

# Geruchsbelästigungen – die biogene Schwefelsäurebildung in Kanälen Ursachen und Maßnahmen -

M. Barjenbruch, TU Berlin

## 1 Einleitung

In den letzten Jahren wurde die Situation der Abwasserentsorgung deutlich verbessert. So konnte der Anschlussgrad an die zentrale Abwasserbehandlung bundesweit auf ca. 93% gesteigert werden. Insbesondere durch den Einsatz von Sonderentwässerungsverfahren – überwiegend der Druckentwässerung- wurden auch in den Flächenländern wirtschaftliche zentrale Lösungen geschaffen.

Da bei der Erschließung neuer Wohn- und Gewerbegebiete die volle Anschlussgröße erst sukzessive erreicht wird, ist zumindest zeitweise eine unzureichende Auslastung des Kanalisationssystems unvermeidlich. Gleichzeitig ist oft der Abwasseranfall aus Industrie und Gewerbe zu hoch eingeschätzt worden. Darüber hinaus bewirkt vielfach der drastische Rückgang des häuslichen Abwasseranfalls bei gleichbleibender Schmutzfracht und die Verminderung von Regen- und Fremdwassereinträgen eine entsprechend lange Aufenthaltszeit in den Abwassersystemen. Hierdurch werden folgende Auswirkungen verursacht:

- Geruchsbelästigungen insbesondere bei Übergabestellen aus Drucksystemen in Freispiegelleitungen
- Schwefelsäurekorrosion an Rohrleitungen, Schächten und Sonderbauwerken
- Arbeitsschutzprobleme durch Gefährdung des Personals bei Arbeiten im Kanal
- Negativer Einfluss auf die Abwasserreinigung (Verschlechterung des biologischen Abbaus, Blähschlamm Bildung).

Um die Vielfalt der derzeitigen angebotenen Lösungsansätze zu dieser Problematik besser bewerten zu können, wurde vom Institut für Umweltingenieurwesen der Universität Rostock und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) ein Projekt durchgeführt, aus dem Auszüge im Rahmen dieses Beitrags an ausgewählten Beispielen diskutiert werden.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Geruchsstoffe und deren Entstehung

Bei der Entstehung von Gerüchen in der Kanalisation muß zwischen primären und sekundären Geruchsstoffen (Osmogene) unterschieden werden /HÜBNER, SEIBT (1994)/.

**Primäre Osmogene** werden mit dem Abwasser in die Kanalisation eingeleitet. Bei häuslichem Abwasser können sie nur entstehen, wenn das Abwasser zwischengespeichert wurde (Sammelgrube). Bei gewerblichen und industriellen Abwässern treten branchentypische Geruchsstoffe auf (z.B. Schlachthof, Fischverarbeitung, Papierfabrik). Üblicherweise wird das Einleiten von Stoffen mit schädlichen oder unzumutbaren Gerüchen über die Grenzwerte der Entwässerungssatzungen geregelt. Richtwerte wichtiger Beschaffenheitskriterien liefert das ATV-DVWK M 115 T. 2 (2003), in dem z.B. maximale Indirekteinleitergehalte wie 35°C, pH-Wert von 6,5 bis 10, Sulfatwerte von 600 mg/l und Sulfidgehalt von 2 mg/l postuliert werden.

**Sekundäre Osmogene** bilden sich erst in der Abwasseranlage. Man unterscheidet zwischen anaerober und aerober Osmogenbildung:

- Beim *aeroben Abbau* von Abwasserinhaltsstoffen (z.B. Eiweiße) kann es zur Emission von flüchtigen Fettsäuren, Alkoholen und Aldehyden kommen.
- Unter *anaeroben Verhältnissen* in Teilen der Abwasseranlagen ist eine Freisetzung von Schwefelverbindungen (Schwefelwasserstoff, Mercaptane, Methylsulfide etc.) möglich.

Die primären und sekundären Osmogene führen dort zu Geruchsproblemen, wo aus chemisch/physikalischen Gründen eine Freisetzung aus dem Abwasser in die Umgebungsluft erfolgt Tab. 2. Wichtige Eigenschaften häufig bei der Abwasserentsorgung auftretender geruchsverursachender Stoffe sollen kurz beschrieben werden /nach KOPPE, STOZECK (1999)/:

- **Ammoniak** ( $\text{NH}_3$ ) kationisches, farbloses Gas; entsteht aus Harnstoff, Eiweiß oder bei der Faulung/Entwässerung; stechender Salmiakgeruch
- **Buttersäure** ( $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ); anionische farblose Flüssigkeit; entsteht aus der Hydrolyse von Fetten und anschließendem anaeroben Abbau; ranzig, saurerer Geruch
- **Trimethylamin** ( $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$ ); kationisches, farbloses Gas; entsteht aus menschl. Harn, Fischlaken anaerob o. thermischer Proteinabbau, fischartiger Geruch
- **Skatol** ( $\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$ ); kationische farblose Blättchen; entsteht aus menschl. Fäkalien, aus Eiweiß durch anaerobe Bakterien; sehr intensiv fäkalischer Geruch

Da die **Schwefelverbindungen** zu den geruchsintensivsten Stoffen gehören und sie in der kommunalen Praxis meistens abwasserbürtig auftreten, wird der  $\text{H}_2\text{S}$ -Gehalt häufig als Leitparameter für den Geruch verwendet. Es riecht nach „faulen Eiern“. Nach KOPPE, STOZECK (1999) beträgt die einwohnerspezifische Fracht i.a. ca. 9,2 g/(E·d), was bezogen auf 150 l/(E·d) zu Rohabwasserkonzentrationen von ca. 60 mg S/l führt. Da der Einsatz von  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  im Waschmittel in den letzten Jahren zurückgegangen ist, liegt der spezifische Schwefelanfall nur noch bei ca. 6 g/(E·d), entsprechend 40 mg S/l. Schwefelwasserstoff entsteht unter anaeroben Bedingungen durch biogene Vorgänge, die im wesentlichen im Biofilm der Rohrleitungswandungen ablaufen /ATV-DVWK M 154 (2002)/:

- **Desulfurikation**; dissimilatorische Sulfatreduktion („Sulfatatmung“)  
Reduktion von Sulfat (aus dem Trinkwasser) zu Sulfidionen:  $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}^{2-} (\rightarrow \text{H}_2\text{S} \uparrow)$
- **Desulfuration**: Proteinabbau, Eiweißfäulnis  
Reduktion schwefelhaltiger Eiweiße (Thioproteine) und Detergentien durch hydrolysierende und fermentative Bakterien „**R-S**“  $\rightarrow \text{S}^{2-} (\rightarrow \text{H}_2\text{S} \uparrow)$

Im kommunalen Abwasser spielt die Desulfurikation die größere Rolle, wobei allgegenwärtige salztolerante Spezies auch unter extremen Bedingungen (5 bis 57°C) überleben und unter günstigen Verhältnissen bis zu 1.000 mg  $\text{H}_2\text{S}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  bilden können.

Die allgemein anerkannte Geruchsschwelle für Schwefelwasserstoff liegt bei 0,13 ppm; im Bereich von 3 - 5 ppm treten schon deutliche Geruchsbelästigungen auf. Der MAK-Wert für Schwefelwasserstoff in der Luft beträgt 10 ppm, er befindet sich derzeit allerdings in der Diskussion. In England ist der MAK-Wert bereits auf 5 ppm herabgesetzt worden.

Hinsichtlich der gesundheitlichen Auswirkungen liegen bisher keine qualifizierten wissenschaftlichen Daten über Langzeit-Wirkungen vor. Bei einer Exposition von 0,5 ppm H<sub>2</sub>S in einem Zeitraum von 14-Tagen geht man von keinerlei beeinträchtigenden Wirkungen auf den Menschen ("Non-observed-adverse-effect) aus.

## 2.2 Einflussfaktoren und Berechnungsansätze zur Sulfidbildung

Die Einflüsse auf die Desulfurikation sind sehr komplex und schwer erfassbar. Sie sind in Tab. 1 qualitativ skizziert.

Tab. 1: Einflussgrößen auf die Sulfidbildung

Einflussgröße	Auswirkungen
Sulfatgehalt	Mit steigendem Sulfatgehalt steigt die Sulfidentwicklung (Monod); Hemmung ab < 30 mg/l /LOHSE (2002)/
Temperatur	Mit steigender Temperatur steigt die Sulfidentwicklung
Organische Verschmutzung	Unterschiedliche Ergebnisse; zum Teil kein Einfluss, zum Teil fördernd
Sauerstoffgehalt/Nitrat	Sulfidbildung nur, wenn sich das Abwasser im anaeroben Bereich (< 0,1 mg O <sub>2</sub> /l) befindet.
Sielhaut	i. d. R. stets vorhanden, aber anaerobes Milieu notwendig
pH-Wert	pH-tolerant; zwischen 5,5 bis 9,0.
Fließgeschwindigkeit	i.a. kein merklichen Einfluss; bei geringeren Fließgeschwindigkeiten bildet sich eine dickere Sielhaut
Fließzeit	Bei langen Aufenthaltszeiten geht das Abwasser in den anaeroben Zustand über; kritische Aufenthaltszeit schwierig, (ca. >4 h)
Betriebsweise	Bei kontinuierlichem Pumpenbetrieb und Fließzeiten bis 6 h liegen die Werte um 10 bis 20% höher als bei diskontinuierlichem Betrieb /LOHSE (2002)/

Um die zu erwartende Geruchsentwicklung und Korrosion in Abwassersystemen abschätzen zu können, sind verschiedene empirische Ansätze zur Sulfidentwicklung aufgestellt worden.

Bei **Freispiegelleitungen** ist die Sulfidentwicklung primär vom mit Sielhaut benetzten Rohrumfang abhängig und bei einer Begrenzung auf maximal 15% stellen sich in der Praxis keine Sulfidprobleme ein. Im rechnerischen Überschlagsverfahren von Pomeroy wird ein Korrosionskennwert Z<sub>p</sub> nach folgender Faustformel bestimmt:

$$Z_p = \frac{(BSB_5) \cdot 1,038^{(1,8 \cdot T^\circ C - 36)}}{\sqrt[3]{35,31 Q_T \cdot \sqrt{I_S} \cdot f \left( \frac{t}{D} \right)}}$$

Der Funktionswert f besteht aus der Breite des Wasserspiegels b (m), dem benetzten Rohrumfang u<sub>hydr</sub> (m) und einem Quotienten aus der teilgefüllten Abwassermenge und der Abwassermenge bei Vollfüllung. Bei Z<sub>p</sub> < 5.000 ist keine Korrosion zu erwarten, um 7.500

entsteht schwache Korrosion und ab 15.000 starke.

Für die praktische Abschätzung in **Druckrohrleitungen** wurden weltweit verschiedene empirische Berechnungsansätze aufgestellt, die zum Teil erhebliche Abweichungen für die Sulfidentwicklung ergeben, was im wesentlichen durch die Eingangsparameter verursacht wird. So gehen beim Ansatz des ATV-DVWK 116 nur Fließzeit und Durchmesser ein, während andere Autoren den  $BSB_5$ , Sulfatgehalt, Temperatur, Fließzeit, Durchmesser und die Fließgeschwindigkeit berücksichtigen. Grundsätzlich sollte bereits in der Planungsphase das Ausmaß der Sulfidentwicklung prognostiziert und entsprechende Maßnahmen getroffen werden

### 2.3 Korrosionsphänomene

Unter Korrosion versteht man alle Reaktionen an nicht metallischen und metallischen Bau- und Werkstoffen mit ihrer Umgebung, die durch chemische, elektrochemische oder mikrobiologische Vorgänge zu einer Beeinträchtigung des Bau/Werkstoffes führen. Nach /LOHSE (2002)/ können folgende Einwirkungen zu Korrosionserscheinungen in Abwasserbauwerken führen:

- Inhaltsstoffe in Boden- und Grundwasser auf der Außenseite der Bauwerke
- Inhaltsstoffe im Abwasser benetzten Bereich
- Inhaltsstoffe der Kanalluft oder biogene Säurebildung (BSK) oberhalb des Wasserspiegel; insbesondere die BSK kann gravierende Folgen haben, da Sulfide von mindestens wenigen Zehnteln mg/l immer im Abwasser enthalten sind.

Grundsätzlich kommen in Böden vorrangig korrosiv wirkende Inhaltsstoffe wie Sulfate, Chloride, kalklösende Kohlensäure, Huminsäuren, Schwefelsäure in Betracht, was im Rahmen diese Beitrags nicht verfolgt werden soll.

Da in den Abwassersatzungen entsprechende Regelungen vorgesehen sind, sind theoretisch im kommunalem Abwasser selbst keine korrosiven Stoffe zu erwarten; die Praxis sieht allerdings anders aus /LOHSE (2002)/.

Gefährdet sind vorrangig metallische Werkstoffe wie un- und niederlegierte Stähle und Gusseisen sowie zementgebundene Werkstoffe wie Beton, Mauerwerksmörtel und Faserzement. Weniger oder nicht gefährdet sind Steinzeug, Kanalklinker, Glas, hochlegierte Stähle und Kunststoffe. Im allgemeinen lässt sich Korrosion aber niemals vollständig verhindern.

In der Schadensstatistik der Kanalisationssysteme steht die Korrosion ursächlich nur an sechster Stelle. Aufgrund der Korrosionsanfälligkeit und der großen Bedeutung des Werkstoffes Beton, der im Verlauf des Abwassertransports vom Anfallort bis zur Kläranlage immer an irgendeiner Stelle zum Einsatz kommen wird, ist aber im Hinblick auf die Korrosionsbeständigkeit besondere Sorgfalt zu tragen. Hinsichtlich des Einflusses von Schwefelwasserstoff in der Kanalatmosphäre konnte in einem norwegischen Forschungsvorhaben für Beton eine Korrosionsrate von 10 mm/a bei einer Exposition von 3 ppm  $H_2S$  und bei einer Einwirkung von 20 ppm eine Korrosionsraten von 15 mm/a ermittelt werden ( $T=25^{\circ}C$ ) /WEISSENBERGER (2002)/.

## 2.4 Orte des Entstehens von Geruchs- und Korrosionsproblemen

In der Kanalisation können sich je nach Ausbildung (Trenn- oder Mischsystem, Sonderentwässerungsverfahren) kritische Osmogene an verschiedenen Stellen und Randbedingungen bilden (Tab. 2). Generell ist zu beachten, dass zur Vermeidung eines Gasaustritts anaerobes Abwasser möglichst schonend transportiert werden sollte.

In Anbetracht der vielerorts geänderten Randbedingungen (nur teilweise bebaute Siedlungs- und Gewerbegebiete, verringerter spezifischer Abwasseranfall etc.) sind heutzutage die **Übergabepunkte von Druckrohrleitungen** mit langen Aufenthaltszeiten besonders problematisch, da hier Geruchsstoffe aus dem Abwasser mit anaeroben Milieu an die Umgebungsluft ausgasen können. Mittelfristig ist hier auch mit starken Korrosionserscheinungen zu rechnen.

Tab. 2: Problematische Orte des Entstehens von Geruchsbelästigungen in der Kanalisation in Anlehnung an HAYDT (1984)

Ort des Entstehens	Ursachen	Probleme
Freispiegelkanäle	anaerober Zustand (lange Fließzeit; geringes Gefälle, geringe $v_F$ , z.B. bei Trockenwetter im Mischkanal)	abhängig von Bauausführung und Betrieb
Absturzbauwerke	hängt vom zufließenden Abwasser ab: anaerob → Geruch aerobe → Geruch gering	Ausstrippen von vorher gebildeten Geruchsstoffen und ggf. Geruchsbelästigung
Abzwegebauwerke	Richtungs- oder Gefällewechsel (Turbulenz)	s.o.
Abwasserpumpwerke	lange Standzeiten im Sammelbehälter Befüllen des Sammelbehälters oberhalb des Minimalwasserstandes	Bildung eines anaeroben Milieus Ausstrippen von Gerüchen
Übergabepunkt von Druckleitungen	Abwasser aus Druckrohrleitung ist bei langen Fließzeiten ggf. angefault	Geruchsstoffe werden ausgestrippt
Vermischen von Sulfidhaltigem Abwasser	Bei pH-Änderung oder unterschiedlicher Temperatur	Ausstrippen von Geruchsstoffen
Industrielle Einleitung	mit Geruchsstoffen belastetes Abwasser Abwasser mit hoher Temperatur	Indirekteinleiterkontrolle

## 2.5 Messungen von Geruchsstoffen

Geruch wird nach ATV-DVWK-M 154 (2002) als subjektive Empfindung des Menschen bezeichnet, die durch die verschiedensten Stoffe („Geruchsstoffe“) hervorgerufen wird. Dabei verläuft die menschliche Wahrnehmung von Geruch in zwei aufeinanderfolgenden Schritten. Im ersten, physiologischen Schritt werden die Geruchsstoffe in der Nase („echte“ Geruchsstoffe) bzw. am Trigemini-Nerv („unechte“ Geruchsstoffe z.B.  $H_2S$ ) wahrgenommen. Im zweiten, psychologischen Schritt erfolgt die Verarbeitung der dabei entstehenden Reize im Riechhirn (limbisches System).

Aufgrund der Vielzahl an geruchsverursachenden Einzelstoffe bietet sich die Messung von Leitparametern (z.B.  $H_2S$ ) sowie Summenparameter wie der Geruchsstoffkonzentration an.

### Analytische Parameter

Bei der Bestimmung von analytischen Parametern beschränkt man sich in der Regel auf die Messung von Schwefelwasserstoff in der Abluft oder von Sulfid im Abwasser. Bei der *Abwasserabluft-Messung* können folgende Geräte mit ggf. Datenschreiber/-logger verwendet werden /ATV-DVWK M 154 (2002)/:

- Messung der Momentankonzentration
  - Prüfröhrchen
  - Chip-Mess-System
- Kontinuierliche Messungen
  - Tragbare Mess- und Warngeräte (ggf. mit externer Gaspumpe)

Es sei angemerkt, dass bei Messung des H<sub>2</sub>S direkt in der Luft des Abwassersystems die Ausbreitung in die Umgebung zu berücksichtigen ist, so dass z.B. im Abwasserschacht noch Restgehalte enthalten sein dürfen, ohne dass es zwangsläufig zur Geruchsbelästigung in der Umgebung kommt

Zur Bestimmung des *Sulfidgehalt im Abwasser* können einfache oder qualifizierte Stichproben bzw. Dauerproben herangezogen werden. Bei letzteren ist eine Konservierung mittels Zinkacetat-Lösung sinnvoll. Die Analyse kann nasschemisch nach z.B. DIN 38 405-26 oder mittels Schnelltest erfolgen. Bei der Bewertung sind verschiedene Abwasserrandbedingungen sowie meteorologische Daten zu berücksichtigen. Die Erfassung von tageszeitlichen Schwankungen erscheint sinnvoll. Eine potentielle Geruchsbelästigung hängt von der Größenordnung der Ausstrippung des Sulfiddesorption ab.

### Sensorische Parameter

Da die analytischen Messgrößen keinen Rückschluss auf den Grad einer Geruchsbelästigung zulassen, wird bei der sensorischen Messung der Geruch als summarische Wirkungsgröße mittels Olfaktometern von Testpersonen bewertet. Dabei muss nach ATV-DVWK M 154 (2002) zwischen Emissions- und Immissionsmessungen unterschieden werden (Tab. 3).

Tab. 3: Parameter der sensorischen Geruchsmessung /nach ATV-DVWK M 154 (2002)/

<b>Emissionsmessungen</b>	
Geruchstoffkonzentration	Geruchsschwelle, bei der 50% der Probanden einen Reiz wahrnehmen [GE/m <sup>3</sup> ]
Geruchsintensität	Stärke des Geruchs nach Skala (0 kein Geruch; 6 unerträglicher Geruch)
Hedonische Wirkung	Tönung des Geruch z.B. angenehm / unangenehm
Art des Geruchs	Verbale Beschreibung
<b>Immissionsmessung</b>	
Geruchszeitanteil (Rasterbegehung)	Geruchstunden/Jahr und Fläche
Geruchsfahnenreichweite	Reichweite bei aktueller meteorologischer Situation
Belästigungserhebung nach Befragung	Differenzierte Belästigungserfassung

Bei Abwasseranlagen kann neben der Messung der Geruchsstoffkonzentration ( $\text{GE}/\text{m}^3$ ) auch die Berechnung der emittierten Fracht ( $\text{GE}/\text{s}$ ) sinnvoll sein. Zusätzlich kann die Bestimmungen des Geruchsstoffs-Emissionspotentials (GEP) einen Hinweis auf die aus einer Abwasserprobe unter gewissen Randbedingungen ausstrippbaren Geruchsstoffe geben. Nach derzeitigen Erkenntnissen steht für ein Abwasser mit einem GEP von  $500 \text{ GE}_{100}/\text{m}^3$  eine Belästigung nicht zu erwarten, während Werte von 5.000 bis  $>1.000.000 \text{ GE}_{100}/\text{m}^3$  eine übermäßige Belastung charakterisieren /FRECHEN (2000)/.

### 3 Strategien zum Konfliktmanagement

Neben der technischen Abwicklung spielt ein gut funktionierendes Beschwerdemanagement Bild 1 eine zentrale Rolle. Konflikte entstehen häufig, weil die Öffentlichkeit unzureichend informiert wird, keine Möglichkeit des Meinungs austausches besteht oder Befürchtungen nicht ernst genommen werden.

Von besonderer Bedeutung beim Krisenmanagement von Geruchsproblemen ist eine offene Informationspolitik, z.B mit Elementen Ansprechpartner benennen, Ortstermine, Rundschreiben mit neusten Informationen etc. /nach ATV-DVWK M 154 (2002)/. Die stärkste Form ist die Einbindung der betroffenen Bürger bei der Ursachenermittlung durch Fragebögen. Hinweise hierzu liefert zusätzlich die VDI-Richtlinie 3883.

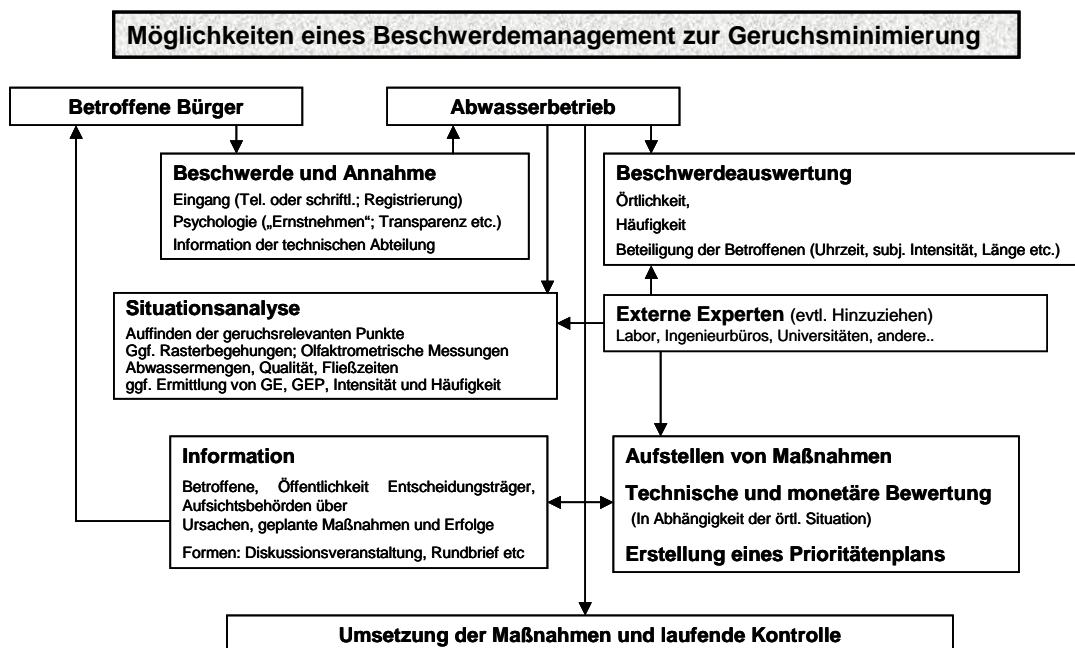


Bild 1: Aufbau eines Beschwerdemanagements zur Geruchsminimierung /BARJENBRUCH, (2001)/

## 4 Verfahren der Geruchs- und Korrosionsverminderung

### 4.1 Übersicht zu den Verfahren

Tab. 4 liefert eine Auswahl verschiedener technischer Lösungsmöglichkeiten zur Geruchs- und Korrosionsverminderung. Entscheidend ist, dass das jeweils gewählte Verfahren auf die spezifischen örtlichen Randbedingungen in technischer und wirtschaftlicher Art

abgestimmt wird. Die jeweiligen Vor- und Nachteile sind dabei abzuwägen. Neben einer theoretischen Betrachtung können vergleichende Praxistests hilfreich sein. Gerade in jüngster Zeit werden zunehmend verschiedenste neue Produkte und Maßnahmen auf dem Markt angeboten, so dass hier eine neutrale Beratung, Erprobung und kritische Bewertung gefordert ist. Meistens werden in der Planungsphase vorbeugende oder betriebstechnische Maßnahmen zur Geruchs- und Korrosionsvermeidung weder technisch noch wirtschaftlich berücksichtigt, so dass anschließend entsprechende Kosten aus Finanzmitteln des laufenden Betriebs gedeckt werden müssen.

Tab. 4: Planerische Möglichkeiten zur Verminderung der Geruchs- und Korrosionsbildung in Abwasserkanälen /BARJENBRUCH (2002) erweitert/

Verfahren	Wirkungsweise	Bemerkungen
Reduzierung der Emissionsquellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verringerung der Anzahl von Kleinpumpwerken</li> <li>- Begrenzung der max. Aufenthaltszeit in Druckrohrleitungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Örtlichkeit</li> <li>- Evtl. Verschiebung des Problems</li> </ul>
Druckentwässerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- durchgehend geschlossenes Abwassertransportsystem</li> <li>- Reduzierung auf max. einen Übergabepunkt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Punktuelle, gezielte Abluftbehandlung erforderlich</li> </ul>
Fachgerechter Pumpwerksbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei aeroben Abwasser Zustand erhalten; bei anaerobem Turbulenz vermeiden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>
Vakuumentwässerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- durch ständig aeroben Transport wird eine H<sub>2</sub>S-Bildung vermieden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrenzte Systemlänge</li> <li>- hohe Verlegegenauigkeit</li> <li>- Lecksuche problematisch</li> </ul>
Fachgerechte Dachentlüftung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gezielte Bewetterung der Kanäle durch Entlüftung der Grundleitung der einzelnen Bauwerke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundsätzlich sanitärtechnischer Standard; wird in jüngster Zeit häufig eingespart</li> </ul>
Pneumatische Förderung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verwendung von Druckluft zur Förderung des Abwasser</li> <li>- Immer aerobe Zustände</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- höhere Investition</li> </ul>
Geruchsverhindernde Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berücksichtigung von Maßnahmen zur Geruchsminderung bereits in der Planungsphase</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höherer Planungsaufwand</li> <li>- höhere Investitionen</li> </ul>



Tab. 5: (Betriebs-)technische Verfahren zur Verminderung der Geruchs- und Korrosionsbildung in Abwasserkanälen /BARJENBRUCH (2002) erweitert/

Verfahren	Wirkungsweise	Bemerkungen
Reinigung des Kanals	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reinigung des Kanals mit Schilden Pflügen, Hochdruckwasserspülung</li> <li>- Reinigung von Druckleitungen mit Molchen oder Leca-Kugeln</li> <li>- Reduzierung der biologischen Aktivität durch Beseitigung der Sielhaut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- begrenzte Wirkung, regelmäßige Wiederholung erforderlich</li> <li>- hoher personeller und apparativer Aufwand</li> <li>- Zugabe von Hemmstoffen</li> </ul>
Gezielte Ausstrippung mit Abluftbehandlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausstrippen bei Fließwechsel (Absturz, Unterdruckbelüftung)</li> <li>- punktuelle Abluftbehandlung (Biologischer oder chemischer Wäscher)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ggf. Verringerung der hydraulischen Leistungsfähigkeit</li> <li>- Platz im Straßenraum; zusätzlicher Betriebspunkt, ggf. Energiebedarf</li> </ul>
Abdecksysteme z.B. amorphe Abdeckung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausstrippung von H<sub>2</sub>S wird verhindert</li> <li>- Einsatz in Pumpwerken und Schächten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrenzung der Geruchsbelästigung lokal am Einsatzort</li> <li>- Ggf. Problemverlagerung</li> </ul>
Konstruktive Anreicherung O <sub>2</sub> -	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gezielter Einsatz von Gestaltungselementen wie: Absturz, Kaskaden, Verwirbelungen zum "frisch" halten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausreichend Gefälle muss vorhanden sein</li> </ul>
Druckbelüftung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einblasen von Druckluft zur Verhinderung anaerober Zustände</li> <li>- Begasung mittels Schlauch/Drausyverfahren</li> <li>- Belüftung von Pumpensämpfen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luftblasen verursachen hydraulische Probleme</li> <li>- Problematische Einbringung eines Schlauchs, Verzopfungen</li> <li>- Begrenzte O<sub>2</sub>-Löslichkeit</li> </ul>
Filtereinsätze	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Behandlung der Abluft über Vor-Ort-Biofilter, die im Schacht eingesetzt werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Symptombekämpfung, keine Verringerung der Korrosion im Netz</li> <li>- Gefahr der Verlagerung auf andere Austrittsstellen</li> </ul>
Verkleinerung von Rohrquerschnitten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkürzung der Aufenthaltszeit</li> <li>- sinnvoll bei schadhafte Kanälen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verlust an Kapazitätsreserven</li> </ul>
Druckluftspülung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- z.B. System BÜHLER bei 4-6 bar Differenzdruck</li> <li>- Reduzierung der Aufenthaltszeit des Abwassers in der Druckrohrleitung</li> <li>- Ablösen der Sielhaut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bei Planung der Druckleitung zu berücksichtigen</li> <li>- erhöhte Investitionen für Druckluftstation</li> </ul>
Einbau eines (Scheiben)-tauchkörper in den Pumpensumpf	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzierung der leichtabbaubaren Substanzen mit hohem Geruchspotenzial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höherer Wartungsaufwand</li> <li>- Verstopfungen und Verzopfungen</li> </ul>
Fremdwasserzugabe (Trink-, Brunnen- oder Oberflächenwasser)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkürzung der Aufenthaltszeit</li> <li>- kurzfristige Reduzierung der Konzentrationen im Abwasser und Anhebung der Sauerstoffkonzentration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhter Energieaufwand; Erhöhung des Abwasseranfalls, Verdünnung</li> <li>- Anpassung an Niederschläge erforderlich</li> </ul>

Tab. 6: Chemisch-biologische Verfahren zur Verminderung der Geruchs- und Korrosionsbildung in Abwasserkanälen /BARJENBRUCH (2002) erweitert/

Verfahren	Wirkungsweise	Bemerkungen
Oxydationsmittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technischer Sauerstoff (nur in geschlossenen Druckleitungen anwendbar)</li> <li>- Thiox-Verfahren; Dosierung eines Oxidationsmittels zur Rückoxidation von Sulfid kurz vor Ende der Druckleitung</li> <li>- Nutriox<sup>®</sup> in Form von Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (es können Gaspolster entstehen)</li> <li>- Ozon (O<sub>3</sub>) (giftig, MAK-Wert 0,1 ppm)</li> <li>- Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>); (Begrenzte Haltbarkeit u. Explosionsgefahr)</li> <li>- Kaliumpermanganat (KMnO<sub>4</sub>)</li> <li>- Chlorbleichlauge (NaCl+NaOCl); AOX-Bildung, kurzzeitig wirksam)</li> <li>- Natriumhypochlorid (NaOCl, bakterizid, Gefahr der AOX-Bildung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verhinderung anaerober Zustände</li> <li>- Verbrauch von organischen Kohlenstoffverbindungen</li> <li>- Bewährtes Verfahren</li> <li>- Relativ hohe Kosten</li> <li>- Oxidation von reduzierten Schwefelverbindungen</li> <li>- hoher Mehrverbrauch durch Reaktion mit anderen Abwasserinhaltsstoffen; hohe Beschaffungskosten</li> <li>- geringe Nachhaltigkeit</li> </ul>
Fällmittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eisen-III-chloridsulfat-Lösung, Eisen-III-sulfat-Lösung, Eisen-II-chlorid-Lösung</li> <li>- Wasserwerksschlamm oder aufbereiteten Wasserwerksschlamm (GoSil); Dosierung von Feststoffen erfordert Untersuchungen im Einzelfall</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bildung von schwerlöslichem Eisensulfid; Abtrennung des zusätzlichen Schlammes auf der Kläranlage</li> <li>- Senkung des pH-Wertes und der Säurekapazität</li> <li>- Nachhaltiges Verfahren, auch in unteren Haltungen wirksam</li> </ul>
pH-Wert-Regulatoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhung des pH-Wertes durch Kalkmilch, Kalkhydrat (aufwendige und teure Dosierstelle)</li> <li>- Sulfidbildung wird ab ca. pH &lt; 9,5 verhindert; kurze Reaktionszeit</li> <li>- Natronlauge, Natriumaluminat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ggf. Ammoniakausstrippung</li> <li>- Ausfällungen möglich</li> <li>- pH-On-Line-Messung ratsam</li> <li>- nur solange wirksam, wie der pH-Wert hoch bleibt</li> </ul>
Kombinationsprodukte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemwater-Anaerite (Produkt auf Basis von Fe und NO<sub>3</sub>)</li> <li>- Fa. Sachtleben (Al+ NO<sub>3</sub>)</li> <li>- ABS-Kanalprogramm (Na[Al(OH)<sub>4</sub>] + FeCl<sub>3</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zum Teil wenig erprobt; vereinen Vor- und Nachteile der jeweiligen Ausgangsstoffe</li> </ul>
Geruchskorrigentien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maskierende Mittel; Überdeckung des belästigenden Geruchs</li> <li>- Kompensierung oder "Bindung"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Strittige Wirkung (subjektives Empfinden)</li> <li>- keine korrosionsschützende Wirkung</li> </ul>
Biolog. Wirkstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikroorganismen, Enzyme, Pflanzenextrakte, Tenside (Wirkung als Bio-Katalysator); Hemmstoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wenig Erfahrungen</li> </ul>

#### 4.2 Praktischer Einsatz von Verfahren in Mecklenburg-Vorpommern

Von 37 befragten Abwasserzweckverbänden in Mecklenburg-Vorpommern hatten 92% Probleme mit Geruchsemissionen aus dem Kanalnetz /OTT 2004/. In 86% der Fälle traten längere Aufenthaltszeiten als die im allgemeinen als unkritisch zu betrachtende Verweilzeit von 2 h auf. Insgesamt werden 20 unterschiedliche Methoden zur Geruchsverminderung (Bild 2) eingesetzt.

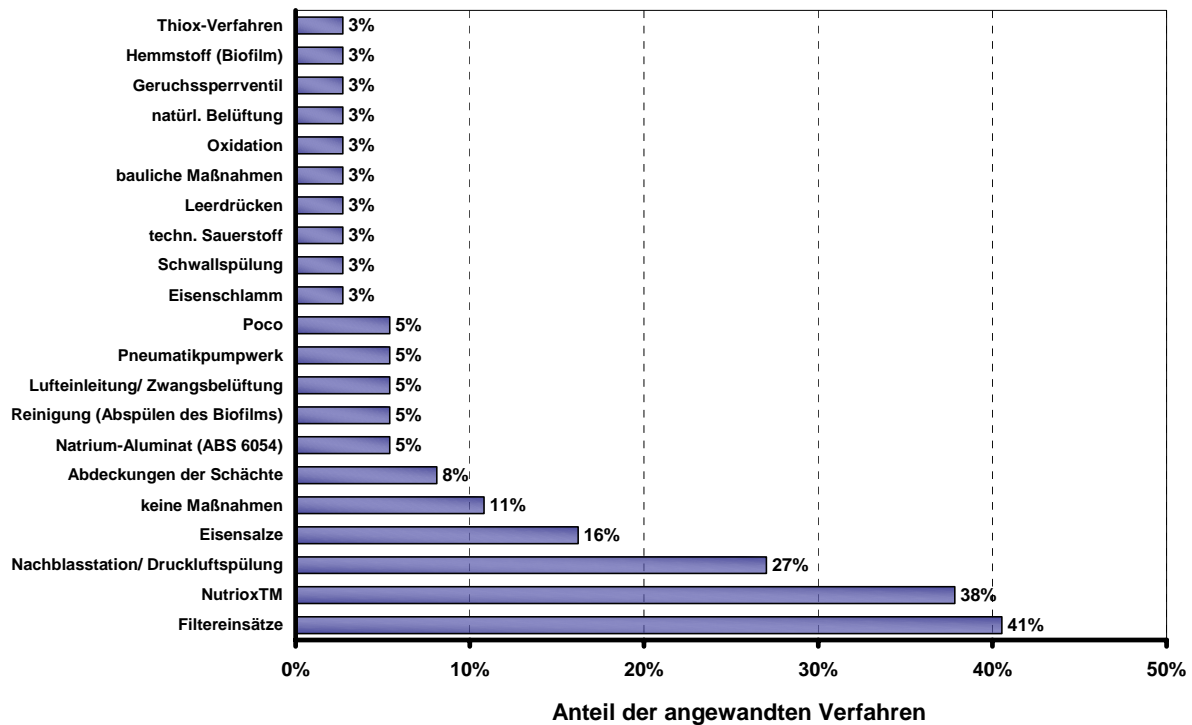


Bild 2: Verteilung der Verfahren in Mecklenburg-Vorpommern bezogen auf die Gesamtzahl der antwortenden Zweckverbände /OTT 2004/

Zwei Verfahren kommen zu fast gleichen Anteilen am häufigsten zum Einsatz:

- Mit 41% kommt der Einbau von Filterschächten, meist Biofiltern, zur Anwendung. Allerdings sehen die meisten Nutzer nur eine eingeschränkte Wirkung, da häufig die geruchsbeladene Abluft nicht behandelt, sondern lediglich der Schacht verschlossen wird und sich das Austreten der belasteten Kanalluft an andere Stellen verschiebt. Durch das Unterbinden des Entweichens des Schwefelwasserstoffs wird die biogene Schwefelsäurekorrosion zusätzlich gefördert.
- Mit einer Häufigkeit von 38% wird der Einsatz des chemischen Oxidationsmittels Nutriox<sup>®</sup> der Firma Yara benannt. Die Wirkung des Mittels wird von allen Anwendern als gut eingestuft, allerdings werden teilweise die hohen Kosten bemängelt.

## 5 Vergleichende Untersuchungen zur Geruchsverminderung

In den Sommern der letzten vier Jahre wurden an einer ausgewählten Teststrecke (ca. 3,2 km lange Druckrohrleitung) in Mecklenburg-Vorpommern folgende Maßnahmen zur Geruchsverminderung erprobt, wobei die Testserie um weitere Produkte ergänzt werden soll:

- Verdünnung durch **Zugabe** von Fremdwasser in Form von **Trinkwasser** (ca. 11% von  $Q_d$ ); Wirkung beruht auf der Verkürzung der Aufenthaltszeit; es ergibt sich ein erhöhter Energieaufwand und eine Vergrößerung des Abwasseranfalls.
- **Zugabe eines Fällmittels**; Eisen(III)-chloridsulfatlösung (FERRIFLOC); Bildung von schwerlöslichem Eisensulfid (theoretische Dosiermenge 1,17 g  $Fe_3^+/g S_2$ ). Nachhaltiges Verfahren, da es auch in unteren Haltungen wirksam ist. Der zusätzliche Schlamm muß auf der Kläranlage abgetrennt werden.

- Dosierung einer Calciumnitratlösung ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) in Form von **NUTRIOX™**, was in der Praxis als das bewährteste Verfahren gilt; hierdurch wird ein anoxisches Milieu eingestellt, so dass die  $\text{H}_2\text{S}$ -Bildung unterdrückt wird. Die Dosierung erfolgt i.d.R. in Abhängigkeit der Pumpenlaufzeit, Temperatur etc. in die Pumpenvorlage einer Druckrohrleitung, wobei die Regeleinheit (Multifunktions-Controller) patentiert ist. Bei diesem Verfahren werden durch die biologische Aktivität organische Kohlenstoffquellen verbraucht, die auf der Kläranlage für die Denitrifikation benötigt würden.
- Zugabe von **GoSil®**, einem Produkt aus **aufbereitetem Wasserwerksschlamm**, bei dem die aktive Komponente aus Eisenhydroxid besteht. Es ist eine rotbraune niedrigviskose Suspension mit einem Eisengehalt von ca. 3% bei einem pH-Wert ungefähr 3. Die Dosierung erfolgt über eine spezielle Dosierlanze in den Pumpensumpf parallel zum Pumpbetrieb. Über eine Steuereinheit können Tagesganglinie, Temperatur und Pumpzyklen etc. berücksichtigt werden. Der zusätzliche Schlamm muss auf der Kläranlage abgetrennt werden.
- Erprobung eines Wirkstoffes auf Basis von **Pflanzenextrakt** und **Naturkräutern (Poco)**, die als „Zellstimulatoren“ die Milieuverhältnisse so einstellen sollen, dass anaerobe Zustände und entsprechende sulfatreduzierte Organismen unterbunden werden. Seitens des Herstellers werden sehr geringe Dosiermengen von 0,3 bis 0,5 l/m<sup>3</sup> Abwasser empfohlen.
- Dosierung eines **Kombinationsproduktes** (ABS-Kanalprogramm), das aus Natriumaluminatlösung  $\text{NaAl}(\text{OH})_4$  und einer Eisen(III)-chlorid-Lösung besteht. Die Wirkungsweise beruht zum einen auf die Verschiebung des Dissoziationsgleichgewichts von Schwefelwasserstoff durch die pH – Wertanhebung, wodurch wenig oder kein strippbarer Schwefelwasserstoff mehr vorliegt, andererseits wird eine Abtötung der Sielhaut erwartet und eine zusätzliche Fällung erzielt. Lieferseits wird die Dosierung von 3-15 l/m<sup>3</sup> Abwasser des einen Produkts und 150-250 l/m<sup>3</sup> Abwasser des anderen Produkts angeraten.
- Zugabe eines Systemprodukts (**Microbe-Poro-Zeo-Lift®**) der Fa. Opto-clean-service bestehend aus den Komponenten: speziell adaptierte Mischkultur verschiedenster Mikroorganismen, die den anaeroben Abbau organischer Stoffe „ohne Bildung problematischer Stoffe“ signifikant verstärken sollen und einer abgestimmte Mischung aus Quell- und Absorptionsmaterialien, das Zeo-Lift. Microbe-Lift®/ IND wird darauf immobilisiert und beschwert. Der Einsatz erfolgt in einfacher Dosiertechnik zumeist in wöchentlicher Zugabe per Hand.

Als Referenz wurden Messungen im Ausgangszustand ohne Dosierung durchgeführt. Das Einzugsgebiet der Druckrohrleitung ist deutlich ländlich geprägt. Das somit als häuslich zu bezeichnende Abwasser fließt im Trennsystem über verschiedene Druck- und Freigefälleleitungen dem Pumpensumpf zu. In der Umgebung des Auslaufs der Leitung, dem Druckunterbrecherschacht (DUS), kommt es häufig verstärkt zur Geruchsbelästigung und Beschwerden der Anwohner durch den austretenden Schwefelwasserstoff, dessen Bildung durch den hohen organischen Anteil im Abwasser und die lange Fließzeit begünstigt wird. Die technischen Daten der Dosierstrecke sind in Tab. 7 zusammengefasst.

Tab. 7: Wichtige Kenndaten der Teststrecke

Länge	DN	Ø Q <sup>1)</sup>	Ø t <sub>R</sub>	V
m	mm	m <sup>3</sup> /d	h	m <sup>3</sup>
3.220	140	54/97/65	17,5	38,9

1) Abwasseranfall 2001/ Abwasseranfall 2002/2004

Zur Analyse der Abwasserparameter (CSB, BSB<sub>5</sub>, SO<sub>4</sub>, pH, T, etc.) wurden an ausgewählten Tagen jeweils 4-h Mischproben im Pumpensumpf und am DUS gezogen. Durch H<sub>2</sub>S-On-Line Messungen der Gasphase im DUS erfolgte die Kontrolle der Wirksamkeit der Verfahren.

Tab. 8: Mittelwerte wichtiger Abwasserparameter aus der Referenzmessphase (ohne Zudosierung)

	pH	SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S <sup>1)</sup>	Sulfid	CSB	BSB <sub>5</sub>	Fe	ges.P
	-	mg/l	ppm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Pumpwerk	7,7	51,7	0	1,4	1.048	447	9,2	18,1
DUS	8,0	69,3	20 <sup>2)</sup>	0,6	1.415	495	3,7	17,9

1) Gasphase; 2) max. 210 ppm

Die Auswertung der Versuche ergab folgende Ergebnisse. Auffällig sind die relativ hohen CSB, BSB<sub>5</sub> und Phosphorgehalte und auch die Eisenkonzentrationen im Grundzustand. Die zum Teil etwas höheren Werte am Druckunterbrecherschacht lassen sich auf die nicht ganz korrespondierende Probenahme zurückführen.

Bild 3 (links oben) zeigt die extrem hohen H<sub>2</sub>S-Gehalte in der Kanalluft ohne den Betrieb von Vermeidungsmaßnahmen. Es treten H<sub>2</sub>S-Werte bis zu 210 ppm auf. Das Betreten ist zeitweise nur nach starker Belüftung oder mit Atemschutzgerät möglich. Die Zugabe von *Trinkwasser* Bild 3 (rechts oben) hat sich weniger bewährt. Bei starken Schwankungen ergeben sich immer noch erhöhte Schwefelwasserstoffgehalte, wobei die Beschwerden der Anwohner jedoch nachließen. Zudem ist die wasserrechtliche Situation dieser Maßnahme bedenklich.

Bei *Zugabe von Fe<sub>3</sub>CISO<sub>4</sub>* konnte der H<sub>2</sub>S-Gehalt in der Kanalluft wirksam unterdrückt werden (Bild 3; Mitte links). Als Zielgehalt wurden aus wirtschaftlichen Gründen nur 1 ppm angestrebt. Dieser konnte durch eine Dosiermenge von 0,42 kg FERRIFLOC je m<sup>3</sup> Abwasser erreicht bzw. häufig unterschritten werden. Hinsichtlich der Abwasserqualität wurde eine Verringerung des Orthophosphatgehalts und eine Erhöhung der abfiltrierbaren Stoffe gemessen.

Die *Dosierung von Nutriox™* erbrachte ebenfalls eine wirksame Unterdrückung der Schwefelwasserstoffbildung (Bild 3; Mitte rechts), wobei Dosiermengen von 0,36 kg Nutriox™ je m<sup>3</sup> Abwasser erforderlich waren. Die auftretenden Peaks sind bedingt durch einen Stromausfall bei der Dosierpumpe. In der Anfangsphase wurden am Druckunterbrecherschacht noch erhöhte Nitratgehalte gemessen, die in weiteren Untersuchungsabschnitten optimiert werden sollen. Nach längerer Dosierung wurde die Leistung der Pumpen verringert, was auf Gasposter (N<sub>2</sub>) zurückgeführt wurde, das mangels Be- und Entlüftungsventi-

len nicht ausgegast werden konnte.

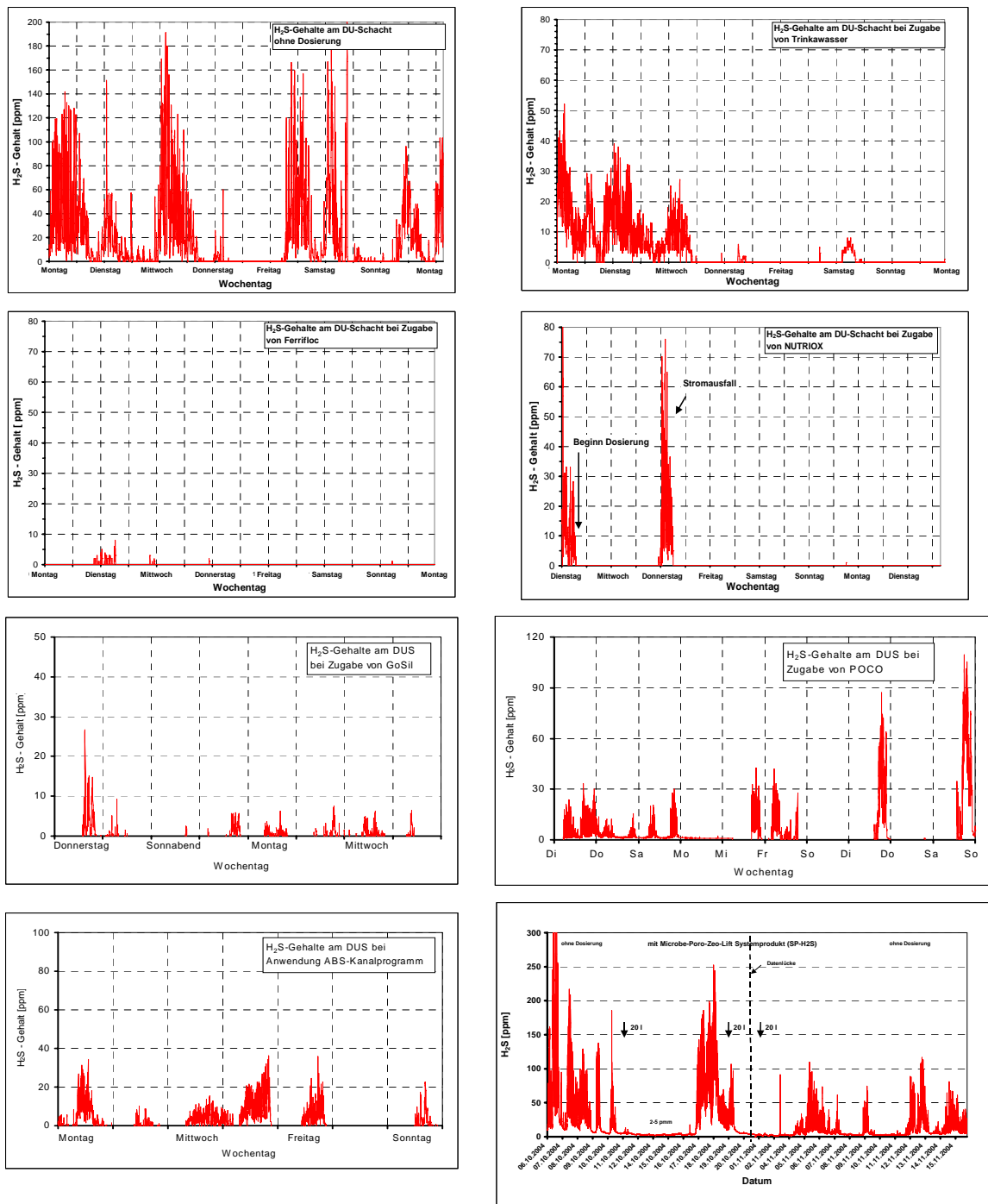


Bild 3: H<sub>2</sub>S-Gehalte im DUS, Vergleich der sieben Untersuchungsabschnitte; Links oben: Referenzphase ohne Dosierung; Rechts oben: Trinkwasserzugabe; Links Mitte: FERRIFLOC-Zugabe; Rechts Mitte: Zugabe von NUTRIOX, Links unten Zugabe von GoSil<sup>®</sup>, Rechts unten Dosierung Pflanzenextrakt POCO, Links ganz unten ABS Kanalprogramm; Rechts ganz unten: Microbe-Poro-Zeo-Lift<sup>®</sup>

Links 3. Zeile in Bild 3 ist die Startphase bei *Dosierung von GoSil<sup>®</sup>* dargestellt, das im Nachgang der Versuche noch verbessert wurde. Im Vergleich zur "Null-Messung" Bild 3 (oben links) ist eine deutliche Reduzierung der H<sub>2</sub>S-Gehalte am Übergabeschacht zu registrieren. Bedingt durch die Zugabesteuerung sollte allerdings in weiteren Untersu-

chungsabschnitten noch eine Verbesserung erzielt werden, wobei gleichzeitig eine Verringerung der Zugabemenge angestrebt wird.

Im Bild 3 (rechts 3. Zeile) sind die Resultate der *Dosierung des Pflanzenextrakts Poco* dokumentiert. Nach anfänglicher Wirkung pegelte sich das Niveau wieder auf die Ausgangssituation ein. Auch die Ergebnisse des Kombinationsproduktes (Bild 3 ganz links unten) zeigen nur eine eingeschränkte Wirkung. Es treten noch H<sub>2</sub>S-Spitzen bis zu 30 ppm auf, wobei mit dieser Kombination an anderen Orten gute Erfolge erreicht wurden. Mit dem Systemprodukt *Microbe-Poro-Zeo-Lift*<sup>®</sup> konnte zunächst nach 8-wöchiger Dosierung und Produktpassung keine Wirkung verzeichnet werden (nicht dargestellt). Nach Optimierung der Dosierung stellte sich eine Reduzierung der H<sub>2</sub>S-Gehalte. Eine einmal wöchentliche Zugabe war jedoch nicht ausreichend.

## 6 Kostenbetrachtungen

Bei einem Kostenvergleich sind sowohl die Investitionen als auch die Betriebskosten zu berücksichtigen und somit echte Jahreskosten zu vergleichen. Zu den Investitionen zählen die zu leistenden Bau- und Sonderleistungen, der Kauf der Dosieranlage sowie die entstehenden Kosten für Probetrieb. Zur Ermittlung von jährlichen Kosten können Abschreibungszeiträume für die Dosiertechnik und den Probetrieb von 5 Jahren und für die Bau- und Sonderleistungen sowie die übrige Anlagentechnik von 10 Jahren angesetzt werden.

Die Betriebskosten beinhalten den Produktverbrauch, evtl. die Kosten für die Miete der Dosieranlage und den Strombedarf sowie ggf. Mehrkosten im Bereich der Schlamm Entsorgung. Optional entstehen Kosten für einen Wartungsvertrag. Beim Vergleich der Produktpreise sind die jeweiligen Liefermengen zu normieren sowie Aufwendungen für die betriebsinterne Unterverteilung der Produkte an verschiedene Dosierstellen anzusetzen.

Im Rahmen einer Umfrage wurden Investitionen, Betriebs- und Jahreskosten erhoben. Bei zusätzlicher Angabe der korrespondierenden Abwasserzuflüsse (m<sup>3</sup>/d), konnten auch spezifische Kosten als Bereiche (Tab. 9) bestimmt werden. Zusätzlich wird der spezifische Produktaufwand (kg/m<sup>3</sup>) aufgeführt.

Aufgrund der zugrunde liegende Datenmenge können nur orientierende Aussagen getroffen werden. Es müssten auch jeweils die spezifischen Randbedingungen wie z.B. Länge der Druckrohrleitung, Aufenthaltszeit, CSB und SO<sub>4</sub> bewertet werden. Außerdem werden die Verfahren in unterschiedlicher Häufigkeit angewendet (Bild 2). Bei den höheren Investitionen für pneumatischer Förderanlagen muss z.B. bedacht werden, dass die Pumpenkosten der ohnehin erforderlichen Pumpen bereits enthalten sind. Eine genauere Aussagen würde der Bezug auf den eliminierten Schwefel erbringen, was allerdings in den meisten Fällen schwer ermittelbar sein wird.

Tab. 9: Kostenspannen der angegebenen Verfahren aus einer Umfrage in Mecklenburg-Vorpommern /OTT (2004)/

Verfahren	spezif. Kosten	spezif. Produktaufwand
	[ct/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
Nutriox®	2 – 52	0,06 – 2,4
Druckluftspülung	0,36 - 7,7	-
Pneumatik	0,14 - 0,21	-
Natriumaluminat	27,1	0,47
Eisensalz	0,003 – 5	0,0004 – 0,3
Poco®	15 – 190	0,005 – 0,05
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2	0,0056

## 7 Zusammenfassung

Durch die zunehmende zentrale Erschließung und durch die Abnahme des spezifischen Abwasseranfalls kommt es in Abwassersystemen immer häufiger zu Geruchs- und Korrosionserscheinungen. Insbesondere in anaeroben Fließstrecken wird Schwefelwasserstoff gebildet, das dann an turbulenten Stellen - verursacht durch Fließwechsel – ausgasen und zur Geruchsbelästigung führen kann. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Druckunterbrecherschächte. Die zur Abschätzung der zu erwartenden Sulfidkonzentrationen verwendeten empirischen Ansätze liefern erhebliche Unterschiede in der Berechnung und sind daher mit Vorsicht zu verwenden.

Es wurde eine Methodik zur Koordinierung der geruchs- und korrosionsvermindernden Maßnahmen vorgestellt, bei der auch das Beschwerdemanagement integriert wird. Wichtig ist, die erforderlichen Maßnahmen (z.B. der Einsatz von betrieblichen oder chemisch/biologischen Methoden) auf die spezifischen Randbedingungen abzustimmen.

Am praktischen Vergleich der Zugabe von Fremdwasser, Eisen Nitrat, aufbereitetem Wasserwerksschlamm GoSil® und Pflanzenextrakt, eines Kombinationsprodukts und eines Systemprodukts (Aufwuchsträger + Mikroorganismen) wurde die Leistungsfähigkeit dieser Verfahren getestet, wobei sich bei Dosierung von Eisen, GoSil® und Nitrat eine deutliche Verringerung der H<sub>2</sub>S-Gehalte am Druckunterbrecherschacht einstellten.

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, dass es zwingend notwendig ist bereits bei der Planung - von der Aufstellung des B-Planes über die Wahl des Entwässerungsverfahrens bis zur Detailplanung - Maßnahmen und Auswirkungen der Geruchs- und Korrosionsbildung zu berücksichtigen. Ebenfalls sind entsprechende Mittel für diese Maßnahmen im Wirtschaftsplan einzustellen. Eine praktische Hilfestellung für Planer, Netzbetreiber und Behörden kann durch die interaktive Datei, die im Rahmen des LAWA-Projekts erstellt wurde, bereitgestellt werden. Sie kann unter unten stehender Adresse bezogen werden.



## 8 Literaturverzeichnis

- ATV-DVWK M 154**, Geruchsemissionen aus Entwässerungssystemen – Vermeidung oder Verminderung, GFA Hennef, 2002 (Entwurf)
- ATV-DVWK M 115**, Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage, GFA Hennef, Teil 2 2003
- Barjenbruch, M.**, Übersicht von Maßnahmen zur Vermeidung der Geruchs- und Korrosionsentwicklung 4. Rostocker Abwassertagung "Sanierung und Betrieb von Abwassernetzen, 30.9/01.10.2002, Rostock
- Barjenbruch, M.**, Vermeidung von Geruchsentwicklungen im Kanalnetz, wwt wasserwirtschaft wassertechnik, Heft4/01 S. 35 – 38
- Bühler K. u W.**, Firmenprospekt zu Druckentwässerung, Neustadt/Weinstrasse 2002
- Dohse, C.**; Untersuchungen zur Auslegung von Druckentwässerungsanlagen, Diplomarbeit am Institut für Kulturtechnik und Siedlungswasserwirtschaft der Universität Rostock, 1999 (unveröffentlicht)
- Frechen, F.-B.**; Emissionsminderung an Abwasseranlagen, VDI-Seminar „Gerüche in der Außenluft“ in Mannheim 29./30.11 2000
- Frechen, F.-B.** Arten der Abluftemission -Einzelstoffe- in Abluftemissionen aus kommunalen Abwasseranlagen, ATV-Dokumentation und Schriftenreihe aus Wissenschaft und Praxis Heft 33, GFA Hennef, 1994
- Haydt, W.**; Technische Möglichkeiten zur Entfernung von Ablagerungen in Kanalisationen, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Heft 79, S. 57-72, 1984
- Hübner, R.; Seibt, M.**; Orte der Entstehung von Abluftemissionen -Abwasserableitung, in Abluftemissionen aus kommunalen Abwasseranlagen ATV-Dokumentation und Schriftenreihe aus Wissenschaft und Praxis Heft 33, GFA Hennef, 1994
- Koppe, P.; Stozek, A.**; Kommunales Abwasser, 4.Auflage Vulkan Verlag Essen, 1999
- Lohse, M.**; Korrosionsprobleme in Abwasseranlagen, ATV-Landesgruppe Nord-Ost, Mai 2002
- Ott, F.**, Untersuchungen von ausgewählten Maßnahmen zur Verringerung der Geruchsproblematik in Abwassernetzen unter Berücksichtigung von Erfahrungen aus der Praxis, Diplomarbeit am Institut für Kulturtechnik und Siedlungswasserwirtschaft der Universität Rostock, 2004
- Thistlethwayte, D.K.B.**; The control of sulphides in sewerage systems; Butterworths 1972
- VDI-Richtlinie 3883**, Belästigungsmessung durch Befragung – Fragebogentechnik, 1995
- Weissenberger, J.**; Betonkorrosion ein Forschungsprojekt aus Norwegen; Schwefelwasserstoff in Abwassersystemen Fachtagung der Hydro-Care am 2.-3. Mai 2002

Prof. Dr.-Ing. M. Barjenbruch  
TU Berlin, FG Siedlungswasserwirtschaft, Sekr. TIB 1B 16  
Gustav-Meyer-Allee 25  
D - 13355 Berlin

Tel.: +49 / (0) 30 / 314 72246  
Fax: +49 / (0) 30 / 314 72248  
e-mail: [matthias.barjenbruch@tu-berlin.de](mailto:matthias.barjenbruch@tu-berlin.de)