korrosion umfangreiche Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Abwasseranlagen.

## **Demografischer Wandel**

---

Welche der Maßnahmen die beste Wirkung erreicht, ist sehr stark von den jeweiligen Verhältnissen und den Anwendungsmöglichkeiten abhängig. Sie sind nicht ohne weiteres oder gar in jedem Einzelfall einsetzbar, ggf. ist eine Kombination verschiedener Maßnahmen erforderlich. Abzuwägende Parameter sind einerseits die baulichen Möglichkeiten sowie die Betriebs- und Investitionskosten und andererseits bei der Symptombekämpfung z. B. die Anwendbarkeit der Verfahren, die Wirkung der Mittel sowie mögliche Umweltverträglichkeits- und Gefahrstoffvorkehrungen [17].

### ***Planerische Maßnahmen***

Zielsetzung einer ingenieurgerechten Planung ist die Vermeidung der Ursachen für anaerobe Verhältnisse, um damit die Entstehung von BSK in den Kanälen auszuschließen. Außer Leitlinien, die die biogene Schwefelsäure-Korrosion grundsätzlich reduzieren helfen, gibt es keine planerische Vorgehensweise die das Erreichen dieser Zielsetzung garantiert.

Sinnvoll ist es, bereits bei der Planung ggf. erforderliche bauliche oder betriebliche Erweiterungsmaßnahmen zu berücksichtigen. In der Planung sind unterschiedliche Varianten einer Problemlösung und ihr finanzieller Aufwand beim Bau aber auch die langfristigen Betriebskosten zu untersuchen. In die finanzielle Bewertung sind auch die möglichen Risiken einzubeziehen [17].

Zur Vermeidung von BSK ist eine wirksame Be- und Entlüftung von Entwässerungssystemen erforderlich. Natürliche Be- und Entlüftungsmöglichkeiten müssen so konzipiert sein, dass die Luftdruckunterschiede und der Sog des fließenden Abwassers wirksam genutzt werden. Bereiche, wo dies nicht ausreichend ist, müssen mit einer in der Wirkung nachgewiesenen mechanischen Be- und Entlüftung ausgestattet sein, ggf. ist eine Behandlung der Abluft erforderlich [5].

So kann eine Vermaschung von Kanalnetzen viele Vorteile mit sich bringen (z. B. bessere Belüftung des Abwassers etc.). Sie sollte bei Planung und Erneuerung stets gefördert werden.

Nach einem Zusammenfluss von Straßen kann die Anordnung eines Absturzes im Schachtbauwerk eine gute Variante zur Sicherstellung von aeroben Verhältnissen sein. Diese bewährte Maßnahme zur Erzeugung von Turbulenzen darf aber unter keinen Umständen zu Lasten des Gefälles erfolgen.

Bei anaerobem Wasser ist allerdings die Bildung von Turbulenzen und Fließwechsellern unbedingt zu vermeiden. Ggf. sind vorhandene Absturzbauwerke so umzugestalten, dass das Abwasser gleichmäßig und ohne Turbulenzen fließen und eine schonende Energieumwandlung stattfinden kann. Solche Maßnahmen sind allerdings stark von den hydraulischen, räumlichen und topografischen Verhältnissen abhängig.

Weitere einfache konstruktive und betriebliche Maßnahmen zur Minimierung der Gefahrenpotentiale sind:

- Einhaltung eines Mindest-Fließgefälles,
- Erzeugung einer ausreichenden Fließgeschwindigkeit,
- Sicherstellung einer ausreichenden Schubspannung zur Vermeidung von Ablagerungen,
- Minimierung der Aufenthaltszeiten des Abwassers im Kanal.

Ergänzend zur hydraulischen Bemessung von Abwasseranlagen sollte vom Planer ein Nachweis über die Sulfidentwicklung in Freispiegelleitungen geführt werden (siehe hierzu die so genannte "Z-Formel" von Pomeroy [21] bzw. Bielecki et al. [8]). Hierdurch ist eine schnelle Abschätzung auf eine Gefährdung des Rohrmaterials durch biogene Schwefelsäure-Korrosion möglich. Die Verknüpfung der Berechnung nach Pomeroy [21] mit der hydraulischen Berechnung nach [2] stellt zudem ein geeignetes Hilfsmittel zum Nachweis ablagerungsfreier Abflüsse dar. Hier wird eine Mindestwandschubspannung von  $\tau = 1,0 \text{ N/m}^2$  empfohlen.

Die Sulfidentwicklung in Abwasserleitungen ist davon abhängig, wie viel Sielhaut vorhanden ist. Bei einer Begrenzung des Sielhautanteils auf höchstens 15 % des benetzten Rohrumfanges stellen sich in der Praxis keine Sulfidprobleme ein. Wird der kritische Sulfidgrenzwert von 1,5 mg/l Abwasser überschritten, sind günstigere hydraulische Randbedingungen anzustreben und darüber hinaus Maßnahmen zur Erhöhung des Sauerstoffgehaltes im Abwasser erforderlich. Wird der Grenzwert unterschritten, sind Gefälle und Durchmesser der Leitung richtig gewählt [7].

Der Sulfidgehalt des Abwassers in Freispiegelleitungen kann rechnerisch unter Berücksichtigung von  $\text{BSB}_5$ , Sulfaltgehalt und Abwassertemperatur für einzelne Leitungsabschnitte ermittelt werden [27].

### ***Bauliche Maßnahmen***

Zu den baulichen Maßnahmen geben Bayer et al. [7] die folgenden Hinweise:

Mit der Auswahl resistenter Baustoffe bzw. Materialien kann die Zerstörung durch biogene Schwefelsäure-Korrosion verhindert werden. Korrosionsgefährdete Baustoffe in Abwassersystemen sind alle zementgebundenen Werkstoffe wie Beton, Mauerwerksmörtel, Faserzement sowie metallische Werkstoffe wie un- und niederlegierte Stähle sowie Gusseisen. Zum Einsatz in den jeweiligen Gefahrenbereichen empfehlen sich vor allem Kunststoffe, hochlegierte Stähle sowie Steinzeug und Klinker.

Bei der Gestaltung der Baukörper sind angreifbare Flächen möglichst klein zu halten. Feingliedrige Bauteile, Grate und porenreiche, nicht geschlossene Oberflächen sind zu vermeiden. Kanten, Ecken und Kehlen sollten ab- bzw. ausgerundet sein. Waagerechte Bauwerks- und Auftrittsflächen sind, soweit möglich, zu vermeiden und zur Wasserabführung mit einer Neigung von 1:5 anzulegen.

Kurven-, Verbindungs- und Absturzbauwerke erfordern besondere Aufmerksamkeit, da hier durch Richtungs-, Gefälle und Nennweitenwechsel häufig neue hydraulische Bedingungen und Veränderungen in der Abwasserzusammensetzung möglich sind. Schon im Anfangsbereich eines Kanalnetzes soll das Sohlgerinne innerhalb der Schächte eine zügige Gerinneführung und ein gleichmäßiges Gefälle aufweisen.

Vorsprünge in den Abwasserstrom, scharfe Krümmungsradien sowie plötzliche Nennweitenwechsel in der Sohle sind zu vermeiden. Letztere sind entweder im Sohlgerinne anzugleichen, oder es ist ein kleiner Absturz am einmündenden Kanal einzubauen.

Zur Wahrung günstiger Luftstromverhältnisse sind Hindernisse zu vermeiden und Rohrscheitel möglichst in gleicher Höhe anzuordnen.

### ***Betriebliche Maßnahmen***

Nach den Landeswassergesetzen der Bundesländer, Landesbauordnungen, Entwässerungssatzungen und technischen Regelwerken, [10]/[11]/[12]/[13]/[14]/[1] bzw. [4] dürfen in öffentliche Abwasseranlagen keine Abwässer und Stoffe eingeleitet oder eingebracht werden, die schädliche oder unzumutbare belästigende Gerüche und Ausdünstungen verbreiten. Von den Abwasserbeseitigungspflichtigen muss deshalb in der Entwässerungssatzung nach dem **Stand der Technik** festgelegt werden, wie das Abwasser zu überlassen ist und ob es ggf. vorbehandelt wer-

den muss. In einem Genehmigungsbescheid sind die Einleitungsbedingungen für Stoffe oder Stoffgruppen, die übelriechende Dämpfe und Gase bilden, festzulegen. Hierzu gehören z. B. der Schwefelwasserstoff und Stoffe, die zu seiner Bildung beitragen. Richtwerte wichtiger Beschaffenheitskriterien und Inhaltsstoffe von Abwasser wie pH-Wert, Temperatur, Sulfat- und Sulfidgehalt sowie für spontan Sauerstoff zehrende Stoffe sind u. a. in [1] bzw. [4] enthalten. Es wird empfohlen, diese als Grenzwerte in der Entwässerungssatzung festzulegen.

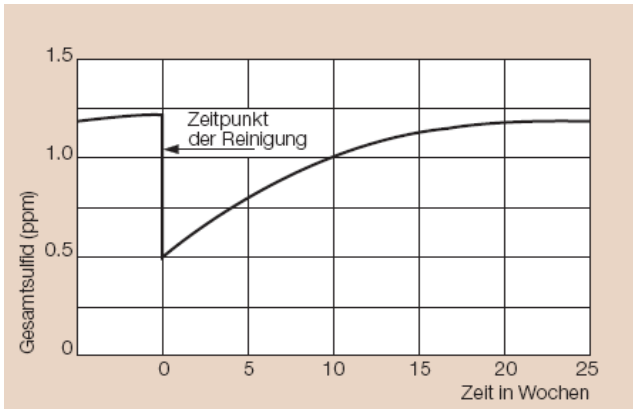
Es ist sicherzustellen, dass die Anlagen in ihrem Bestand und ihrer bestimmungsgemäßen Funktion nicht beeinträchtigt und dass das in ihnen beschäftigte Personal gesundheitlich nicht gefährdet wird. Darüber hinaus darf die Abwasserreinigung nicht über Gebühr erschwert sein. Eine Hauptaufgabe der Abwassertechniker ist deshalb, Abwasser in aerobem, d.h. frischem und sauerstoffreichem Zustand dem Klärprozess zuzuführen [7].

Zur Gewährleistung dieser Maßgabe ist in einem Abwassernetz turnusmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich eine **Kanalreinigung** durchzuführen. Dieser technischen Forderung wurde bereits 1974 durch einen höchstrichterlichen Beschluss, mit dem BGH-Urteil - III ZR 27/72, vom 11. Juli 1974, Ausdruck verliehen.

Kanalabschnitte an denen es häufig zu starken organischen Ablagerungen kommt, wie z. B. bei Anfangshaltungen, Stauraumkanälen oder Abschnitten mit geringem Gefälle, sollten überdies häufiger gereinigt werden [6].

Durch Feststoffablagerungen und die Sielhaut wird die Sulfidentwicklung und somit die Entstehung von biogener Schwefelsäure-Korrosion gefördert. Werden Kanäle regelmäßig von ihnen befreit, bleiben kritische Sulfidverhältnisse über längere Zeit aus. Die Erstellung von Reinigungsplänen in denen die Häufigkeit der Reinigung auf der Grundlage systematischer Abwasser- und/oder Abluftmessungen festgelegt ist, ist hierzu zu empfehlen. Die Reinigung muss erfolgen, bevor kritische Sulfidgrenzwerte erreicht werden. Vorschläge für Reinigungshäufigkeiten enthält das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 147 [3] sowie [7] und [5].

Bild 3 zeigt die Wirkung einer Kanalreinigung auf den Sulfidgehalt eines Abwassers mit einer bemerkenswerten Langzeitwirkung. Durch ein sachgerechtes Reinigen der Bauteile im Gasraum, wird eine anhaltende Verbesserung des pH-Wertes an Bauteiloberflächen erzielt.



**Bild 3: Zeitliche Wirkung der Kanalreinigung [27]**

Bereiche mit vorhandenen Sulfidproblemen erfordern eine kontinuierliche bzw. permanente Überwachung des Kanalmilieus da sich die Sulfidverhältnisse aufgrund von geänderten abwassertechnischen bzw. betrieblichen Randbedingungen sowie zu verschiedenen Zeitpunkten i.d.R. unterscheiden.

Eine **Abwasserbehandlung** soll das Sulfidrisiko vermindern. Durch eine Vorbehandlung gewerblicher und industrieller Abwässer kann z. B. der Sauerstoffverbrauch so reduziert werden, dass die natürliche Belüftung des Abwassers im Kanal ausreicht, um den Bedarf für die ablaufenden biologischen Prozesse zu decken [7].

Liegen die Ursachen von Korrosion im rückläufigen Wasserverbrauch und somit in zu geringen Abwassermengen, so kann z. B. durch Rohrlining-Verfahren eine **Querschnittsreduzierung** des Kanals erzielt werden.

### **Bekämpfung im Abwasser**

Im Folgenden sollen verschiedene Möglichkeiten zur Bekämpfung der BSK-Problematik durch Maßnahmen über das Abwasser aufgeführt werden:

### ***Chemische Fällung***

Durch die Zugabe von Eisen(III)chloridsulfatlösung oder Eisen(II)chlorid-lösung ins Abwasser, bildet sich mit dem vorhandenen Schwefelwasserstoff schwerlösliches Eisensulfid. Nachteilig kann sich die dabei entstehende zusätzliche Schlammmenge auswirken, welche auf der Kläranlage abzutrennen ist. Zudem führt der Einsatz von Fällmitteln zur Aufsalzung von Gewässern [26].

### ***Erhöhung des Redoxpotentials***

Durch die Zugabe von Sauerstoff stellt sich ein aerobes Milieu ein und Schwefelwasserstoff kann nicht entstehen [26].

Die Schwierigkeit bei der Verwendung von Luftsauerstoff besteht allerdings darin, dass dieser lediglich 21 % O<sub>2</sub> enthält und somit bei einer hohen Zehrungsrate relativ schnell aufgebraucht ist. Ein punktueller Eintrag ist somit wenig effizient. Vielmehr muss dieser gleichmäßig und linearer, wie es etwa DRAUSY (Druck ausgleichendes Schlauchsystem) vorsieht, stattfinden. Der Schlauch wird hierbei in der Sohle verlegt.

Grundsätzlich lässt sich Sauerstoff unter Atmosphärendruck nur bis zu dessen Löslichkeit in Wasser (druck- und temperaturabhängig, bei 20 °C und Normaldruck 9,17 mg/l) dosieren. Die Verwendung von technischem Sauerstoff hat deshalb nur unter höheren Druckverhältnissen, wie es etwa in Druckleitungen der Fall ist, eine entsprechende Wirkung [26].

Nitrat enthält Sauerstoff in chemisch gebundener Form und führt bei Zugabe ins Abwasser durch die Redoxpotentialerhöhung zur Vermeidung anaerober Verhältnisse. Der Vorteil hierbei ist, dass die Flüssigkeit unbegrenzt dosierbar ist und keine Probleme mit Ausgasungseffekten entstehen. Nachteilig kann sich eine zu hohe Dosierung auswirken, da das Nitrat in der Kläranlage wieder entfernt werden muss [22].

Durch die Umsetzungsprozesse werden organische Kohlenstoffquellen bereits im Kanalnetz verbraucht, welche dann unter Umständen auf der Kläranlage bei der Denitrifikation fehlen [26].

Bei der Nitratzugabe handelt es sich um ein weit verbreitetes Verfahren, welches insbesondere bei Geruchsproblemen eingesetzt wird.

### Zugabe von Oxidationsmitteln

Als Oxidationsmittel kommen Ozon, Wasserstoffperoxid, Chlorbleichlauge, Natriumhypochlorid und Kaliumpermanganat infrage. Hiermit werden insbesondere auch Geruchsstoffe eliminiert. Der Einsatz von Chlorverbindungen ist jedoch problematisch, da dabei organische Halogenverbindungen (AOX) entstehen können [26].

### Veränderung des pH-Wert

Wie oben erwähnt, hat der pH-Wert maßgebenden Einfluss auf die Bildung von Schwefelwasserstoff. Die Veränderung (Erhöhung) des pH-Wert kann mittels Kalkzudosierung erfolgen.

Bild 4 zeigt den Verlauf von  $\text{H}_2\text{S}$  in Abhängigkeit vom pH-Wert. Ab einem pH-Wert von 9 existiert kein  $\text{H}_2\text{S}$  mehr.

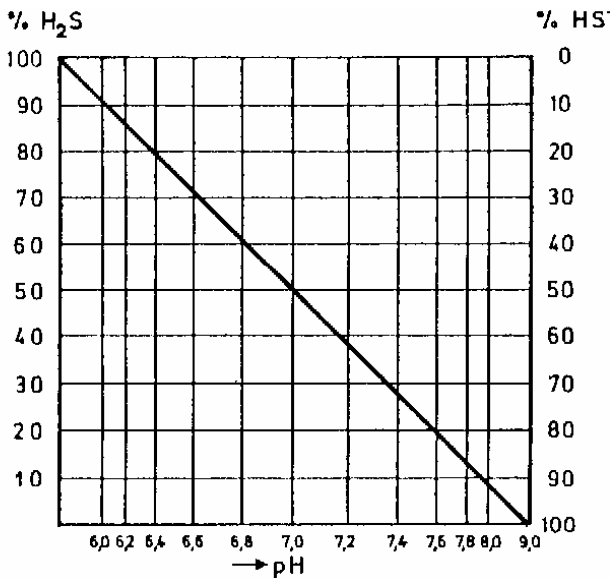


Bild 4: Dissoziationsgleichgewicht  $\text{H}_2\text{S}$  und  $\text{HS}^-$  in Abhängigkeit vom pH-Wert [20].

Über eine Kalkzudosierung berichten Schubert et al. [26], dass während eines durchgeführten Versuches keine nachteiligen Auswirkungen auf den Kläranlagenbetrieb bekannt geworden sind.

### **Bekämpfung in der Abluft**

Eine Behandlung der Abluft wird i.d.R. nur für die Bekämpfung von Geruchsproblemen eingesetzt. Hierzu werden überwiegend Filter z. B. in den Schachtabdeckungen verwendet. Es sind aber auch größere Abluft-Behandlungsanlagen außerhalb der Kanalisation möglich. Da hiervon das Milieu im Kanal unbeeinflusst bleibt, hat es für das Thema biogene Schwefelsäure-Korrosion keine Relevanz.

### **Zusammenfassung**

Ein anaerobes Kanalmilieu ist die Basis für die Entstehung von Schwefelwasserstoff, dem Grundstein zur Bildung von biogener Schwefelsäure-Korrosion. Im Wesentlichen findet die Produktion von Schwefelwasserstoff in der Sielhaut und den Ablagerungen statt. BSK greift ausschließlich den Gasraum über dem Wasserspiegel an. Die Säure führt zu einem Materialabtrag von mehreren Millimetern pro Jahr.

Die klimatischen Bedingungen in Abwasserkanälen exakt zu erfassen, zu beschreiben und zu steuern, ist ein komplexes Unterfangen, da die fluktuierenden Abwassermengen, die hieraus resultierenden Wasserstände, die Abwasserart und dessen Zusammensetzung, ein ständiges Wechselspiel der Parameter sind. Der zurückgegangene Wasserverbrauch und die demografische Entwicklung im letzten Jahrzehnt haben die Thematik deutlich verschärft.

Zur Vermeidung von biogener Schwefelsäure-Korrosion geben die Regelwerke für die Planung von Abwasseranlagen zahlreiche präventive Strategien an die Hand.

Zur Reduzierung und Bekämpfung bei vorhandener BSK wurden in den letzten Jahren verschiedene Verfahren entwickelt. Diese arbeiten i.d.R. durch den Eintrag von Stoffen in das Abwasser. Aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren bei der Entstehung des Sulfids können solche Verfahren allerdings keine allgemein gültigen Standardmaßnahmen darstellen, da sie auf biologischen, chemischen oder physikalischen Prinzipien beruhen.

Hat die biogene Schwefelsäure-Korrosion die Bausubstanz bereits angegriffen und abgetragen, so hilft lediglich eine Instandsetzungsstrategie durch entsprechende Rehabilitationsmaßnahmen. Hierzu kommt nur die Renovation oder gar der vollständige Neubau in Betracht.

### Literatur

- [1] ATV-A 115: Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage, GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V., (ATV-Regelwerk) Hennef 1994
- [2] ATV-DVWK-A 110: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen, 2001
- [3] ATV-DVWK-A 147: Betriebsaufwand für die Kanalisation, Teil 1: Betriebsaufgaben und Häufigkeiten; GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V., Hennef 2003
- [4] ATV-DVWK-M 115-1: Rechtsgrundlagen, Entwurf, 2003  
Teil 2: In Vorbereitung: Indirekteinleitungen nicht häuslichen Abwassers; Anforderungen, Entwurf, 2003  
Teil 3: Praxis der Indirekteinleiterüberwachung, Entwurf, 2003
- [5] ATV-DVWK-M 154: Geruchsemissionen aus Entwässerungssystemen – Vermeidung oder Verminderung, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.), Hennef 2003
- [6] ATV-M 168: Korrosion von Abwasseranlagen – Abwasserableitung, GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V., Hennef 1998
- [7] BAYER, E.; KAMPEN, R.; KLOSE, N.; MORITZ, H.: Betonbauwerke in Abwasseranlagen, (Betonverlag), Düsseldorf 1992
- [8] BIELECKI, R.; SCHREMMER, H.: Biogene Schwefelsäure-Korrosion in teilgefüllten Abwasserkanälen, Leichtweiß-Institut, Braunschweig 1987
- [9] BOCK, E.: Biologische Korrosion; in: Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau (TIS) 26, 1984, H. 5, S. 240-250
- [10] DIN EN 752-2: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 2: Anforderungen, (Beuth-Verlag) 1996
- [11] DIN EN 752-3: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 3: Planung, (Beuth-Verlag) 1996

- [12] DIN EN 752-4: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umweltschutzaspekte, (Beuth-Verlag) Berlin 1997
- [13] DIN EN 752-6: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 6: Pumptanlagen, (Beuth-Verlag) 1998
- [14] DIN EN 752-7: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 7: Betrieb und Unterhalt, (Beuth-Verlag) 1998
- [15] DINH, H. T.; KÜVER, J.; MUSSMANN, M.; HASSEL, A. W.; STRATMANN, M.; WIDDEL, F.: Iron corrosion by novel anaerobic microorganisms, *Nature*, vol. 427, 829-832, 26, 2004
- [16] GSTT Information 18-1: Anforderungen an Mörtel für Abwasserkanäle und Bauwerke der Ortsentwässerung, in: GSTT Information, 2004, Nr. 18-1, S. 5
- [17] INGERLE, K.: Biokorrosion – Untersuchung und Darstellung der biochemischen Umwandlungsprozesse im Bereich der Druckrohrbeileitung Achenkirch, Institut Umwelttechnik, Universität Innsbruck, 2000
- [18] LENS P.N.L.; HULSCHOFF POL L.: Environmental Technologies to treat sulfur pollution, Principles and engineering, IBSN 1900222094 IWA, London 2000
- [19] MATSCHÉ, N.: Korrosions- und Geruchsprobleme in Abwasserdruckleitungen, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien, 2005
- [20] Mudrack, K.; KUNST, S.: Biologie der Abwasserreinigung, 4. Auflage, ISBN 3-437-25700-5, (Gustav Fischer Verlag) 1994
- [21] POMEROY, R.D.: Das Problem von Schwefelwasserstoff in Abwasserkanälen, Informations de la Fédération Européenne des Fabricants de Tuyaus en Grés (Feugres Publikation) 1980, Nr. 6
- [22] PRECHTL, St.; FAULSTICH, M.: Ursachen und Mechanismen der Korrosion in biologischen Anlagen, (Verlag Förster Druck und Service) Sulzbach Rosenberg, 2006
- [23] SARACEVIC; BERTRÁN DE LIS, F.; MATSCHÉ, N.: Forschungsprojekt Korrosions- und Geruchsprobleme in Abwasserdruckleitungen, Kanal- und Kläranlage Nachbarschaften ÖWAV 2004, Wien 2004

## **Demografischer Wandel**

---

- [24] SCHLEGEL H.G.:Allgemeine Mikrobiologie (Georg Thieme Verlag) Stuttgart 1981
- [25] SCHREMMER, H.: Arbeitsbericht des ATV-Fachausschusses 2.3 zu Parametern des Arbeitsblattes ATV-A 115 – Schwefelwasserstoff/Sulfide. Korr. Abwasser, 33/8, 729-733, 1986
- [26] SCHUBERT, W.; GÜNTHERT, F. W.:Geruchsemissionen aus Abwasserleitungen und deren Vermeidung, ATV-DVWK-Fortbildungskurs K/6 für Abwasserentsorgung im ländlichen Raum, 23. - 25. Oktober 2002, Kassel
- [27] THISTLETHWAYTE, D.K.B.: Sulfide in Abwasseranlagen - Ursachen, Auswirkungen, Gegenmaßnahmen, in: Zement-Merkblatt Tiefbau Bauberatung Zement, 1972; Deutsche Ausgabe: (Beton-Verlag) Düsseldorf 1979
- [28] URBAN, U.; HEILMANN, A.; FREYSTEIN, J.: Ergebnisse der linearen und feinblasierten Belüftung einer Druckleitung zur Vermeidung von Geruchsemissionen und Korrosion, in: ATV-DVWK-Schriftenreihe, 2004, Heft 4, S. 372-379

### **Anschrift des Verfassers**

Dipl.-Ing. Christoph Pöllmann M. Eng.

Stellvertretender Vorsitzender des Vorstands im Verband  
zertifizierter Sanierungs-Berater für Entwässerungssysteme VSB

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Kanalinspektion und Kanalsanierung

Silberbornstraße 14



D-60320 Frankfurt am Main

Tel.: +49 (0)69/96 86 499-4

Fax: +49 (0)69/96 86 499-5