

Kanalnetzbewirtschaftung mit linearer Dosierung zur Vermeidung von Geruch und Korrosion

Dipl.-Ing. Ute Urban, Prof. Dr. Andrea Heilmann, Hochschule Harz

1. Ausgangssituation

Durch den Ausbau der Entwässerungsnetze in Deutschland ist die Länge der Druckleitungen zur Überleitung von Abwasser auf die zentralen Behandlungsanlagen in den letzten Jahren stark angewachsen. Die Aufenthaltszeit unter anaeroben Bedingungen ist durchschnittlich gegenüber 1989 von 2,8 auf 6 Stunden angestiegen (1). Insbesondere diese weitläufigen Kanalnetze weisen häufig Geruchs- und Korrosionserscheinungen auf. Hinzu kommt noch der zurückgehende Wasserverbrauch, der zu einer Verlängerung der Aufenthaltszeiten gegenüber den Planansätzen und vermehrten Ablagerungen im Kanalnetz führt.

In der Abbildung 1 sind die prinzipiellen Vorgänge im aeroben und anaeroben Milieu im Kanal dargestellt. Unter anaeroben und anoxischen Bedingungen kommt es durch Ausgasung von flüchtigen Schwefelverbindungen, die zur Geruchsbildung führen, in der Kanalatmosphäre zu Schwefelsäure umgewandelt werden und Betonkorrosion verursachen. Diese reduziert die Lebensdauer der Leitungen und Schächte häufig unterhalb der Abschreibungsdauer. Dadurch ergeben sich erhebliche wirtschaftliche Probleme für den Betreiber.

Abbildung 1: Prinzipielle Vorgänge im Kanal unter aeroben und anaerob-anoxischen Bedingungen (2)

Umfangreiche wissenschaftliche Untersuchungen wurden in der Vergangenheit zur Berechnung der Sulfidbildung durchgeführt (3, 4, 5, 6, 7). Mit Hilfe von empirischen Formeln wird die Sulfidbildungsrate mit den Einflussparametern BSB, Temperatur, Durchfluß, Rohrgeometrie und Verweilzeit berechnet. Für die Sulfidbildungsrate $d(S)/dt$ in gefüllten Abwasserleitungen, insbesondere Druckleitungen oder langen Düker wurden

unter den Randbedingungen: kein gelöster Sauerstoff im Abwasser, für Rohrdurchmesser von 300 – 1200 mm und Fließgeschwindigkeiten 0,3 – 1 m/s, bei Sulfatgehalten von 42-660 mg/l und Abwassertemperaturen von 19 – 27 °C verschiedene empirische Formeln aufgestellt. Exemplarisch steht die Berechnung nach

$$\text{Thistlethwaythe (1972)} \quad \frac{u \cdot BSB^{0,8}_5 \cdot SO_4 \cdot 1,139^{(T-20)}}{125 \cdot D} \quad (\text{aus 4})$$

Die Ergebnisse verschiedener Berechnungsmodelle sind in Abbildung 2 dargestellt. Hier wird deutlich, dass die Ergebnisse bereits bei einer Verweilzeit von 5 Stunden stark streuen. Für Verweilzeiten über 12 Stunden, wie in neu errichteten Netzen üblich, sind diese Modelle deshalb nicht ausreichend.

Abbildung 2: Ergebnisse der Rechenverfahren zur Sulfidentwicklung in Druckleitungen in Abhängigkeit von der Verweilzeit/Abwasserfließzeit (8)

Im ATV-Merkblatt M 168 (9) werden weitere Beurteilungskriterien zur Vermeidung der Korrosion angegeben. Hier wird der Sauerstoffbedarf zur Einhaltung des minimalen Sauerstoffwertes von 1 mg/l am Ende der Druckleitung ermittelt:

$$OV = 0,024 \cdot \left[\pi \cdot D \cdot L \cdot \left(Z_{sh} + \frac{D}{4} \cdot Z_{abw} \right) - Q_{24} (c_{O_2} - 1) \right] \quad (\text{nach Lohse})$$

Hierfür ist die Ermittlung der Sauerstoffzehrung der Sielhaut und des Abwassers notwendig, was in der Praxis oft schwierig ist. Deshalb wird als überschlägiger Luftbedarf 1 m³ Luft/m³ Abwasser und Stunde angegeben. Hierdurch soll ein Sulfidwert zwischen 0,5 – 1,0 mg/l nicht überschritten werden.

2. Grundlagen und Istzustand

Zur Vermeidung von Geruchsemissionen, die den Korrosionserscheinungen oft vorgelagert sind, werden verschiedene Methoden angewendet. Die ATV-DVWK unterscheidet in bauliche und betriebliche Maßnahmen. In der Planungsphase sind im wesentlichen bauliche Maßnahmen zu berücksichtigen, wie z.B. die Gestaltung des Pumpensumpfes und die Ausführung des Übergangsschachtes. Reichen diese Maßnahmen

nicht aus, sind Kompressorstationen vorzusehen, die die Leitung freiblasen oder punktuell belüften.

Zu den betrieblichen Maßnahmen gehört die Reinigung, Chemikaliendosierung, und die Abluftbehandlung. Durch den Einbau von Biofiltern wird das Geruchsproblem nur verlagert, aber nicht behoben. Das Abwasser fault weiter und kann zur Erhöhung des Schlammvolumenindex führen. Dadurch steigt die Sedimentationsdauer und beeinträchtigt dadurch die Reinigungsleistung der Kläranlage. Die Chemikaliendosierung hingegen verursacht einen erheblichen Kostenaufwand, insbesondere in vermaschten Netzen.

Ein neues Verfahren, was im Demonstrationsmaßstab getestet wurde, stellt die lineare Dosierung von Gasen direkt in der Druckleitung dar. Die Wirkungsweise des DRAUSY-Schlauches ist in der Patenschrift EP 0 824 306 B1 als Dosiersystem beschrieben, das durch eine besondere Geometrie und den Einsatz von Werkstoffen hoher Elastizität unterschiedliche Innendrucke durch eine Querschnittsverformung kompensiert und so über eine lange Strecke ein gleichmäßiges Einbringen von Flüssigkeiten und Gasen in das Abwasser erlauben soll.

Das geschieht in der Weise, dass sich im Schlauch in definierten Abständen kleine Löcher befinden, die sich aufgrund der Querschnittsdeformation bei abfallendem Druck vergrößern und bei steigendem verkleinern (Abbildung 3).

Abbildung 3: Querschnittsdeformation des DRAUSY-Schlauchs - Druckkompensation durch Veränderung der Austrittsöffnung

Somit kommt es an allen Austrittsöffnungen, unabhängig vom Druckabfall im Schlauch, zu gleichen Austrittsmengen. Von der neuen Einbringetechnik über ein DRAUSY-Schlauchsystem wurde erwartet, dass eine wesentliche Verbesserung der Nutzungseffizienz der Oxidationsmittel erreicht werden kann.

3. Aktuelle Ergebnisse des Demonstrationsvorhabens

Im Demonstrationsvorhaben wurde die Wirkung der punktuellen Belüftung einer linearen Dosierung in der Druckleitung gegenübergestellt. In die 7 km lange Druckleitung, die bisher punktuell belüftet wurde, wurde an zwei Stellen ein jeweils ca. 1 km langer DRAUSY-Schlauch eingezogen. Zur Bewertung der Wirksamkeit wurden die Temperatur, pH-Wert, O₂-Gehalt, O₂-Zehrung und der Sulfidgehalt gemessen. Leider waren bislang nur Stichproben möglich, da eine kontinuierliche Messung aufgrund der Fließgeschwindigkeiten nicht realisiert werden konnte. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Analysen.

	Temp. °C	O ₂ -Gehalt mg/l	O ₂ -Zehrung mg/lh	Sulfid mg/l	Belüftungs art
Aug 01	15,7	0,5	5,4	6,2	punktuell
Dez 01	6,3	2,3	5,8	0,7	punktuell
Sept/Okt 02	13,2	6,7	3,1	0,1	linear
Feb 03	4,5	7,1	1,2	< 0,05	linear
Aug 03	16,9	1,0	7,1	0,74	linear

Tabelle 1: Analysenergebnisse der Druckleitung (Standort G4)

Bei der punktuellen Belüftung der Leitung wurde im Sommer ein Sulfidwert von 6,2 mg/l gemessen. Durch die Umstellung auf die lineare Dosierung wurde bei gleicher Dosiermenge im August 2003 ein maximaler Sulfidwert von 0,74 mg/l gemessen. Damit wird diese Forderung aus dem ATV-Arbeitsblatt erfüllt.

Des weiteren wurde bei den Untersuchungen ein Rückgang des CSB-Wertes auf 53 mg/l im Winter festgestellt. Durch die kontinuierliche Luftdosierung steht im Winter, bei geringerer Zehrung, Sauerstoff für den Abbau zur Verfügung. Im Sommer reicht diese Dosierung gerade noch aus, um bei hoher Zehrung, das aerobe Milieu zu halten. Hier wurden CSB-Werte zwischen 400 und 700 mg/l gemessen.

4. Ergebnis

Durch die Ergebnisse an der realen Teststrecke aus dem Sommer 2003 konnte nachgewiesen werden, dass die lineare Belüftung eine Geruchsverminderung auf der 7 km langen Druckleitung leisten kann. Dabei wurde der Luftbedarf gegenüber den Angaben der ATV um 50 % reduziert. Dies wird auf die Verdrängung des anaeroben Milieus durch die kontinuierliche Belüftung, insbesondere in der Sielhaut zurückgeführt. Die neuartige lineare Einbringtechnik ermöglicht eine effiziente Nutzung des Sauerstoffes in der Luft und kann damit das Einsatzgebiet der Luftdosierung erweitern.

5. Ausblick

Aus diesen Ergebnissen ergeben sich Chancen für die nachhaltige Kanalnetzbewirtschaftung. Vor der Einbringung von Einbauten in die Druckleitungen sind die hydraulischen Reserven zu prüfen, um einer Verringerung der Förderleistung vorzubeugen.

Des weiteren sollten die Prozesse im Kanalsystem weiter untersucht werden, um deren Auswirkung auf die Prozesse in der Kläranlage bewerten zu können. Der hier beobachtete CSB-Abbau in der Leitung ist dabei nur ein Parameter.

Indexverzeichnis

BSB ₅	Biologischer Sauerstoffbedarf in mg/l
SO ₄	Sulfatgehalt in mg/l
C _{O2}	Sauerstoffkonzentration am Beginn der Druckleitung in mg/l
D	Rohrdurchmesser in m
L	Rohrleitungslänge
Q ₂₄	Tagesfördermenge in m ³ /d
T	Temperatur in K
u	Fließgeschwindigkeit in m/s
Z _{abw}	Sauerstoffzehrung des Abwassers
Z _{sh}	Sauerstoffzehrung der Sielhaut

-
- (1) Lange, D.; Reinhardt, J. (2002), Betriebliche Probleme und Lösungsansätze bei Geruch und Korrosion in Abwassersystemen, In: KA Abwasser/Abfall, S. 323 ff., 03/2002
 - (2) Klose, Norbert (2002); Sulfide in Abwasseranlagen, In: Tagungsband Wassersymposium: Geruch und Korrosion, 09/2002, Fachhochschule Lausitz, Cottbus
 - (3) Pomeroy, R.D. (1976) The problem of Hydrogen Sulphide in Sewers. Clay Pipe Development Association.
 - (4) Lohse, M. (1986) Schwefelverbindungen in Abwasserableitungsanlagen unter besondere Berücksichtigung der biogenen Schwefelsäurekorrosion. Veröffentlichung des ISAH der Universität Hannover, H. 62.
 - (5) Thistlethwayte, Dr. K. B. (1979) The Control of Sulphides in Sewerage Systems. Butterworths, Sydney, Melbourne, Brisbane, 1972; Deutsche Übersetzung: Sulfide in Abwasseranlagen, Beton Verlag, Düsseldorf.
 - (6) US EPA (1985) Design Manual. Odor and Corrosion Control in Sanitary Sewerage Systems and Treatment Plants. U.S. Environmental Protection Agency.
 - (7) Boon, Lister (1975) Formation of sulphide in main raising sewers and it's prevention by injection of oxygen, Progress in Water Technology, Bd. 7,2, S. 289-300
 - (8) ATV-DVWK M 154 (2003); Geruchsemissionen aus Abwasseranlagen, GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V., Hennef, Oktober 2003
 - (9) ATV Merkblatt M 168: (1998) Korrosion in Abwasseranlagen – Abwasserableitung-, GFA e.V.