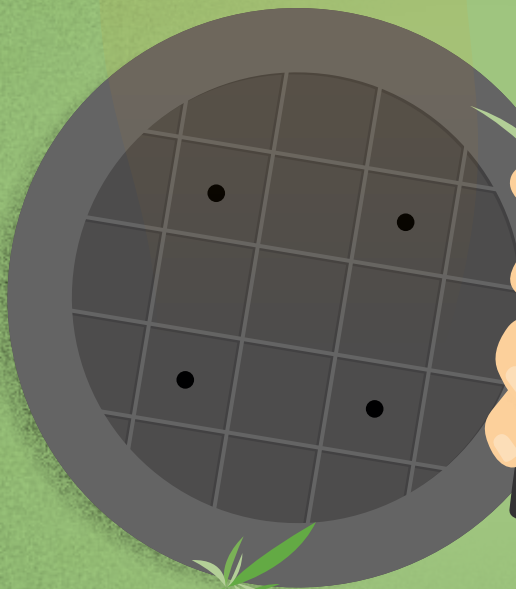


Schwefelwasserstoff

– das Problem bestimmen und lösen



be
think
innovate

GRUNDFOS 

Ein ganz normaler Tag im Büro der Kläranlage ...

Schwefelwasserstoff-Emissionen sind ein ernstes und bekanntes Problem, das während des täglichen Abwassertransports im Abwassernetz auftritt. Sie sind vor allem bekannt für die erheblichen Risiken im Zusammenhang mit der Arbeit in Abwasserkanälen und Pumpstationen – und natürlich für den charakteristischen Geruch nach faulen Eiern.

Grundfos hat diese Broschüre als Einführung in die Ursachen für Schwefelwasserstoff-Emissionen und deren Folgen erstellt. Sie soll eine Hilfestellung für Kanalarbeiter, Abwassermanager und andere Personen bieten, die täglich mit dem Abwassertransport zu tun haben. Die Broschüre bietet keine vollständigen Antworten auf alles, was mit Problemen rund um Schwefelwasserstoff zu tun hat, sondern dient als Überblick und Informationsquelle für Probleme mit Schwefelwasserstoff, die Ihnen bei Ihrer täglichen Arbeit begegnen können.

Diese Broschüre wurde von Grundfos erstellt und enthält Erkenntnisse einer Expertengruppe, die sich im Auftrag des dänischen Wasser- und Abwasserverbands (DANVA) mit Schwefelwasserstoffproblemen beschäftigt.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Mit freundlichen Grüßen
Grundfos

Haftungsausschluss

Grundfos hat alle zumutbaren Anstrengungen unternommen, um sicherzustellen, dass die Informationen in dieser Broschüre genau und korrekt sind.

Grundfos übernimmt jedoch keine Haftung für direkte oder indirekte Verluste, die sich aus der Anwendung des Inhalts dieser Broschüre ergeben.

Inhalt

Einleitung von Professor Jes Vollertsen	4
Häufige Probleme mit Schwefelwasserstoff	6
Prozessbedingungen in der Kanalisation	8
Probleme durch Geruchsbildung	16
Korrosion	19
Gasphasen-Logger	20
Strategien für den Umgang mit Schwefelwasserstoff	22
Prävention von Schwefelwasserstoffbildung durch Nitrat oder Eisen(III)	24
Entfernen von Schwefelwasserstoff durch chemische Fällung	26
Schwefelwasserstoffregulierung durch pH-Änderungen	28
Korrektes Dosieren von Chemikalien	29
Weitere Methoden	30
Überblick über die verschiedenen Methoden zum Vermeiden oder Entfernen von Schwefelwasserstoff	32
Benötigen Sie Hilfe?	34
Literatur	35

Einleitung

von Professor Jes Vollertsen

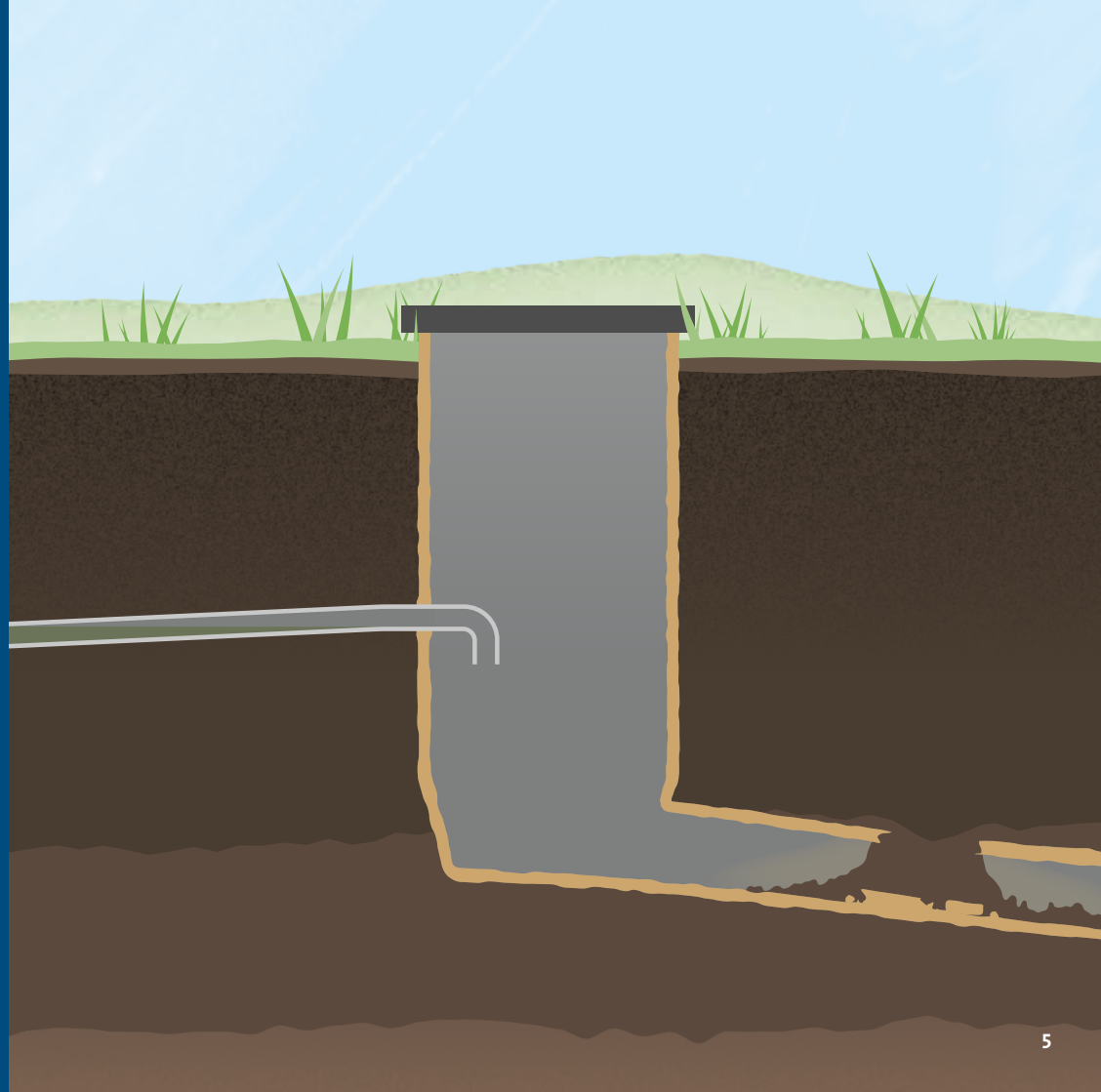
Fachbereich Bauingenieurwesen, Universität Aalborg, Dänemark

Der Bedarf nach mehr mehr Effizienz im Abwasserbereich nimmt ebenso weiter zu wie die Anforderungen an die Abwasserqualität. Diese und weitere Faktoren haben zu einer Zentralisierung der Abwasseraufbereitung und einem Abwassertransport über immer größere Entfernungen geführt. Wenn Abwasser über größere Entfernungen transportiert werden muss, können Abwassersammelkanäle nicht mehr nur aus Freispiegleitungen bestehen, sondern es müssen zunehmend Druckrohrleitungen eingesetzt werden.

Die Zentralisierung in der Abwasserbehandlung bietet offensichtliche Vorteile. Doch durch die Notwendigkeit, Druckrohrleitungen einzusetzen, birgt sie auch eine Reihe von Nachteilen. Ein solcher Nachteil ist die Entwicklung einer anaeroben Umgebung in den Druckrohrleitungen. Dies führt zur Bildung von Schwefelwasserstoff und anderen übelriechenden Gasen – und zwar in solchen Mengen, dass dies zu erheblichen Problemen am Ende der Steigleitung und zur Beeinträchtigung von Menschen in der näheren Umgebung führen kann. Zwar ist es möglich,

die Steigleitung während der Planungsphase so zu optimieren, dass Probleme auf ein Minimum reduziert werden. Doch Schwefelwasserstoff und andere problematische Gasen werden bei der Planung häufig nicht berücksichtigt, sodass auftretende Probleme anschließend im laufenden Betrieb behoben werden müssen. Dies ist oft ziemlich kompliziert und es ist nicht immer einfach, gute Beratung und Unterstützung für die Lösung des Problems zu finden. In dieser Broschüre werden einige der Grundlagen zum Thema Schwefelwasserstoff erläutert. Dazu gehören auch die Geruchsbildung und Möglichkeiten, wie Sie dagegen vorgehen können. Wir hoffen, damit einen Beitrag zu praktischen Lösungen für die vielen Probleme zu leisten, die beim Abwassertransport in Verbindung mit Schwefelwasserstoff und anderen übelriechenden Gasen auftreten können.

J. Vollertsen



Häufige Probleme mit Schwefelwasserstoff

Schwefelwasserstoff bereitet bekanntermaßen vor allem drei Probleme bei der täglichen Arbeit von Versorgungsunternehmen:

1. Beeinträchtigung von Gesundheit und Sicherheit aufgrund von Geruchsbildung und den Gefahren, die von Schwefelwasserstoff ausgehen.
2. Geruchsbelästigung von Anwohnern in der Nähe von Kanalschächten oder anderen Abwassereinrichtungen.
3. Schädigung von Anlagen, Komponenten, Leitungen und baulichen Einrichtungen.

Gesundheit und Sicherheit

Schwefelwasserstoff ist ein hochgiftiges Gas mit einem charakteristischen Geruch, der an faule Eier erinnert. Schon in geringen Konzentrationen stellt das Gas eine schwerwiegende Gefährdung der Gesundheit dar. In höheren Konzentrationen kann es zum Tod führen. Das Tückische an Schwefelwasserstoff ist, dass er in hohen Konzentrationen den Geruchssinn betäubt.



„Der eigenen Nase zu vertrauen“ ist darum als Warnsystem nicht ausreichend.

In der Norm EN 752 „Drain and sewer systems outside buildings“ heißt es dazu: „Appropriate atmospheric monitoring equipment must be used continuously whilst any worker is in the system.“ Dies ist für die beteiligten Personen von entscheidender Bedeutung.



Geruch

Selbst geringe Konzentrationen von Schwefelwasserstoff verbreiten bereits einen sehr üblen Geruch. So können schon kleine Probleme zu aufwendigen und teuren Maßnahmen führen, da viele Wasserversorger die Geruchsbelästigung von Bürgern nicht einfach hinnehmen können.



Das Geruchsproblem wird von Normen wie der EN 752 geregelt, die besagt: "Sewer systems shall be designed, constructed, maintained and operated to avoid odour nuisance, or toxic, explosive or corrosive gasses".

Korrosion und Schädigung der Anlagen

Schwefelwasserstoff wird oft als ein lokales Problem in Kanalschächten oder Pumpstationen wahrgenommen. Allerdings kann die Bildung von Schwefelwasserstoff auch mit Konsequenzen für das nachgeschaltete Abwassersystem verbunden sein. Auf verschiedenen Oberflächen wird Schwefelwasserstoff zu Schwefelsäure umgewandelt, die die Oberflächen angreift.



Anders ausgedrückt: Die Bildung von Schwefelwasserstoff kann zu größeren Strukturschäden führen und damit finanzielle Folgen nach sich ziehen.

Die Bildung von Schwefelwasserstoff und die Umwandlung in Schwefelsäure wird an anderer Stelle in dieser Broschüre ausführlich erörtert.

Auswirkungen der Gaskonzentration	Gaskonzentration in Luft (ppm)
Wahrnehmungsschwelle (Geruch)	0,0001–0,002
Starker, unangenehmer Geruch	0,5–30
Grenzwert der dänischen Behörde für Arbeitsschutz	5
Schäden an Augen und Schleimhäuten	50–300
Lebensgefahr	300–500
Sofortiger Tod	> 700

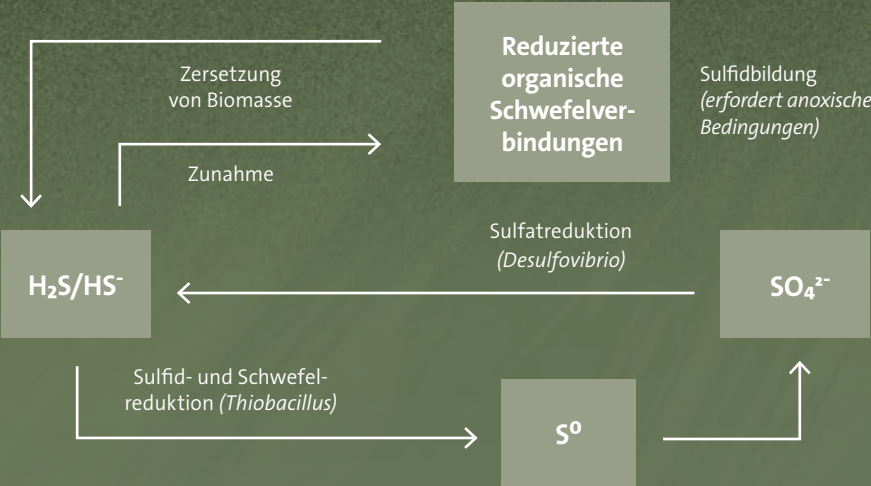
Prozessbedingungen in der Kanalisation

Abwasser wird oft über große Entfernungen in druckbeaufschlagten Systemen transportiert. In solchen Systemen können sich Bakterien vermehren, die sich vom Abwasser ernähren. Sie wachsen in Biofilmen an den Innenwänden von Rohren, Schächten und anderen Oberflächen, die mit Abwasser in Berührung kommen. Der Biofilm verhindert dabei, dass sie weggespült werden. Im Biofilm herrschen die Bakterien vor, die am schnellsten wachsen. Das Wachstum wird wiederum von der Nahrung der Bakterien bestimmt.

Abwasser enthält eine Vielzahl von chemischen Verbindungen, von denen Bakterien leben können. Die Bakterien zersetzen organisches Material im Abwasser zu Zellmaterial und CO_2 . Während Menschen Sauerstoff brauchen, um Energie aus der Nahrung zu verwerten, können Bakterien dazu verschiedene chemische Stoffe verwenden, darunter Sauerstoff (O_2), Nitrat (NO_3^-) und Sulfat (SO_4^{2-}). Liegen Sauerstoff oder Nitrat vor, werden keine wesentlichen Mengen an Schwefelwasserstoff gebildet. Dies ist im ersten Teil der Druckrohrleitung (siehe Seite 10–11) der

Fall: Diese enthält Sauerstoff und Nitrat, die dem Abwasser hinzugefügt bzw. dort gebildet wurden. Sobald Sauerstoff und Nitrat verbraucht sind, beginnt sich Schwefelwasserstoff im Biofilm zu bilden.

Der Schwefelwasserstoff entsteht durch biologische Prozesse, die durch folgende Faktoren bestimmt werden: Menge und Art der organischen Stoffe, Temperatur und pH-Wert. Der wichtigste Faktor bei der Entstehung von Schwefelwasserstoff ist jedoch, wie lange die Bakterien in Kontakt mit stehendem Abwasser sind. Dies wird durch die Verweilzeit bestimmt.

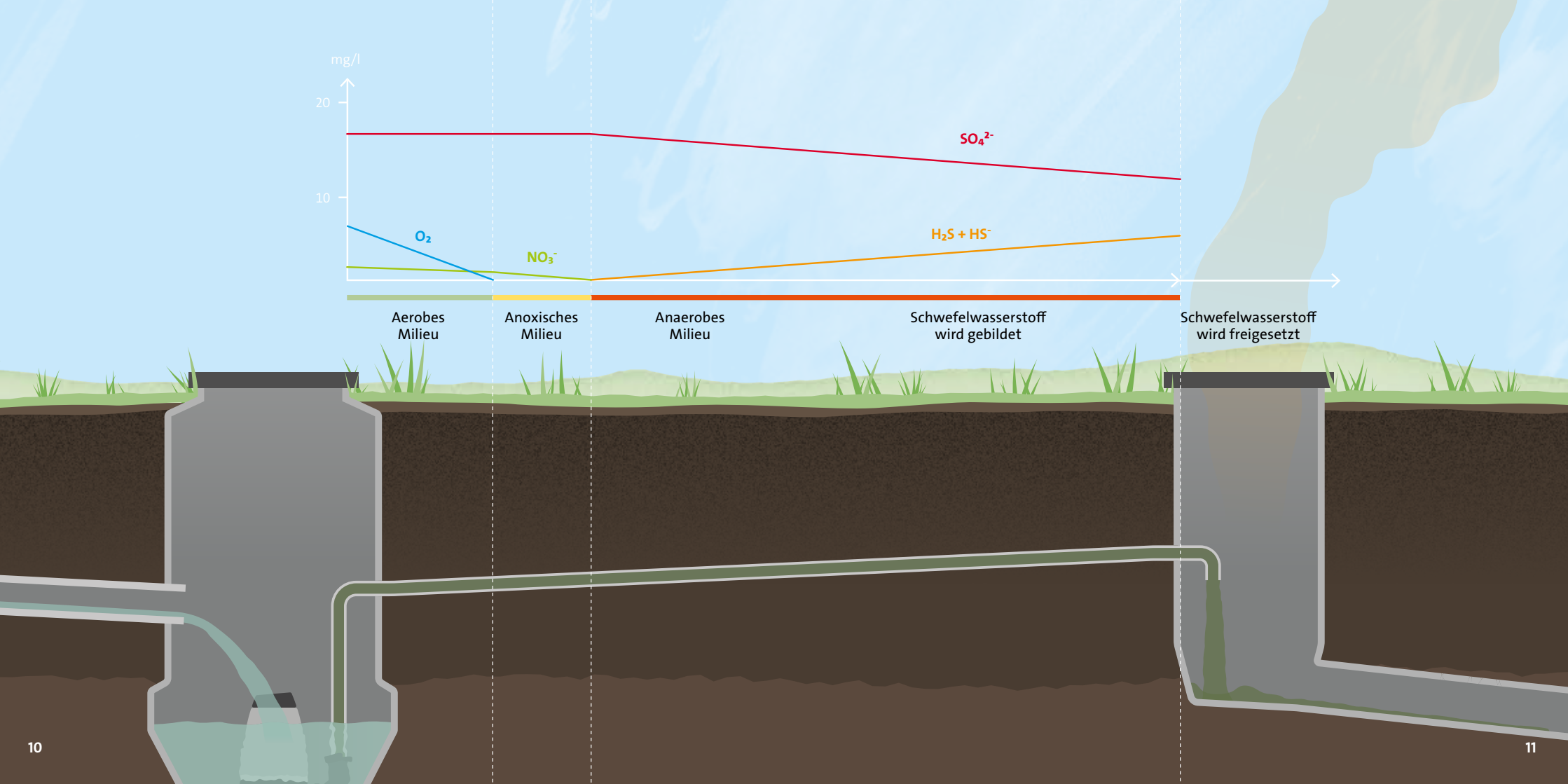


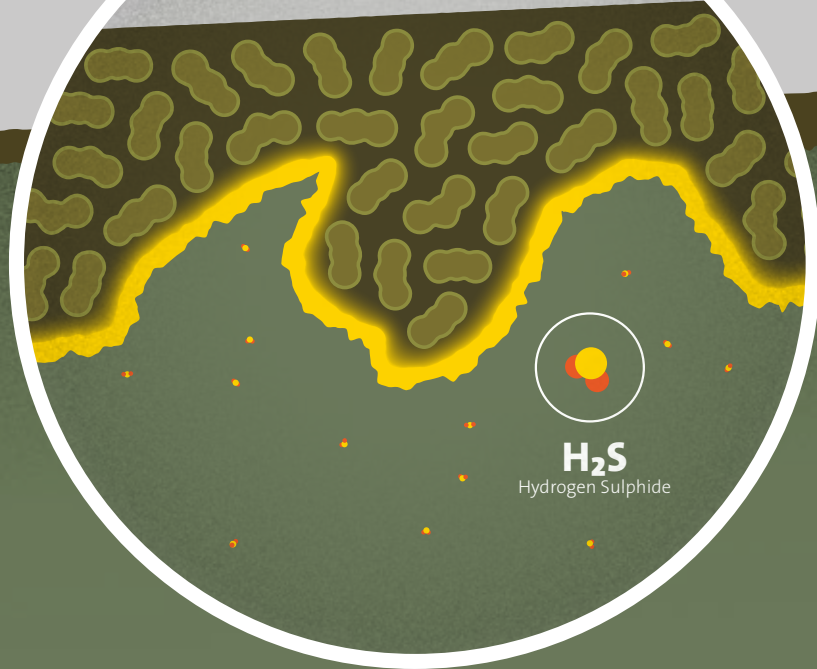
In diesem Zusammenhang muss berücksichtigt werden, dass Sickerwasser, Oberflächenwasser oder Regenwasser in öffentlichen Abwassersystemen die Verweilzeit verkürzen.

Die Temperatur beeinflusst die Bildung von Schwefelwasserstoff. Pro Grad Celsius erhöht sich die Schwefelwasserstoffbildung um ca. 3–5 %. Allerdings wird die Steigerung stärker von der Verweilzeit als von der Temperatur beeinflusst.

Parameter	Auswirkung
Fläche-Volumen-verhältnis	Ein großes F-V-Verhältnis führt zu einer erhöhten Sulfidbildung. Große Rohrdurchmesser führen zu einem niedrigen F-V-Verhältnis*.
Anaerobe Verweilzeit	Erhöht die Sulfidkonzentration. Große Rohrdurchmesser im Druckrohrleitungen führen zu einer anaeroben Verweilzeit*.
Durchfluss	Ein hoher Durchfluss (> 1 m/s) reduziert die Biofilmstärke und die Sulfidbildung.
Sulfatgehalt des Abwassers	Kein einschränkender Faktor bei über 5–15 gS m ⁻³
Qualität des organischen Substrats	Einfach abbaubare Substrate wie flüchtige Fettsäuren und Alkohole erhöhen die Steigerungsrate.
Temperatur	Der Temperaturkoeffizient ist niedrig (Steigerungsrate von ca. 3–5 % pro Grad Celsius)
pH-Wert	Optimal zwischen pH 5,5 und 9 (kein Problem bei normalem Abwasser)

*Insgesamt ist die Sulfidbildung jedoch in großen Rohren am geringsten.



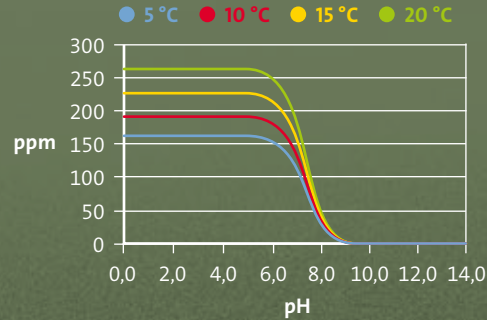
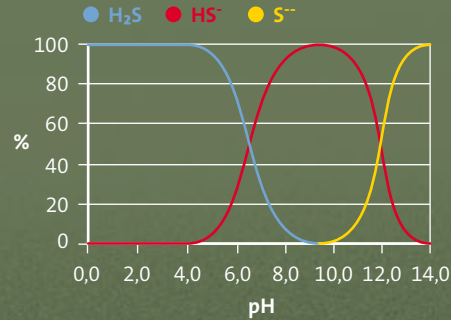


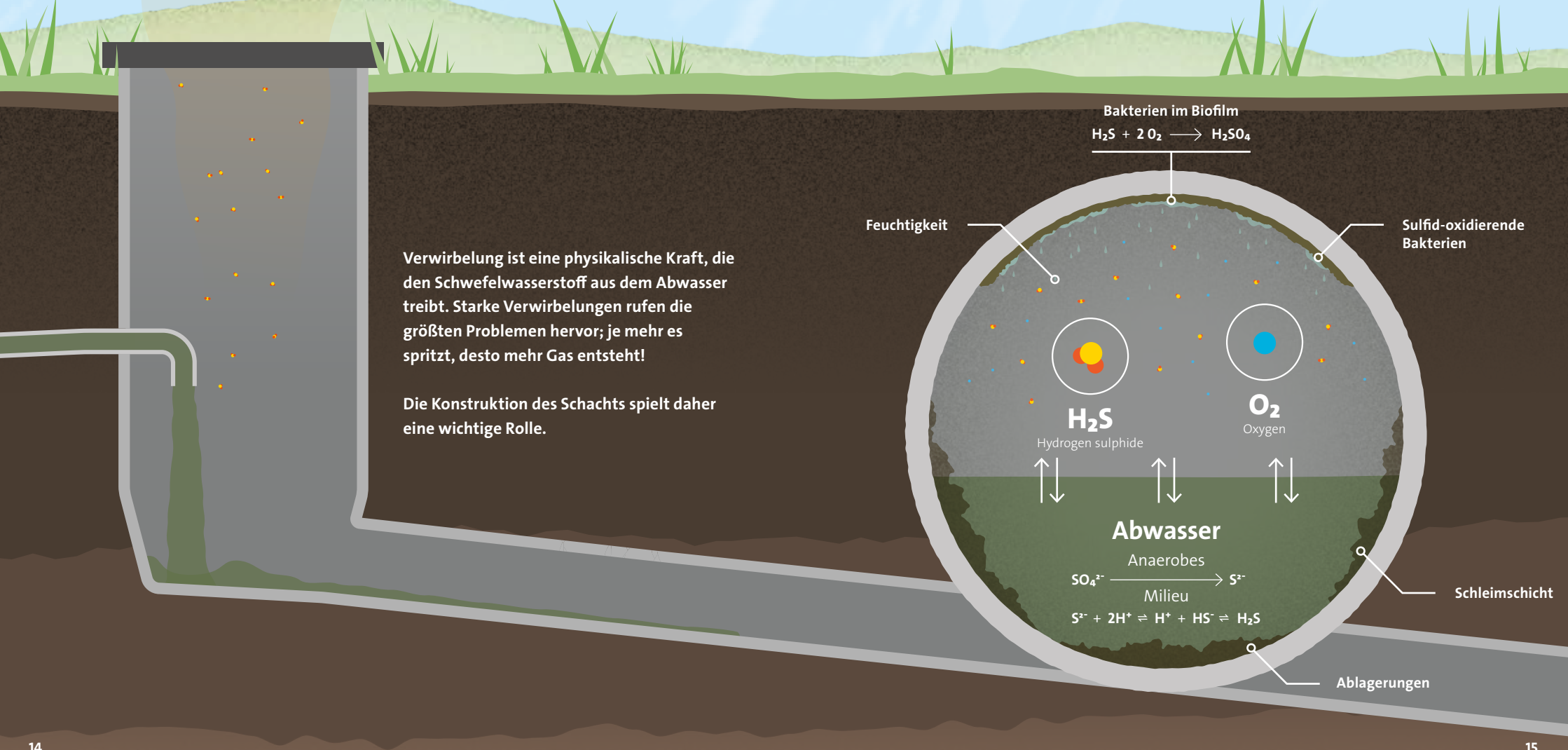
Sobald sich im Biofilm Schwefelwasserstoff gebildet hat, tritt ein Teil davon sofort als gelöstes Gas in die Wasserphase des Abwassers ein. Ein wesentlicher Teil des entstandenen Gases kann im Abwasser gelöst bleiben, solange es sich im unter Druck stehenden Teil des Systems befindet. Wenn das Abwasser einen Kanalschacht oder einen anderen offenen Schacht mit Atmosphärendruck erreicht, wird das Schwefelwasserstoffgas in die Luft freigesetzt. Dies ist dann die Quelle der oben dargestellten Probleme.

pH-Werten unter ca. 6 liegt fast der gesamte Schwefelwasserstoff gasförmig vor und gast in den Schächten aus. Daher kann schon die Bildung in geringen Mengen zu erheblichen Problemen führen. Bei einem pH-Wert über 8,5 ist der gesamte Schwefelwasserstoff in der Wasserphase gelöst, sodass keine Ausgasung auftritt. Da Abwasser bei langen Verweilzeiten sauer wird, kann dieses Problem noch erheblich verschärft werden.

Wie viel des entstandenen Gases freigesetzt wird, ist abhängig vom pH-Wert und der Temperatur des Abwassers sowie davon, wie stark die Verwirbelung beim Übergang vom druckbeaufschlagten System in das Freisiegelsystem ist. Die Diagramme auf der gegenüberliegenden Seite zeigen die Korrelation zwischen der Verteilung in der Wasser- und der Gasphase sowie zwischen dem pH-Wert und der Temperatur. Der pH-Wert ist ein wesentlicher Faktor für die Größenordnung von Problemen mit Schwefelwasserstoff. Bei

Schwankungen der Abwassertemperatur treten in den gemäßigten Breiten oft nur in geringem Maße auf. In Industrieabwässern kann es jedoch zu stärkeren Schwankungen kommen, die zunehmend zu Problemen mit Schwefelwasserstoff beitragen können. Bei höheren Temperaturen im Abwasser erhöht sich die Produktion je Zeiteinheit der Bakterien und es entsteht mehr Schwefelwasserstoff. Ebenso gast ein größerer Teil des entstandenen Schwefelwasserstoffs aus.





Probleme durch Geruchsbildung



Probleme durch Geruchsbildung treten in der Regel an einem einzigen Standort auf, wie z. B. an einer Pumpstation, die Wasser von mehreren Rohrleitungen erhält, oder in einem Kanalschacht. In schweren Fällen können entlang der gesamten Abwasserleitung Probleme durch Geruchsbildung auftreten. Es kann dadurch zu Beschwerden durch Passanten oder Anwohner kommen.

Als Reaktion auf die Bürgeranfragen führen Versorgungsunternehmen dann häufig eine Ortsbesichtigung durch, doch oftmals finden sie keine offenbare Geruchsbelästigung.

Die Ausprägung des Problems variiert häufig sehr stark. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen. Durch Schwefelwasserstoff hervorgerufene Probleme stehen oft mit langen Verweilzeiten in Verbindung. Trockenere Wetter führt häufig zu den längsten Verweilzeiten. Bei älteren Trennsystemen verkürzt Sickerwasser nach Niederschlägen sowie Oberflächen- und

Regenwasser die Verweilzeit. Dies entschärft die Probleme oftmals.

Schwankungen der Abwassermengen über einen Zeitraum von 24 Stunden sind ebenfalls ein wichtiger Faktor. Das Profil von Abwassersystemen wird durch menschliche Verbrauchsmuster bestimmt – mit Spitzen am Morgen, am Nachmittag und so weiter. Der Zufluss von Industrieabwässern kann dieses Muster bis zu einem gewissen Grad ausgleichen. Oft haben diese schwankenden Lasten aber einen großen Einfluss auf das Auftreten von Geruchsbildung, da die unterschiedlichen Verweilzeiten zu schwankenden Gasmengen in den Kanalschächten führen.

In druckbeaufschlagten Systemen tritt Geruchsbildung hauptsächlich beim Einpumpen in die Kanalschächte auf.

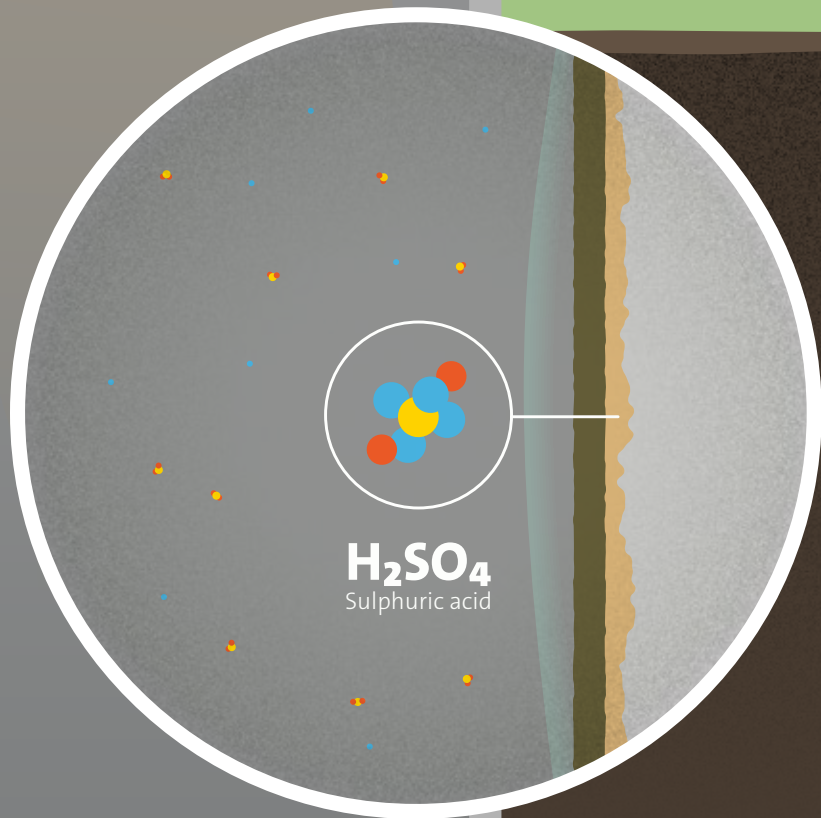
Solche Arbeiten sind jedoch schnell erledigt und dauern nur wenige Sekunden oder Minuten.

Während der ersten Pumpphase ist ein unmittelbares Ausgasen zu beobachten, was einen starken Geruch hervorruft. Wenn das geförderte Abwasser anschließend in das Freispiegelsystem geleitet wird, entsteht dabei ein Luftzug, der das Gas mitzieht. Der Geruch aus dem Kanalschacht verschwindet und das Ausgasen von Schwefelwasserstoff wird reduziert.

Bei einigen Rohrleitungen ist nicht die Verweilzeit ausschlaggebend für Geruchsprobleme. Viel mehr spielt das Vorhandensein von Industrieabwässern eine wichtige Rolle. Bestimmte Arten

von Industrieabwässern (aus der Lebensmittelproduktion, der Verarbeitung von organischem Material usw.) sind sehr förderlich für die Entstehung von Schwefelwasserstoff – aufgrund organischer Stoffe, hoher Temperaturen oder erhöhter Ausgasung an der Quelle durch niedrige pH-Werte.

Kurz gesagt: Probleme durch Geruchsbildung variieren im Laufe der Zeit und richten sich nach dem Wetter und anderen Faktoren, wie dem Zulauf von industriellen Abwässern. Die Suche nach der Ursache von Problemen, die durch Schwefelwasserstoff hervorgerufen werden, erfordert daher eine nähere Untersuchung der Systeme, Verweilzeiten und der zulaufenden Abwasserarten.



Korrosion



Sobald der Schwefelwasserstoff in die Luft freigesetzt wurde, kann er nur durch chemische oder biologische Oxidation entfernt werden. Das heißt, er wird in Schwefel (eine gelblich weiße Substanz) oder Sulfat (gelöst in Wasser) umgewandelt.

Auf metallischen oder elektrisch geladenen Oberflächen wird Schwefel häufig zu gelblich weißen oder schwarzen Schwefelverbindungen umgewandelt.

Diese Ablagerungen können Kurzschlüsse in elektrischen Komponenten hervorrufen. Schwarze oder rote Belüftungsgitter, korrodierte Vorhängeschlösser und rostige Gullydeckel treten häufig in Verbindung mit Schwefelwasserstoffproblemen auf. Diese können wiederum zu Betriebsstörungen und weiteren Problemen führen.

Häufig kann ein dicker Biofilm in Kanalisationsschächten und an den Innenwänden von Rohleitungen beobachtet werden. Dieser Film enthält spezielle Bakterien, die Schwefelwasserstoff in Sulfat umwandeln. Dies stellt ein großes Problem dar, denn Sulfat wird bei Kontakt mit Wasser zu Schwefelsäure. Die entstandene Schwefelsäure lagert sich dann auf der Oberfläche der Leitungen ab.

Ist die Oberfläche aus Beton, korrodiert sie zu einem bröseligen Gips. Schäden machen sich oft durch eine weiche Gipsschicht oder freigelegte Steine im Beton bemerkbar. Häufig bildet sich eine Schulter am Übergang zwischen Abwasser- und Luftphase. Dies ist ein Anzeichen für Korrosion durch Schwefelwasserstoff. Der hier beschriebene Prozess kann die Lebensdauer von Betonrohren deutlich verkürzen. In einigen Fällen können Schächte und und Rohre kürzester Zeit zerbröckeln. In dokumentierten Fällen aus Dänemark sind Betonrohre in nur 18 Monaten so stark korrodiert, dass sie ausgetauscht werden mussten.

Es ist wichtig zu beachten, dass der biologische Prozess, der Schwefelsäure entstehen lässt, der Kanalatmosphäre Schwefelwasserstoff entzieht. In vielen Abwassersystemen ist Korrosion damit nicht nur ein Prozess, der die Infrastruktur angreift. Er verhindert auch Probleme durch Geruchsbildung. Folglich können Versorgungsunternehmen an Orten, die per Schlauchliniar saniert wurden, neuen Problemen begegnen, da nun weniger Schwefelwasserstoff durch Korrosion entfernt wird.

Gasphasen-Logger

Um das Ausmaß von Problemen mit Schwefelwasserstoff zu erkennen, ist es erforderlich, mithilfe eines geeigneten Datenloggers Messungen der Gaskonzentrationen vorzunehmen.

Grundfos empfiehlt, im Fall von Beschwerden Gas-Datenlogger zu installieren, um alle etwaigen Probleme aufzudecken und zu dokumentieren.

Der Einsatz von Datenloggern über einen bestimmten Zeitraum liefert wertvolle Informationen zum Umfang des Problems und sogar zu seiner Ursache.

Es gibt verschiedene mögliche Fehlerquellen bei der Messung und Protokollierung von Schwefelwasserstoff in der Gasphase. Sie können jedoch durch eine sorgfältige Installation des Datenloggers vermieden werden.

Installationscheckliste für Gasphasen-Logger

- Hängen Sie den Logger an einer Kette auf, sodass er zu Wartungszwecken einfach zurückgeholt werden kann.
- Hängen Sie den Datenlogger im Schacht so nah wie möglich an der Abwasseroberfläche auf. Achten Sie darauf, dass der Datenlogger bei hohen Abwasserständen nicht überflutet werden kann. Dies stellt korrekte Messungen sicher und verringert eine Beeinflussung der Ergebnisse durch Oberflächenabsorption und Ausgasung im Pumpenschacht.
- Überprüfen Sie, ob das Signal vom Logger empfangen wird. Installieren Sie bei Bedarf eine Antennenverlängerung. Gehen Sie bei der Installation der Antenne mit großer Vorsicht vor.
- Stellen Sie das Protokollierungsintervall so kurz wie möglich ein (alle 15 Sekunden), damit alle Pumpenoperationen im Schacht, die normalerweise sehr kurz sind, erfasst werden können.



Strategien für den Umgang mit Schwefelwasserstoff

Prävention

- P** Prävention durch Zusatz von Nitrat/ Eisen(III) (oxidiert)
- P** Prävention von Schwefelwasserstoff durch Rohrentleerung mithilfe eines Verdichters
- P** Entfernen von Biofilm an der Rohrrinnenwand mit einem Reinigungsmolch

Entfernen

- E** Fällung der entstandenen Schwefelwasserstoffs durch Eisen (oder ein anderes Metall)
- E** Erhöhen des pH-Werts auf mehr als 8,5, sodass kein Schwefelwasserstoff in die Gasphase freigesetzt wird
- E** Oxidation des entstandenen Schwefelwasserstoff durch starke Oxidantien, wie z. B. Wasserstoffperoxid, Hypochlorit, Ozon oder reinen Sauerstoff
- E** Filterlösungen in Schächten und Entlüftungen, die zwar Gerüche entfernen, aber keine Korrosion verhindern
- E** Opferrohr

Welche Lösung gewählt wird, ist abhängig vom Aufbau des Abwassersystems, den Umsetzungsmöglichkeiten und den Gewohnheiten des Versorgungsunternehmens. Ebenso spielt es eine Rolle, ob primär Geruch oder Korrosion beseitigt werden soll.

Auf den nächsten Seiten finden Sie eine kurze Übersicht darüber, wie die verschiedenen Lösungen funktionieren, sowie eine kurze Beschreibung der jeweiligen Vor- und Nachteile.

Bei jeder Art von chemischen Zusätzen ist es wichtig, die Auswirkungen der Dosierung zu beachten!

Berücksichtigen Sie Folgendes:

- pH-Wert
- Änderung der Abwasserzusammensetzung
- Auswirkungen auf die Kläranlagen
- Wird das Problem an eine andere Stelle verlagert?



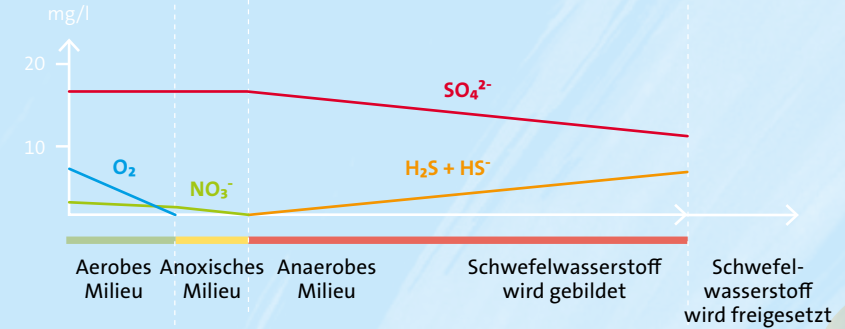
P Prävention von Schwefelwasserstoffbildung durch Nitrat oder Eisen(III)

Es ist möglich, durch Zugabe von Nitrat oder oxidiertem Eisen die Bildung von Schwefelwasserstoff zu verhindern.

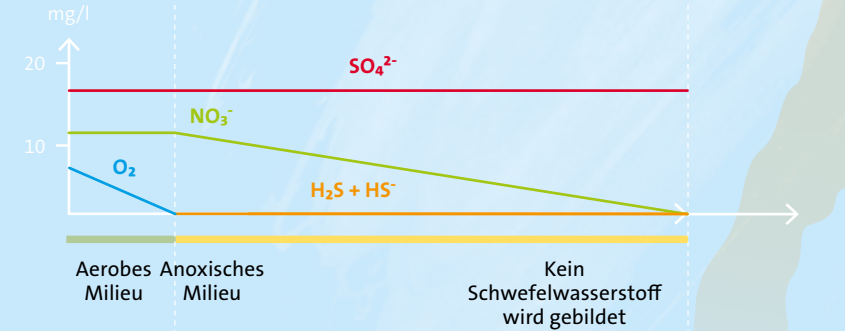
Die Abbildung auf der gegenüberliegenden Seite zeigt verschiedene Bedingungen in der Abwasserleitung. Bei Zugabe von Nitrat oder Eisen(III) ernähren sich Bakterien im gesamten Rohr von Nitrat oder Eisen(III) sowie von organischen Stoffen. Es werden keine wesentlichen Mengen an Schwefelwasserstoff gebildet.

Nitrat hat einen weiteren großen Vorteil: Es verhindert auch die Bildung von Geruchsstoffen, wie Schwefelverbindungen, Fettsäuren usw. Ein Nachteil hingegen ist, dass die gleichen Prozesse, die die Bildung von Schwefelwasserstoff verhindern, auch einen Teil der organischen Stoffe entfernt, die für die biologische Stickstoff-Entfernung in der Kläranlage am Ende des Systems benötigt werden.

Beispiel ohne Zugabe



Beispiel mit Zugabe von Nitrat



E Entfernen von Schwefelwasserstoff durch chemische Fällung

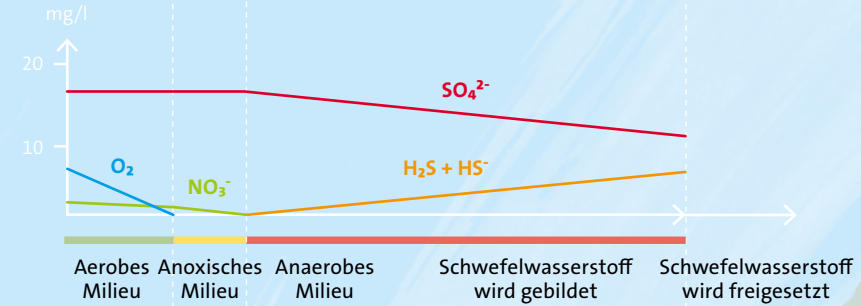
Wenn sich Schwefelwasserstoff gebildet hat, gibt es verschiedene Möglichkeiten, um ihn zu entfernen. Soll Schwefelwasserstoff in der Wasserphase neutralisiert werden, ist die chemische Fällung eine Möglichkeit. Dies wird mithilfe von Eisen(II) erreicht und ist häufig die wirtschaftlichste Alternative.

Schwefelwasserstoff in wässriger Lösung (HS^-) bindet sich an Eisen(II) und wird als stark lösliche Verbindung ausgefällt. Das Ergebnis ist weniger oder gar kein gasförmiger Schwefelwasserstoff, wenn das geförderte Abwasser den Kanalschacht erreicht. Das liegt daran, dass der gasförmige Schwefelwasserstoff sich in Wasser löst, um ein Gleichgewicht zwischen den beiden Zuständen herzustellen.

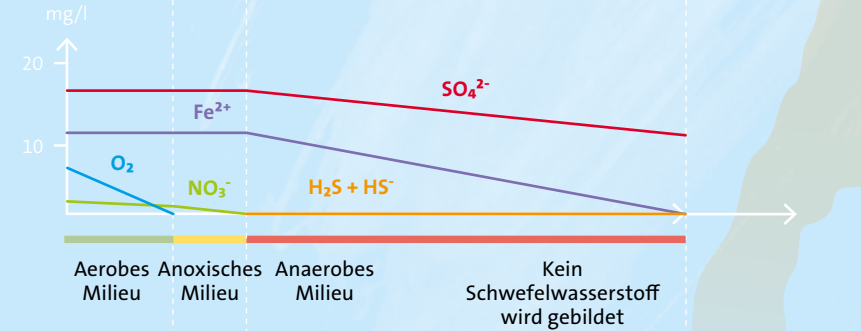
Bei niedrigen pH-Werten (unter 7), bei denen der Großteil an Schwefelwasserstoff gasförmig vorliegt, wird die Wirkung durch Zugabe von Eisen(II) vermindert. Die Gründe dafür sind komplex und noch nicht vollständig erforscht.

Deshalb ist es sehr wichtig, die Dosiermenge und/oder den pH-Wert effektiv zu kontrollieren, wenn Eisen zum Entfernen von Schwefelwasserstoff hinzugegeben wird. Das Eisen wird als saure Lösung geliefert und trägt damit zusätzlich zur Senkung des Abwasser-pH-Werts bei.

Beispiel ohne Zugabe



Beispiel mit Zugabe von Eisen(II)



E Schwefelwasserstoffregulierung durch pH-Änderungen

Das Ausmaß der Probleme, die an einem Standort durch Schwefelwasserstoff verursacht werden, ist abhängig von verschiedenen Faktoren.

Wie bereits an anderer Stelle beschrieben, wird die Menge an Schwefelwasserstoff in der Gasphase durch Verwirbelungen, Temperatur und pH-Wert bestimmt. Es ist möglich, durch Steuern von Verwirbelungen und insbesondere durch Einstellen des pH-Werts das Ausgasen so zu kontrollieren, dass es nur an ausgewählten Stellen auftritt.

Durch Zugabe von Basen wird der pH-Wert erhöht, wodurch der Schwefelwasserstoff in der Wasserphase gelöst bleibt. Für das Versorgungsunternehmen kann es hilfreich sein, das Problem an eine andere Stelle zu verlagern, an der Geruchsbildung akzeptabel oder eine Lösung möglich ist.

Steigt der pH-Wert auf über 8,5 ist der gesamte Schwefelwasserstoff in der Wasserphase gelöst. Ein Teil des in Wasser gelösten Schwefelwasserstoffs kann an nachgelagerter

Stelle durch Zusatz von Sauerstoff im Bereich des Freispiegelsystems oxidiert werden. Jedoch muss das Versorgungsunternehmen beachten, dass der pH-Wert vor dem Zulauf zur Kläranlage wieder gesenkt werden muss, um eine ordnungsgemäße Aufbereitung zu gewährleisten. Es liegt also ein deutliches Potenzial für größere Probleme mit Schwefelwasserstoff vor.

Zusätzlich zur biologischen Behandlung des gebildeten Schwefelwasserstoffs, Überdach-Lösungen und Opferrohren kann die Zugabe kleinerer Mengen Säure dabei helfen, eine ausreichende Ausgasung zu gewährleisten und so die gewählten Lösungen unterstützen.

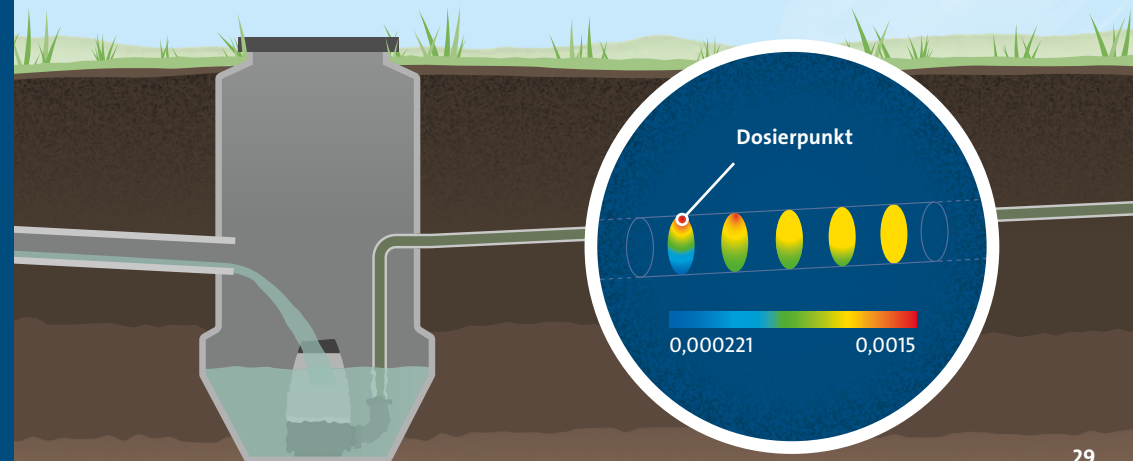
Es sollte noch hinzugefügt werden, dass die Zugabe einer größeren Menge an Lauge auf einmal (Schockdosierung) ebenfalls die Bildung von Schwefelwasserstoff verhindern kann. Eine plötzliches Ansteigen des pH-Werts töten den Biofilm auf den Rohrwänden ab und verhindert so die Bildung von Schwefelwasserstoff. Auf diese Methode wird in dieser Broschüre nicht näher eingegangen.

Korrektes Dosieren von Chemikalien

Eine korrekte Dosierung ist wesentlich, um eine optimale Wirkung der Chemikalien zu erzielen – unabhängig davon, ob diese für die Prävention oder zum Entfernen von Schwefelwasserstoff verwendet werden. Grundfos empfiehlt eine Dosierung direkt in der Druckrohrleitung hinter der Pumpe, während diese in Betrieb ist. Dabei gelten strenge Anforderungen an die Dosierpumpe und es kann erforderlich sein, die Rohre selbst vor der Wirkung der zugesetzten Chemikalien zu schützen.

Die beschriebene Methode stellt sicher, dass die Chemikalie vollständig mit dem Abwasser vermischt wird, und sorgt so für eine optimale Wirkung.

Mithilfe einer CFD-Simulation hat Grundfos berechnet, dass eine vollständige Vermischung der zugesetzten Chemikalien in einem Abstand von etwa dem doppeltem Rohrdurchmesser nach dem Dosierpunkt und bei laufender Pumpe sichergestellt ist.



Weitere Methoden

Es gibt zahlreiche weitere Lösungen für den Umgang mit dem gebildeten Schwefelwasserstoff.

E Oxidation mittels starker Oxidantien.

Eine Reihe von starken Oxidantien – darunter Wasserstoffperoxid, Hypochlorit, Ozon oder reiner Sauerstoff – ermöglichen die Umwandlung von Schwefelwasserstoff zu Schwefel oder Schwefelsäure in der Wasserphase.

Die Herstellung von Ozon oder reinem Sauerstoff vor Ort ist mühsam und kostspielig, denn sie ist mit umfangreichen Installationen und erheblichen Energiekosten verbunden. Im Gegensatz dazu sind Wasserstoffperoxid und Hypochlorit verhältnismäßig günstig. Diese Methoden sind besonders geeignet, wenn größere Probleme schnell behoben werden müssen, die in der Regel im Zusammenhang mit industriellen Abwässern stehen. Die Lösung entfernt Gerüche sowie Korrosion.

P Verdichterlösungen mit atmosphärischer Luft

Bei Leitungen mit sehr langen Verweilzeiten besteht auch die Möglichkeit, einen Verdichter einzusetzen, um zusammen mit dem Abwasser atmosphärische Luft in die Druckrohrleitung zu pumpen. Dieser Vorgang kann von einem Timer gesteuert werden. So wird dem Biofilm sauerstoffhaltige Luft zugeführt und gleichzeitig wird aufgrund der größeren Luftmenge die Verweilzeit verkürzt. Beide Faktoren können die Entstehung von Schwefelwasserstoff verringern. Ein Nachteil ist dabei die Bildung von Luftansammlungen im System, die den Pumpenbetrieb und die allgemeine Hydraulik stören.

E Biologischer Abbau mithilfe von Luftfiltern

Bei der Luftreinigung mit biologischen Filtern zieht der schwefelwasserstoffhaltige Luftstrom durch ein biologisches Filter, in dem Bakterien auf einem feuchten Medium wachsen (Rindenmulch, Leca®-Pellets oder Ähnliches). Dies wandelt übelriechende Stoffe in geruchlose um. Diese Filter bringen relativ hohe Installationskosten mit sich, sind jedoch sehr wirtschaftlich und robust im Betrieb. Ein wichtiger Nachteil besteht darin, dass ein großer Teil des gebildeten Schwefelwasserstoffs gasförmig vorliegen muss, um durch den biologischen Bestandteil einer solchen Lösung abgebaut zu werden.

E Opferrohr

Opferrohre sind Betonrohre, deren Korrosion vorgesehen ist. Bei dieser Lösung erfolgt die Umwandlung von Schwefelwasserstoff zu Schwefelsäure in einer dafür vorgesehenen Rohrleitung. Der übelriechende Schwefelwasserstoff wird aus der Luft entfernt und die Korrosion tritt in einer kontrollierten Umgebung auf. Ist

ausreichend Sauerstoff in der Luft im Rohr vorhanden, entsteht dabei auch Schwefel. Der Schwefelwasserstoff muss gasförmig vorliegen, damit er im Biofilm an den Wänden des Opferrohrs in Schwefelsäure umgewandelt werden kann. Das Rohr muss sich an einer Stelle befinden, an der regelmäßige Geruchsbildung akzeptabel ist.

E Kapselung von gebildetem Gas

Als Kapselung werden Lösungen bezeichnet, bei denen der Kanalschacht durch Gummiflansche versiegelt wird oder ein Kohlefilter installiert wird, das den Schwefelwasserstoff aus dem Abluftstrom entfernt. Dies kann eine einfache und schnelle Lösungen bei Problemen darstellen. Geruchsprobleme werden zunächst sehr wirkungsvoll behoben. Allerdings müssen sich Versorgungsunternehmen dabei auf häufige Wartungs- und Austauscharbeiten einstellen. Diese Lösung schützt nicht vor Korrosion.

Einen Überblick über die Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden finden Sie auf der folgenden Seite.

Überblick über die verschiedenen Methoden zum Vermeiden oder Entfernen von Schwefelwasserstoff

Die nachstehende Tabelle zeigt einige Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden für die Prävention und Entfernung von Schwefelwasserstoff. Die Tabelle enthält nicht zu allen Fällen ausführliche Informationen, denn die Ansätze der Versorgungsunternehmen unterscheiden sich stark aufgrund ihrer täglichen Aufgaben, der Chemikalienpreise usw. Die Tabelle sollte als Ausgangspunkt für eine Peer-to-peer-Diskussion bei der Auswahl einer Lösung erachtet werden.

	Prävention durch Einstellen des pH-Werts	Prävention durch Einsatz eines Reinigungsmolchs	Prävention durch Zugabe von Luft	Prävention durch Nitrat	Entfernung durch chemische Fällung	Entfernung durch biologische Luftreinigung
Vorteile	Wirksam	- Wirksam - Entfernt auch sonstige Rohrablagerungen	- Einfach umzusetzen - Keine Chemikalien in Pumpstationen	- Einfach umzusetzen - Verhindert Bildung von H₂S - Wirksam auch gegen andere Geruchsstoffe als H₂S	- Einfach umzusetzen - Der Zusatz von Eisen kann die Phosphorfällung in der Kläranlage verbessern	Wirksam auch gegen andere Geruchsstoffe als H₂S
Nachteile	- Kann zur Verlagerung des Problems im System führen, wenn später der pH-Wert sinkt - Wenn der Biofilm nachwächst, muss die Dosierung wiederholt werden - Kann Probleme für die Prozesse der Kläranlage bedeuten - Gesundheit und Sicherheit	- Birgt ein Verstopfungsrisiko - Muss oft wiederholt werden, ggf. wöchentlich	- Hydraulikproblemen durch Luftansammlungen - Leicht abbaubare organische Stoffe werden abgebaut - Kann das Wachstum anderer Bakterien fördern und die Dicke des Biofilms/die Rohrrauigkeit verstärken	- Leicht abbaubare organische Stoffe werden abgebaut - Kann das Wachstum anderer Bakterien fördern und die Dicke des Biofilms/die Rohrrauigkeit verstärken	- Bei niedrigen pH-Werte nicht wirksam - Senkt den Abwasser-pH-Wert - Produziert Chemieschlamm	- Schützt nicht vor Korrosion - Erfordert oftmals größeren Installationsumfang

Benötigen Sie Hilfe?

Wie durch zahlreiche Erklärungen und Abbildungen zur Erläuterung von Schwefelwasserstoffproblemen in dieser Broschüre dargelegt wurde, sind Probleme im Zusammenhang mit Schwefelwasserstoff als dynamische Probleme anzusehen, die nach dynamischen Lösungen verlangen.

Diese Broschüre deckt nicht das gesamte Spektrum passender Lösungen für bestimmte Rohre oder Bereiche ab, in denen Probleme mit Schwefelwasserstoff auftreten können. Hierzu wären fundiertere Kenntnisse der Ursachen

für jedes einzelne System erforderlich sowie Kenntnisse der täglichen Abläufe bei den Versorgungsunternehmen.

Wir bei Grundfos freuen uns darauf, Ihre Probleme mit Schwefelwasserstoff zu besprechen. Sprechen Sie mit uns und wir bemühen uns nach Kräften darum, Ihnen zu helfen.



Danksagung

Wir möchten uns herzlich bei Professor Jes Vollertsen von der Universität Aalborg für seine Einleitung und Korrekturen bedanken.

Autoren

Bruno Kiilerich, Entwicklungsingenieur
Martin Lyngsø, Projektingenieur
Christian Schou, Anwendungsmanager

Literatur

- T. Hvitved-Jacobsen, J. Vollertsen & A. H. Nielsen, 2013. Sewer Processes – Microbial and Chemical Process Engineering of Sewer Networks, CRC press, ISBN: 9781439881781
- D. Apgar & J. Witherspoon, 2007. Minimization of Odors and Corrosion in Collection Systems Phase 1, WERF, IWA Publishing, ISBN: 1-84339-791-9.
- Environmental Protection Agency (EPA), Odor and corrosion Control in Sanitary Sewerage Systems and Treatment Plants, EPA/ 625/1-85 /018.
- Erlass Nr. 473 der dänischen Behörde für den Bereich Arbeitsschutz, 7. Oktober 1983, C. 03.
- EN 752 „Drain and sewer systems outside buildings“
- Richtlinie C. 03 über Stoffe und Materialien von der dänischen Behörde für den Bereich Arbeitsschutz

be think innovate



99156295 0816/Globales
Marktsegment Wasserversorgung/12211

Der Name Grundfos, das Grundfos-Logo sowie be think innovate sind eingetragene
Warenzeichen der Grundfos Holding A/S bzw. Grundfos A/S, Dänemark. Weltweit alle Rechte
vorbehalten.

GRUNDFOS Holding A/S
Poul Due Jensens Vej 7
DK-8850 Bjerringbro
Tel.: +45 87 50 14 00
www.grundfos.com

GRUNDFOS