

KA Betriebs-Info

www.dwa.de/KA

2/09

Ökoraum Klärwerk

Bekämpfung
von Fadenbakterien

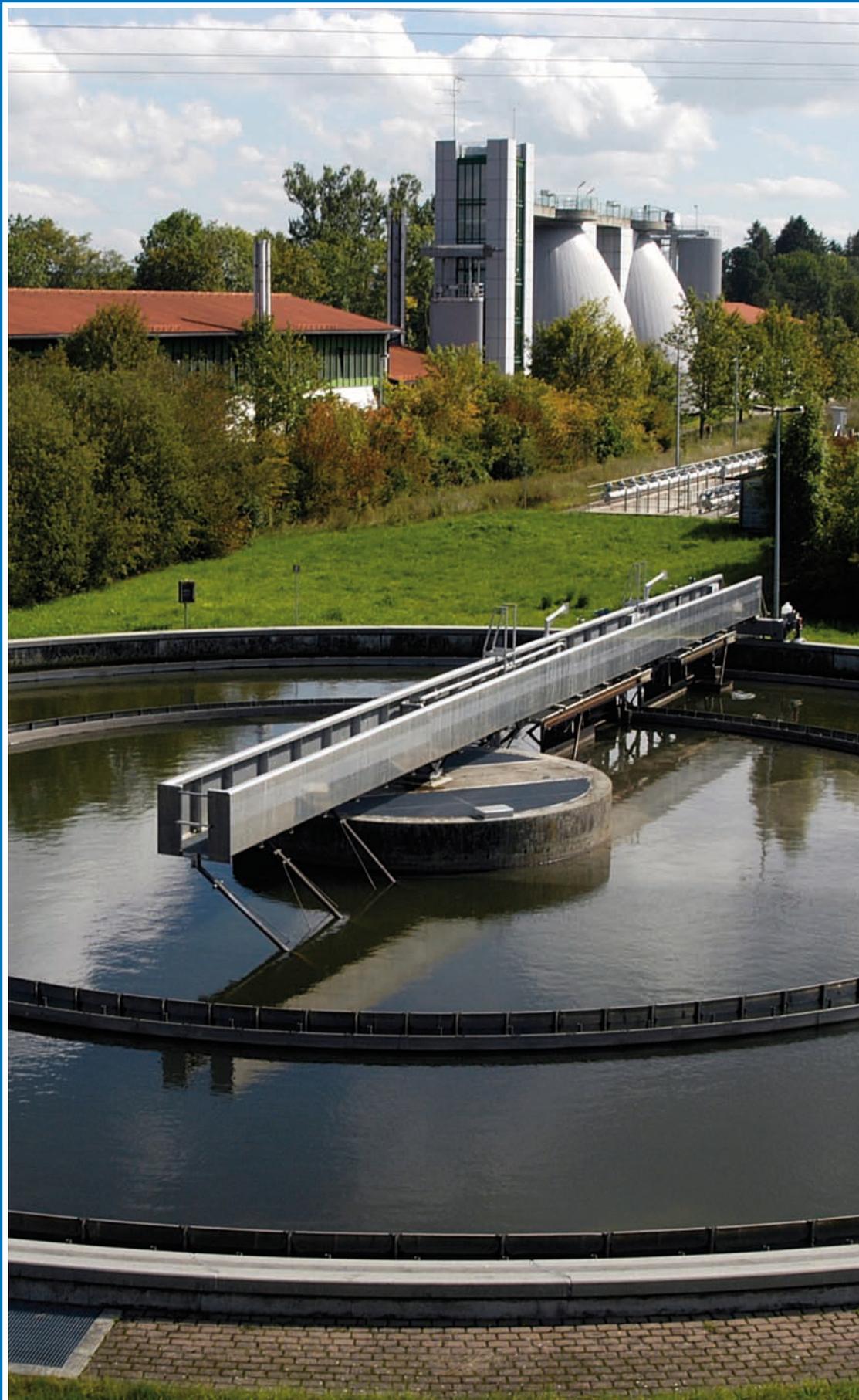
Datenspeicherung
von Durchflüssen

Sanierung von Schächten
und Pumpwerken

Optimierung einer
bestehenden Kläranlage

Betriebsversuch
mit externer C-Quelle

DWA:
Publikationen
Veranstaltungskalender



Ökoraum Klärwerk

Die Kläranlage Kaufbeuren wurde vor 18 Jahren auf einem 60 000 m² großen Areal unberührter Natur errichtet (Abbildung 1). Hierzu wurde der gesamte Mutterboden abgetragen. Während der Bauzeit von zweieinhalb Jahren bewegten 360 Menschen 80 000 m³ Erdaushub und verbauten 20 000 m³ Beton. Die Anlage reinigt das Abwasser der Kaufbeurer Bürger und des angesiedelten Gewerbes. Von der Stadt Kaufbeuren wurden 100 Millionen DM (rund 50 Millionen Euro) investiert, ohne Frage eine sinnvolle und notwendige Investition in den Umwelt- und Naturschutz. Die Kehrseite der Medaille war der Flächenverbrauch eines gewässernahen Naturraums. Eine Vielzahl von Tieren und Pflanzen verloren ihren Lebensraum.



Abb. 1: Die Kläranlage mit einer Ausbaugröße von 80 000 EW

Vor ca. zehn Jahren stellten die Mitarbeiter des Klärwerks Überlegungen an, wie man dem Artensterben in der Umwelt entgegenwirken und Akzente setzen könnte. Aus diesen Überlegungen heraus entwickelte sich über die Jahre ein Ökoraum, der Fauna und Flora Raum für eine natürliche Entwicklung bot. Diese Entwicklung wurde bewusst begleitet und wo nötig mitgestaltet. Bei allen Maßnahmen galt selbstverständlich vorrangig der Erhalt der Betriebssicherheit und Reinigungsleistung der Kläranlage.

Beim Bau der Anlage wurden tiefe Wunden in die Landschaft geschlagen, die zwar wieder geschlossen wurden, jedoch war intakter Lebensraum verloren gegangen. Wie damals üblich, legte man die unbebauten Flächen als Rasenflächen an, die drei- bis vierwöchentlich gemäht wurden. Die monotonen Grünflächen boten Tieren und Pflanzen keinen Entwicklungsraum. Das häufige Mähen und Abfahren des Mähguts zog noch zusätzliche Umweltbelastungen nach sich. Diese Flächen zu unterhalten, war arbeits- und kos-

tenintensiv und dabei ohne ökologischen Wert. Die Renaturierung wurde eingeleitet mit dem Umbrechen der monotonen Rasenflächen. Kräuter- und Blumenwiesen mit mehr als vierzig Arten, wie zum Beispiel Margeriten, Karthäusernelken, Glockenblumen sowie zwölf Kleesorten, wurden an deren Stelle angelegt. Die Wiesen entpuppten sich als Anziehungspunkt für Insekten und Schmetterlinge, die die Blüten und Pflanzen gerne als Nahrungsquelle annahmen (Abbildungen 2 und 3). Eine im Randbereich der Kläranlage liegende, 600 m² große Lagerfläche ist heute Standort der Brennessel. Sie bietet den Faltern nicht nur Nahrung, sondern dient auch als Platz zur Eiablage und als Lebensraum. Den Insekten folgten verschiedene Singvogelarten, Grün-



Abb. 2: Ein weiblicher Kaisermantel auf Nahrungssuche



Abb. 3: Der farbenfrohe Admiral

und Buntspechte, Meisenarten und Falken, die sich seither das ganze Jahr über im Anlagengelände aufhalten. Schle-

hen, Liguster, Hagebutten und Pfaffenhütchen bieten den Vögeln mit ihren Früchten und Samen bis weit in den Winter hinein Nahrung. Größere Sukzessionsflächen entwickelten sich ungestört zur idealen Heimat für Füchse, Hasen, Marder und Eichhörnchen. Sehr vorteilhaft wirken sich die strengen Unfallverhütungsvorschriften aus. Das Anlagen-gelände ist nicht frei zugänglich, was Störungen durch den Menschen einschränkt. Die Tiere finden so die notwendigen Ruhe-zonen.

Totholz und Steinhaufen wurden zum Lebensraum von Amphibien, wie Eidechsen und Schlangen. Zwei Teiche wurden zur Heimat von Fröschen und Kröten, die sich jedes Frühjahr zur Eiablage einfinden. An ihnen sind seit Jahren verschiedene Libellen zu beobachten. Ihr eleganter Flug, ihre Farben und Schnelligkeit beeindrucken den ganzen Sommer über. Um ihnen Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten, wurde auf einen Fischbesatz der Teiche verzichtet.

Die Insektenvielfalt zog nun eine größere Spinnenpopulation nach sich. Tausende von Radnetzspinnen, vorwiegend Kreuzspinnen, bauen ihre Netze und bekämpfen so auf natürlichem Weg Mücken und Fliegen (Abbildung 4). Nach einiger Zeit konnten auch Fledermäuse bei ihrer nächtlichen Jagd beobachtet werden. Wettergeschützt aufgehängte Fledermauskästen sollen Schlafplätze und Kinderstube bieten. Die nach und nach in das Gelände einziehenden Tiere und Pflanzen bestätigten die bisher durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen.

Naturschutz fordert aber auch Zugeständnisse und Umdenken. Das Wachsen- und Sterbenlassen veränderte sukzessive die Umgebung (Abbildung 5). Schon vermeintlich kleine



Abb. 4: Eine Kreuzspinne auf der Lauer

Maßnahmen zeigten positive Wirkung. So konnten sich Lebensräume bilden, die Schutz und Nahrung boten. Das damals gemeinhin als „ungepflegt“ assoziierte wilde Wachstum forderte das erwähnte Umdenken. So werden zum Beispiel sogenannte „Unkräuter“ ausschließlich mechanisch entfernt. Es werden keinerlei chemische Unkrautvertilgungsmittel eingesetzt. Für die Streuung im Winter wird Split und Sand verwendet; dies mit Rücksicht auf am Boden lebende Tiere, wie Käfer, Würmer und Schnecken. Das Ergebnis ist eine jährliche Zunahme der in Deutschland geschützten Weinbergschnecke.

Inhaltsverzeichnis

Ökoraum Klärwerk	1612
Endlich am Ziel – Unser Kampf mit den Fadenbakterien	1615
Hilfe für kleine Gemeinden – Datenspeicherung der Tagesdurchflussmenge und der Fremdwassermenge mittels Klein- steuerungsanlage	1621
Sanierung von Abwasserschächten und Pumpwerken (Teil 2)	1623
Erfolg durch viele Einzelschritte: Optimierung einer bestehenden Kläranlage	1630
Mikroorganismen müssen nicht verhungern! Erfolgreicher Betriebsversuch auf der Kläranlage Zittau	1634
DWA-Publikationen	1636
DWA-Veranstaltungskalender Juli bis September 2009	1637

Titelseite: Ökoraum Klärwerk – das muss kein Widerspruch sein (Foto: Kurt Niedermeier)

Impressum

KA-Betriebs-Info Informationen für das Betriebspersonal von Abwasseranlagen

Herausgeber

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V., in Zusammenarbeit mit dem
ÖWAV und dem VSA

Verlag

GFA – Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
Postfach 11 65, 53758 Hennef, Deutschland
Tel. (0 22 42) 8 72-1 90, Fax -1 51
E-Mail: bringewski@dwa.de, <http://www.dwa.de>

Redaktion

Dipl.-Ing. (FH) Manfred Fischer
Unterbrunner Straße 29, 82131 Gauting, Deutschland
Tel./Fax (0 89) 8 50 58 95
E-Mail: fischer.gauting@web.de

Dr. Frank Bringewski (v. i. S. d. P.), Hennef

Anzeigenleitung

Andrea Vogel
Tel. (0 22 42) 8 72-1 29, Fax -1 51
E-Mail: vogel@dwa.de

Satz

DTP-Büro Elfgen, St. Augustin
E-Mail: gabriele.elfgen@arcor.de

Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages

Auch in Euro und Cent schlugen sich die Maßnahmen positiv im betriebswirtschaftlichen Ergebnis nieder. Allein die vielen Stunden Rasenpflege werden heute durch ein einmaliges Mähen pro Jahr ersetzt. Selbstverständlich musste auch stellenweise eingegriffen werden, um die Belange der Abwasserreinigung und des Arbeitsschutzes zu berücksichtigen.



Abb. 5: *Farbenspiele der Natur*

Es ist offensichtlich, dass eine Vielzahl von Tieren und Pflanzen dauerhaft eine Heimat gefunden hat. Die Monotonie im Gelände ist Leben, Farben und wechselnden Eindrücken gewichen. Vielen Besuchern wird bei Führungen dieser stadtnahe Ökoraum bewusst. Der Ökoraum Kläranlage wird sich weiterentwickeln. Verschiedene Maßnahmen sind angedacht, um noch brachliegende Flächen in diesen Ökoraum zu integrieren. Die zunehmende Diskussion um Klima und Artenschwund bestärkt uns in unseren Bemühungen. Heute können wir sagen: „Es hat sich gelohnt!“. Die Artenvielfalt von Flora und Fauna im Anlagengelände hat stark zugenom-

men. Der ökologische Wert der Maßnahmen ist unverkennbar. Diese Entwicklungen gilt es zu fördern und zu schützen, aber auch im notwendigen Maß einzugreifen.

Kläranlagen und andere Einrichtungen mit geeigneten Flächen gibt es viele. Ein „Umnutzen“ solcher Flächen kann



Abb. 6: *Der Ökoraum Kläranlage in seiner Vielfalt*

die Entwicklung von ökologischen Nischen fördern, die Tieren und Pflanzen Schutz, Lebensraum und Nahrung bieten. Dabei ist der Aufwand für den Unterhalt sehr gering. Unter Umständen werden derartige Flächen auch als Ausgleichsflächen anerkannt. Vielleicht könnte das bewusste Umgestalten und Fördern solcher Flächen als Ökoraum seinen Beitrag gegen Artensterben und Klimawandel leisten. Ihr Wert ist jedenfalls offensichtlich (Abbildung 6).

Über dieses Renaturierungsprojekt wurde von der Video-Produktion picinmotion eine 40-minütige Dokumentation unter dem Titel „Ökoraum Klärwerk“ erstellt. Diese Dokumentation wurde auf dem internationalen Filmwettbewerb der naturale wegen seiner faszinierenden Natur- und Makroaufnahmen mit einem zweiten Platz ausgezeichnet. Näheres ist im Internet zu erfahren:

www.picinmotion.de

Autoren

*Kurt Niedermeier und Peter Peukert
Stadt Kaufbeuren
Entsorgung
Tel. ++49 (0)83 41/90 83 39 20
E-Mail: entsorgung@kaufbeuren.de*

Endlich am Ziel

Unser Kampf mit den Fadenbakterien

1 Situation

Das Klärwerk Gümmerwald (750 000 EW) liegt im Herzen Niedersachsens, nahe der Ausfahrt Wunstorf Luthé der Autobahn 2. Die Anlage behandelt das Abwasser der Landeshauptstadt Hannover und Teile der Region Hannover im Verbund mit der Hannoverschen Kläranlage Herrenhausen. Das Klärwerk verfügt über eine weitergehende Abwasserreinigung mit vorgeschalteter Denitrifikation und biologischer Phosphatelimination.

Durch die jahreszeitliche Veränderung in der Biozönose des belebten Schlammes im Klärwerk Gümmerwald kommt es jedes Jahr zu einer gehäuften Bildung von Fadenbakterien. Sie beeinträchtigen massiv den Prozessbetrieb der Abwasserreinigung. Im Einzelnen entstehen folgende Störungen:

- Gefahr der Bildung von Schwimmschlamm,
- Schäumen im Faulbehälter, verursacht von Gasbläschen, die aufgrund der veränderten Struktur des Faulschlammes nicht entweichen können,
- Störungen beim Abpressen des ausgefaulten Schlammes durch Kleben und Anhaften an den Filtertüchern der Kammerfilterpressen,

- Schwierigkeiten beim Pumpen des Schlammes durch vermehrte Gasbildung im Schlamm.

Interessanterweise haben die Beeinträchtigungen des regulären Abwasserreinigungsbetriebs seit Einführung der weitergehenden Abwasserreinigung verstärkt zugenommen. Mit Sorge beobachten wir das vermehrte Auftreten von fädigen Organismen und dokumentieren deshalb seit dem Jahr 2000 die Biozönose durch mikroskopische Untersuchungen.

Versuche, die Fadenbakterien in den Griff zu bekommen (Einsatz von Flockungshilfsmitteln, Änderung des Rückführverhältnisses und der Schlammbelastung, Einbau von Selektoren und andere), waren bisher gescheitert.

Erst im Jahr 2005 zeigte sich ein Hoffnungsschimmer, dass vielleicht der Einsatz von aluminiumhaltigen Fällmitteln helfen könnte. Allerdings hatten frühere Erfahrungen im Klärwerk Gümmerwald mit Aluminiumchlorid- und Aluminiumsulfat ergeben, dass hohe Dosiermengen teilweise toxisch auf die Mikroorganismen im belebten Schlamm wirken können (zum Beispiel Einschränkung der Beweglichkeit bestimmter Indikatororganismen). Deshalb wurde die anfangs empfohlene Menge Aluminiumsulfatlösung

[48,5 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$], die etwa 2 g Al/kg Trockensubstanz des belebten Schlammes entsprach, auf rund die Hälfte reduziert. Eine Verminderung der ISV-relevanten Fädigkeit und des Schlammindex wurde damit, zeitlich etwas verzögert, gleichfalls erreicht.

2 Thematik

Wir wollen über die Möglichkeiten einer weitergehenden Optimierung berichten. Die Erkenntnisse beruhen auf Untersuchungen durch wöchentliche Mikroskopie sowie der täglichen Erfassung der Trockensubstanz und des Schlammindex. Die mikroskopische Untersuchung des belebten Schlammes gliedert sich dabei in die drei Teilbereiche:

1. Morphologie der Schlammflocke,
2. Indikatororganismen,
3. Fadenbakterien.

Durch die ersten beiden Punkte lassen sich Aussagen zur allgemeinen Güte der Abwasserreinigung treffen (Sauerstoffgehalt, toxische Einflüsse, Schlammbelastung bzw. Schlammalter, Funktion von Stickstoff- und Phosphorelimination als qualitative Kenngrößen).

Dagegen zeigt Punkt 3 die qualitative Bestimmung und letztendlich die Einreihung in Fadenhäufigkeitsstufen sowie das Vorhandensein bestimmter Fadenbakterien an. Sie lässt aber auch durch die Quantifizierung eine Bewertung der Veränderungen durch Bekämpfungsmaßnahmen, wie die hier untersuchte Dosierung mit Aluminiumsulfat, zu.

Bisherige Erfahrungen mit den Fadenbakterien in beiden Klärwerken der Stadt Hannover zeigen:

- Das Gerüst für die Flocken wird durch Fadenbakterien der Typen 0041/0675 gebildet. Diese tragen nicht zur Bildung von Betriebsproblemen wie zum Beispiel Schwimmschlamm bei.
- Im Laufe des Jahres dominiert *Microthrix parvicella* im Winter, der Sommer wird durch das bevorzugte Auftreten des Typs 0092 bestimmt.
- Das Fadenbakterium *Nostocoida limicola* kommt so gut wie immer vor. Seine Rolle beim Auftreten von Betriebsproblemen ist bisher noch unklar.

- Treten daneben andere Fadenbakterien auf, so ist das häufig ein Indiz für besondere Betriebsbedingungen.
- Der Fadenbildner *Microthrix parvicella* verursacht weitestgehend die oben genannten Betriebsprobleme. Deshalb ist auch klar, dass aufgrund der besonderen Affinität dieses Fadenbakteriums zu niedrigen Temperaturen ein Auftreten hoher Fädigkeit vor allem im beginnenden Frühjahr zu beobachten ist.

3 Vorgehen

Im Folgenden werden die Betriebserfahrungen im beobachteten Zeitraum vom 8. März 2007 (10. Woche) bis 15. April 2007 (15. Woche) dargestellt. Hier wurde zur Bekämpfung der Fadenbakterien (speziell *Microthrix parvicella*) Aluminiumsulfat zugegeben.

3.1 Erste Versuchswoche – 10. Woche 2007

Aufgrund der Entwicklung der ISV-relevanten Fädigkeit (Gesamtfädigkeit) von 5,5 und des Schlammindex von 132 ml/g (Abbildungen 1 und 2) zu Beginn der ersten Versuchswoche (10. Woche), hat sich die Stadtentwässerung Hannover entschlossen, ab dem 8. März 2007 Aluminiumsulfat zur Verbesserung der Schlammeneigenschaften einzusetzen.

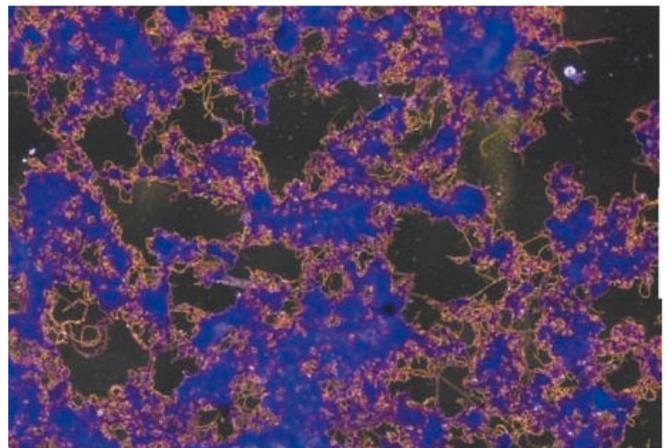


Abb. 1: Die Kristallviolett färbung zeigt den Ausgangszustand vor Einsatz des Aluminiumsulfats als Fällmittel. Gesamtfädigkeit (ISV-relevant) = 5,5

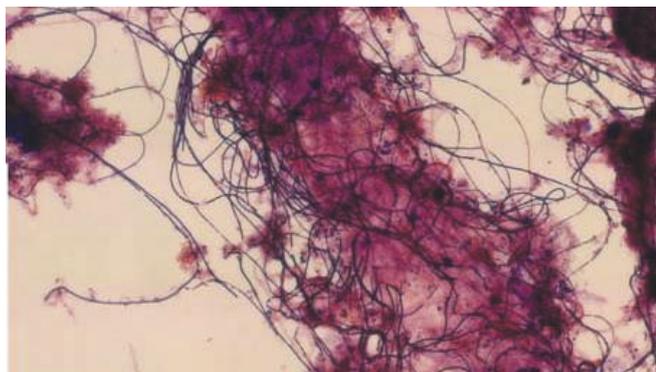


Abb. 2: Die zugehörige Einzelfädigkeit von *Microthrix* beträgt hier 6,0. Der Schlammindeks beträgt als Wochenmittel 132 ml/g.

Hierbei wurde ein bisher zur Phosphatfällung eingesetzter Eisen(III)-chlorid-Behälter gereinigt und mit Aluminiumsulfat gefüllt. An den bisherigen zwei Dosierstellen wurden pro Strang jeweils 100 l/h (also insgesamt 200 l/h) Aluminiumsulfatlösung in den Ablauf der Belebungsbecken dosiert.

Wie Abbildung 2 zeigt, sitzt *Microthrix parvicella* sehr nah an den Flocken gebunden, woraus aufgrund der niedrigeren Sperrigkeit der fadenartigen Struktur eine niedrigere absolute Gesamtfädigkeit resultiert.

3.2 Zweite Versuchswoche – 11. Woche 2007

Das mikroskopische Bild der zweiten Versuchswoche (11. Woche, vom 14. März 2007) zeigte keine Veränderung bezüglich ISV-Fädigkeit, auch die Einzelfädigkeit von *Microthrix parvicella* blieb unverändert. Deshalb wurde am 16. März 2007 die dosierte Menge in den Ablauf der Belebungsbecken auf 2×200 l/h (also 400 l/h insgesamt) verdoppelt. Der wöchentlich gemittelte Schlammindeks hatte sich mit 128 ml/g auch nicht wesentlich verändert.

3.3 Dritte Versuchswoche – 12. Woche 2007

In der dritten Versuchswoche (12. Woche, Probe vom 21. März 2007) änderte sich bei den Werten der Fadenhäufigkeit ebenfalls nichts. Der Schlammindeks als wöchentlicher Mittelwert ergab jetzt 121 ml/g. Bei genauerer mikroskopischer



Abb. 3: Die in der Gram-Färbung sonst blau gefärbten *Microthrix*-Fadenbakterien zeigten einige gramnegative Fehlstellen (siehe Pfeile)

Betrachtung des belebten Schlammes mit Gramfärbung zeigte sich dennoch ein Effekt: Der eigentlich grampositive, blau gefärbte *Microthrix-parvicella*-Faden zeigte einige gramnegative Fehlstellen (Abbildung 3, mit Pfeilen gekennzeichnete Stellen).

Die Schädigungen an den Zellwänden der Fadenbakterien, erkennbar am Fehlen der Eigenschaft, den blauen Farbstoff aus der Gramfärbung zu binden, sind eventuell auf die Wirkung des eingesetzten Aluminiumsulfats zurückzuführen.

Aufgrund der positiven Erfahrungen auf dem Klärwerk Herrenhausen und nach Diskussion mit dem Lieferanten für Aluminiumsulfat wurde am 22. März 2007 auf dem Klärwerk Gümmerwald eine Dosierung in den Rücklaufschlammkanal vorgenommen. Die spezifische Dosiermenge von 400 l/h wurde beibehalten. Dabei konnte keine signifikante Änderung der Phosphatrücklösung in den nachfolgenden Anaerobbecken festgestellt werden.

3.4 Vierte Versuchswoche – 13. Woche 2007

Dieses Vorgehen erbrachte nun den erhofften Erfolg. In der Probe vom 28. März 2007 konnten die Gesamtfädigkeit mit 4,5 und die Einzelfädigkeit von *Microthrix parvicella* mit 5,0 bestimmt werden. Der wöchentliche Mittelwert des Schlammindex lag in dieser 13. Woche nun deutlich gesenkt bei 105 ml/g.

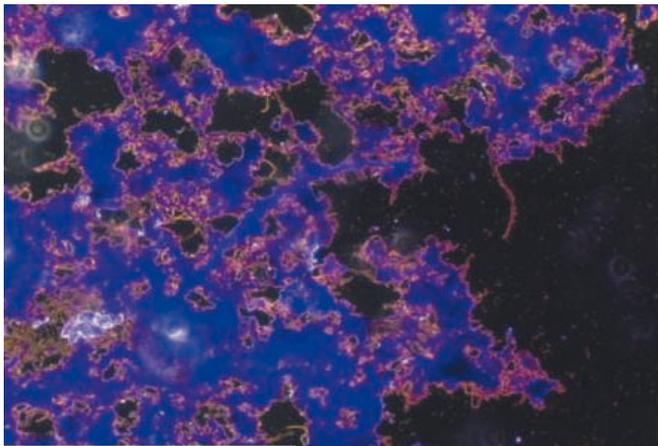


Abb. 4: Gesamtfädigkeit reduziert auf 3,5 (fünfte Versuchswoche)

3.5 Fünfte Versuchswoche – 14. Woche 2007

Aufgrund eines weiter abfallenden Schlammindexes wurde die Dosierung des Aluminiumsulfats am 30. März 2007 auf 200 l/h (Schlammindex bei 98 ml/g) und am 2. April 2007 (Schlammindex bei 91 ml/g) auf nur noch 100 l/h gesenkt. Die mikroskopische Untersuchung vom 5. April 2007 zeigte eine weitere Senkung der Fädigkeit (Abbildungen 4 und 5). Der gemittelte wöchentliche Schlammindex betrug in dieser Woche nur noch 90 ml/g.

3.6 Sechste Versuchswoche – 15. Woche 2007

Im Mittel wurden zu diesem Zeitpunkt nur noch 40 l/h dosiert, was sich auch gleich anhand des Schlammindexes zeigte. Er stieg wieder auf ein Wochenmittel von 95 ml/g. Die kontrollierende Messung der Fädigkeiten ergab dann auch schließlich am 11. April 2007 ein leichtes Ansteigen der Gesamtfädigkeit auf 4,5 und einen Wert von gleichfalls 4,5 bei der Einzelfädigkeit von *Microthrix parvicella*. Am 15. April 2007 wurde die Dosierung von Aluminiumsulfat eingestellt.

3.7 Weitere Entwicklung

Der Schlammindex und die Gesamtfädigkeit stiegen im weiteren Verlauf wieder leicht an, haben sich dann aber bei ISV ca. 120 ml/g und einer Gesamtfädigkeit von 5,0 stabil ein-

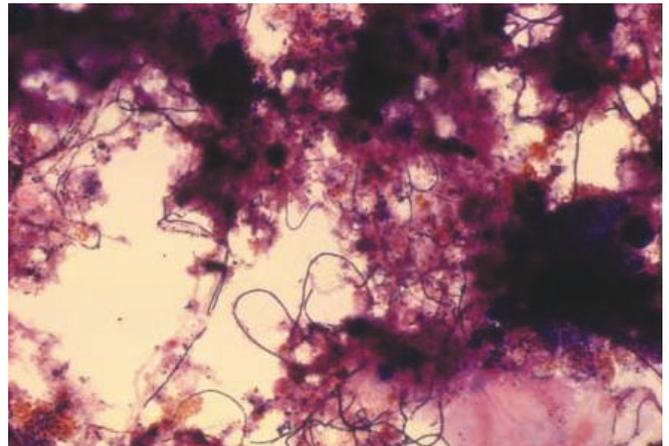


Abb. 5: Einzelfädigkeit von *Microthrix* reduziert auf 4,0 (fünfte Versuchswoche, Probenahme am 5. April 2007)

gependelt (Abbildung 6). Eine Beeinflussung des Indexes fand im weiteren Verlauf nicht mehr statt. Dies bestätigte auch die Erfahrungen aus dem Aluminiumsulfat-Einsatz im Vorjahr 2006. Wesentliche Störungen für den Betrieb des Klärwerks erfolgen nach den bisherigen Erkenntnissen erst ab einer ISV-relevanten Fädigkeit von 5,5.

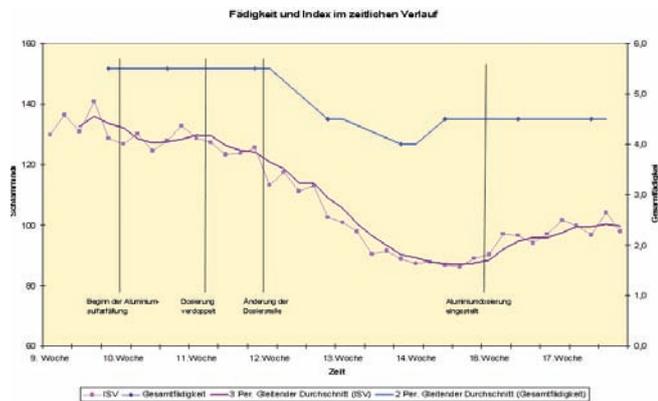


Abb. 6: Fädigkeit und Schlammvolumenindex im zeitlichen Verlauf

4 Ergebnisse

Nach Abschluss der Beobachtungen beim Einsatz von Aluminiumsulfat über den siebenwöchigen Versuchszeitraum können wir Folgendes feststellen:

- Durch die regelmäßigen ISV- und Fadenhäufigkeitsbestimmungen sind Veränderungen des Schlammbildes durch den Einsatz von Aluminiumsulfat gut zu erfassen.
- Probleme bei der Prozessführung im Klärwerk Gümmerwald beruhen nahezu ausschließlich auf einer Zunahme des Wachstums von *Microthrix*, die den Absetzvorgang in den Nachklärbecken durch Steigerung des Schlammindex negativ beeinflussen.
- Es gibt eine gute Übereinstimmung zwischen Schlammindex und Fadenhäufigkeit (Tabelle 1). Durch die quasi alleinige Verursachung der Betriebsprobleme durch *Microthrix parvicella* kann eine einfacher und schneller durchführbare Bestimmung der Gesamtfädigkeit erfolgen. Die Bestimmung der Einzelfädigkeiten von *Microthrix parvicella* und anderen Fadenorganismen muss nicht so häufig durchgeführt werden.
- Aluminiumsulfat scheint durch seine Wirkung auf die Oberfläche von grampositiven Fadenbakterien, wie *Microthrix parvicella*, eine Senkung der Fadenhäufigkeit und des Schlammindex hervorzurufen.
- Durch die Wahl einer guten Dosierstelle (wie sie in Hannover mit der Dosierung in den Rücklaufschlamm gefunden wurde) kann der Bedarf an aluminiumhaltigen Mitteln deutlich gesenkt werden. Im Fall des Klärwerks Gümmerwald ergab sich mindestens eine Halbierung der von vielen Experten empfohlenen Mengen (meist mehr als 2 g Al/kg TS) auf nur ca. 0,8 g Al/kg TS.

Woche	2007	Schlamm- volumenindex (Wochenmittel [ml/g])	Gesamtfädigkeit	Einzel- fädigkeit <i>Microthrix</i>	Temperatur [°C]
	März				
10.	7.	132	5,50	6,00	13,6
11.	14.	128	5,50	6,00	14,4
12.	21.	121	5,50	6,00	13,7
13.	28.	105	4,50	5,00	13,8
	April				
14.	4.	90	4,00	3,50	14,4
15.	11.	87	4,50	4,50	15,0
16.	18.	95	4,50		16,3
17.	25.	100	4,50		17,2

Tabelle 1: Mittelwerte des Schlammvolumenindexes sowie der Gesamt- und Einzelfädigkeit über den Versuchszeitraum

- Zur sicheren und dauerhaften Senkung des Schlammindexes ist in den kritischen Temperaturwechselphasen eine Mindestmenge an Aluminiumsulfat notwendig. Unterhalb dieser Mindestmenge scheint der Index bei den vorliegenden Prozessbedingungen wieder anzusteigen.
- Bei den vorgenannten Dosiermengen konnte kein maßgeblicher Einfluss auf die Phosphatrücklösung oder auf die Höhe der Konzentration des rückgelösten Phosphats festgestellt werden. Die Leistung der biologischen Phosphorelimination blieb während der gesamten Phase der Dosierung von Aluminiumsulfat unverändert gut. Im Nachgang konnten auch keine längerfristigen Veränderungen festgestellt werden.

Autoren

Dipl.-Ing. Carsten Baumgarten
Dipl.-Chem.-Ing. Christian Feldhoff
Stadtentwässerung Hannover
Sorststraße 16
D-30165 Hannover
Tel.: ++49 (0)511/ 168-473 60
E-Mail: Carsten.Baumgarten@Hannover-Stadt.de

Co-Autor

Manfred Kulzer
(staatl. gepr. Umweltschutz- und Biotechniker)
Feralco Deutschland GmbH,
Große Drakenburgerstraße 93–97
D-31582 Nienburg/Weser
E-Mail: manfred.kulzer@feralco.com

Hilfe für kleine Gemeinden

Datenspeicherung der Tagesdurchflussmenge und der Fremdwassermenge mittels Kleinsteuerungsanlage

In kleine Gemeinden ist der Klärwärter meist „Mädchen für alles“. Er ist ebenso für Winterdienst, Hausmeistertätigkeiten wie auch für Wasserrohrbrüche zuständig. Eine feste Dienstzeit auf der Kläranlage ist dadurch nahezu unmöglich. Demzufolge ist es auch nicht möglich, immer zu gleichen Uhrzeiten die Zählwerke abzulesen, um Tagesbilanzen vornehmen zu können. So können zwischen dem Ablesen des Durchflusszählwerkes einmal nur 20 Stunden, aber dafür am nächsten Tag 28 oder 30 Stunden liegen. Außerdem bleibt die Kläranlage Samstag und Sonntag meist unbesetzt. Auch besteht am Wochenende laut EÜV (Eigenüberwachungsverordnung in Bayern) keine Verpflichtung, das Zählwerk abzulesen. Da zudem häufig die Durchflussmenge noch mittels konventioneller Zähler abgelesen wird, besteht für diese Gemeinden keine Möglichkeit, den Abwasserdurchfluss korrekt über 24 Stunden zu ermitteln.

Oder doch?

Eine einfache und kostengünstige Möglichkeit bietet der Einbau einer Kleinsteuerungsanlage mit Display (zum Beispiel Siemens Logo oder Moeller Easy). Je nach Spannungs-

versorgung im Schaltschrank sind diese Kleinsteuerungsanlagen in verschiedenen Ausführungen, zum Beispiel 115/230 V (Wechselstrom), 12/24 V (Gleichstrom), 24 V (Gleichstrom) oder 24 V (Wechselstrom) erhältlich. Auf einen der digitalen Eingänge wird parallel der Impuls des Zählwerks gelegt. Mit einer Breite von 7 cm sollte noch immer ein geeigneter Platz im Schaltschrank zu finden sein. Um Proble-

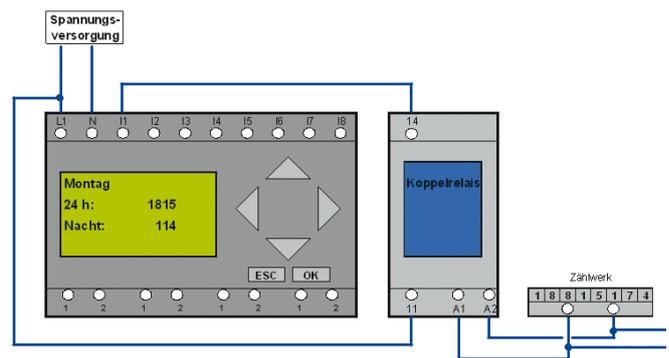


Abb. 1: Schaltung der Kleinsteuerungsanlage

men mit Fremdspannung entgegenzuwirken, sollte man ein Koppelrelais dazwischenschalten (Abbildung 1). Der komplette Elektroanschluss darf nur durch eine autorisierte Elektrofachkraft ausgeführt werden.

Die Programmierung der Kleinsteuerungsanlage ist relativ einfach. Legen Sie für jeden Wochentag jeweils drei Schaltuhren an:

- Die erste Schaltuhr des jeweiligen Wochentages setzt den Zählerstand vor Beginn der Tagesspeicherung auf Null.
- Die zweite Schaltuhr bestimmt Startzeit (Beginn der Impulszählung für den festgelegten Wochentag) und Ende der Zählung.
- Die dritte Schaltuhr bestimmt Startzeit und Ende der Zählung des Nachtdurchflusses (zum Beispiel von 3 bis 5 Uhr) zur Fremdwasserbestimmung.

Beispiel für den Montag

Schaltuhr 1

Beginn: Montag, 00.00 Uhr
Ende: Montag, 00.01 Uhr
(Zähler auf Null zurücksetzen)

Schaltuhr 2

Beginn: Montag, 07.00 Uhr
Ende: Dienstag, 07.00 Uhr
(24-Stunden-Messung)

Schaltuhr 3

Beginn: Dienstag, 03.00 Uhr
Ende: Dienstag, 05.00 Uhr
(2-Stunden-Nachtmessung)

In gleicher Weise werden die restlichen Wochentage programmiert. Zur Darstellung werden für jeden Wochentag Meldetexte zur Anzeige auf dem Display angelegt. Der Klärwärter kann sich bequem mit den Tasten nach oben und unten durch die Wochentage blättern und sowohl die 24-Stunden-Mengen als auch die Nachtmengen der letzten sechs Tage ablesen und entsprechend in sein Betriebstagebuch eintragen.

Anzeige für Montag:

24 h: 1815 = 1815 m³ Tagesdurchfluss von 7 bis 7 Uhr

Nacht: 114 = 114 m³ Nachtdurchfluss von 3 bis 5 Uhr

Die Zeiteinstellung für Beginn und Ende der Messung der Tagesmenge sowie des Nachtdurchflusses kann ganz einfach über die Pfeiltasten eingestellt werden. Für eine korrekte Ermittlung der Zulauffracht sollte die Tagesmenge parallel zur Probennahme für die 24-Stunden-Probe eingestellt werden.

Die Kosten liegen bei etwa 115 Euro für eine Kleinsteuerungsanlage und bei etwa 10 Euro für ein Koppelrelais – eine kostengünstige Maßnahme mit entsprechend großem Nutzen. Kollegen und Kolleginnen, die keine Vorkenntnisse in der Einrichtung einer Kleinsteuerungsanlage haben, biete ich an, die Software (sofern sie nicht kommerziell eingesetzt wird) gegen einen geringen Betrag für die mir entstandenen Ausgaben zuzusenden.

Autor

*Walter Mend, Abwassermeister
Stadt Uffenheim, Deutschland
Tel. ++ 49 (0)98 42 / 95 35 191
E-Mail: walter.mend@t-online.de*

Sanierung von Abwasserschächten und Pumpwerken (Teil 2)*)

4 Reparaturverfahren

4.1 Reparatur der Schachtabdeckungen

Ein großer Anteil der Schachtreparaturen fällt auf die Schachtabdeckungen. Besonders an den Auflagerflächen kommt es zu Rissbildungen und Verschleiß. Aber auch Lageabweichung und Setzungsunterschiede zwischen Fahrbahn und Schachtabdeckung sind häufige Schäden. Ursache dafür ist meistens das Versagen der Mörtelfuge zwischen dem Rahmen der Schachtabdeckung und dem Schachthals oder seiner Auflagerringe durch dynamische Verkehrsbelastung.



Abb. 6: Schachtrahmenheber (Vienna, Hargesheim)

Eine Höhenregulierung der Schachtabdeckung kann ohne Ausbau erfolgen. Bei der Sanierung hilft ein Spezial-Hebegerät, die Schachtrahmen, ohne zu stemmen, aus der Fahrbahndecke herauszuheben (Abbildung 6). Dann werden lose und zerstörte Unterbauteile entfernt und die Flächen mit Pressluft gereinigt. Schließlich werden die Spalten zwischen Abdeckung und Ausgleichring mit schrumpffreiem, tausalz- und säurebeständigem Schnellvergussmörtel gefüllt. Der Zwischenraum hinter der Schlauchschalung muss sorgfältig vergossen werden, um den schnell härtenden Vergussmörtel in die Sanierungsfuge zwischen Unterkante des gehobenen Schachtrahmens und Schachthals luftblasenfrei einzubringen (Abbildung 7).

Die Gesamthöhe zwischen Schachthals und Rahmen darf nicht mehr als 240 mm sein. Beim Ausbau von Schachtabdeckungen mit geschädigter Straßendeckschicht werden Fräsgeräte eingesetzt, die bis zu 140 cm Durchmesser und bis zu 40 mm Tiefe fräsen können.

Für die Regulierung der Schachtdeckel ist eine Vielzahl von Geräten notwendig. Zur Ausstattung gehören ein hydraulischer

* Teil 1 ist in *KA-Betriebs-Info*, Folge 1/2009, erschienen.



Abb. 7: Regulierung des Schachtrahmens (Hermes Technologie, Schwerte)

sches Schachtrahmenhebergerät, ein Kompressor mit Abbaupressur, ein Kompressor mit Abbaupressur, ein Kompressor mit Abbaupressur. Eventuell sind auch eine Asphaltfräse und eine regulierbare Rahmenhalterung zur Fixierung der Schachtabdeckung erforderlich. Schließlich sind eine Schalungseinheit zum Vergießen des entstehenden Hohlraums notwendig und Hilfsmittel für die Ausführung. Die Regulierung erfolgt mit kunststoffmodifiziertem Zementmörtel und gewährleistet eine vollflächige Auflagerung und Stabilisierung des Schachtrahmens. Die Herstellung muss entsprechend



Abb. 8: Verfüllung mit Flüssigasphalt (Hermes Technologie, Schwerte)

den statischen Belastungen widerstandsfähig sein gegen chemische Angriffe, besonders gegen Tausalzeinwirkung, frostbeständig und dem Oberflächenniveau folgen.

Die Oberflächenbefestigung um den Schacht ist gegebenenfalls im Zuge der Maßnahme fachgerecht anzupassen und wiederherzustellen (Abbildung 8). Sämtliche vorgesehene Materialien sind verbindlich zu benennen (zum Beispiel kunststoffmodifizierter Zementmörtel, kaltaushärtendes Asphaltmischgut, bituminöser Haftkleber, Fugenvergussmasse, Fugenband, verschiebesichere Ausgleichsringe). Neben den materialtechnischen Eigenschaften müssen auch die umweltrelevanten Auswirkungen berücksichtigt werden.

Die Materialeignung wird an folgenden Kriterien gemessen:

- mechanische und chemische Beständigkeit (Haftzug, Druckfestigkeit),
- Frost- und Tausalzbeständigkeit,
- Formbeständigkeit (Schwundverhalten).

Der kunststoffmodifizierte Zementmörtel muss (auch auf feuchten Untergründen) schwund- und rissefrei aushärten. Die chemische Beständigkeit gegen die Einwirkung von Tausalz muss gesichert sein. Umweltbeeinträchtigende Stoffe, die während der Verarbeitung und im späteren Betrieb auftreten können, sind anzugeben, ebenso die Entsorgungsmöglichkeiten nach der Aushärtung.

Sind für die Wiederherstellung des Schachtaufbaus oberhalb des Schachthalses verschiebesichere Ausgleichsringe erforderlich, sind diese nach DIN V 4034-1, Vornorm, 2004-08: „Schächte aus Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonfertigteilen für Abwasserleitungen und -kanäle – Typ 1 und Typ 2 – Teil 1: Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität“ zu verwenden.

Bei der Sanierung wird die Schachtabdeckung abgehoben, bevor die schadhaften Aufbauten (Ausgleichsringe, Mörtel, Kanalklinker) entfernt werden. Gegebenenfalls müssen diese bis zur Oberkante des Konus entfernt werden. Anschließend ist der Aufbau durch Vergießen des entstandenen Ringspalts wieder herzustellen. Bei größeren Höhendifferenzen wer-



Abb. 9: Schachtabdeckplatte (Hermes Technologie, Schwerte)

den neue verschiebesichere Ausgleichringe eingebaut, der Ringspalt vergossen und die Bauteilfugen mit kunststoffmodifiziertem Zementmörtel geschlossen.

Eine ziehbare Schachtabdeckung wird mittels hydraulischem Schachtrahmenhebergerät angehoben bzw. entfernt. Können Abdeckungen nicht gezogen werden (zum Beispiel Vollgussabdeckungen mit angeformtem Fuß usw.), sind sie durch vorsichtige Stemmarbeiten auszubauen, um die Beschädigung der umgebenden Oberfläche möglichst gering zu halten. Grundsätzlich sind in den Schacht Vorrichtungen ein-

zubauen, die eine Verschmutzung des Kanals verhindern (Abbildung 9).

Bei einer geringen Ringspaltbreite sind eine Hilfsschalung einzubauen und der vorhandene Ringspalt hohlraumfrei zu vergießen. Größere Höhendifferenzen zwischen dem tragenden Schachtbau teil und der Unterkante Schachtabdeckung sind, wenn möglich, durch verschiebesichere Ausgleichsringe vor dem abschließenden Verguss des verbleibenden Ringspalts auszugleichen.

Die Verkehrsfreigabe erfolgt entsprechend den Herstellerangaben des Zementmörtels oder nach Erreichen einer Druckfestigkeit von mindestens 12 MPa. Es empfiehlt sich, die Schachtabdeckung und die durchgeführten Sanierungsarbeiten vor und nach der Sanierung mit einer Kamera zu dokumentieren.

4.2 Ausbessern von Fehlstellen

Beim Ausbessern von fehlerhaften Stellen, wie Fehlstellen im Beton, korrodierte Klinkerfugen sowie Reparatur des Gerinnes oder des Auftritts, kommen moderne modifizierte Mörtel zum Einsatz. Sie müssen abwasserresistent sein, hohe Endfestigkeiten aufweisen, ein gutes Haftvermögen besitzen und möglichst ohne Volumenveränderung schnell erstarren. Die Sanierung geschieht durch die Abfolge von Stemm- und/oder Fräs- und Spachtelarbeiten. Eine temporäre Abdichtung gegen eindringendes Grundwasser kann vorab erforderlich sein.

Sämtliche vorgesehene Materialien und Systemkomponenten sind verbindlich zu benennen. Neben den materialtechnischen Eigenschaften werden auch die umweltrelevanten und die verarbeitungstechnischen Auswirkungen berücksichtigt. Die Materialeignung wird an folgenden Kriterien gemessen und gilt als nachgewiesen, wenn zum Beispiel ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis vorgelegt wird:

- materialtechnische Eigenschaften: mechanische Kennwerte (zum Beispiel Haftzugfestigkeit, mechanische Festigkeiten), chemische Beständigkeit und Formbeständigkeit (Schwundverhalten), Abrasionsverhalten bei Schmutzfracht und Hochdruckreinigung,
- umweltrelevante Kriterien: Angabe umweltbeeinträchtigender Stoffe während der Verarbeitung und im späteren Betrieb, Entsorgungsmöglichkeiten nach dessen Aushärtung.

Der kunststoffmodifizierte Mörtel muss auf geeignetem Betonuntergrund mindestens eine Haftzugfestigkeit von 1,5 MPa erreichen (Herstellerangabe). In sanierten Schächten müssen folgende Haftzugfestigkeiten erreicht werden:

- Betonuntergrund 1,0 MPa,
- Mauerwerk 0,5 MPa.

Trennrisse (durch die Gesamtdicke der Beschichtung) sind auszuschließen. Die chemische Beständigkeit ist gegen übliche Abwässer (pH 6,5 bis 10) und übliche Temperaturschwankungen sicherzustellen. Schadstellen mit aktueller

Grundwasserinfiltration sind vor der weiteren Bearbeitung abzudichten.

Der Betonuntergrund:

- muss frei sein von losen und mürben Teilen, Zementhaut,
- darf nicht absanden oder abmehlen,
- muss frei sein von parallel zur Oberfläche verlaufenden oder schalenförmigen Rissen oder Ablösungen im oberflächennahen Bereich,
- sollte eine dem zu verwendenden Beschichtungstoff angepasste Rauigkeit aufweisen,
- muss frei sein von Verunreinigungen wie Fetten, Trennmitteln, ungeeigneten Altbeschichtungen, Ausblühungen, Öl und Bewuchs,
- muss frei sein von Kiesnestern.

Inkrustierungen an den Sanierungsstellen sind im Umkreis von mindestens 15 cm um die Sanierungsbereichsgrenzen herum vollständig zu beseitigen. Die vorbereitenden Arbeiten sind unmittelbar vor der Sanierung durchzuführen, denn zwischen Vorbereitung und Sanierung dürfen die zu sanierenden Stellen nicht mehr von Abwasser überströmt werden.

Sämtliche zu sanierende Schadstellen sind bis auf den ordnungsgemäßen Haftgrund (gesundes Bauteilmaterial) aufzuarbeiten und mittels punktueller Höchstdruckreinigung in einen haftfähigen Zustand zu versetzen. Die entstandene Fräsnut oder Bauteilwand-Fehlfläche ist dann mit einem kunststoffmodifizierten Zementmörtel-System nach den Herstellervorschriften und bündig mit der schadensfreien Schachtwand zu verspachteln. Überschüssiges Material ist grundsätzlich zu entfernen. Fehlstellen und Ausbrüche sind vollständig zu verfüllen (Abbildung 10).

Die Sanierungsstellen sind zu verschiedenen Zeitpunkten, das heißt im Urzustand, unmittelbar vor der Sanierung und nach Fertigstellung der Sanierung dokumentarisch mit einer Kamera festzuhalten. Die Abnahme der Sanierungs-



Abb. 10: Abdichten eines Mauerwerks mit Stopfmörtel (IKT, Gelsenkirchen)

leistungen erfolgt frühestens 14 Tage nach schacht- oder haltungsbezogener Fertigstellung. Sofern in diesem Zeitraum zusätzliche Undichtigkeiten auftreten, die einer weiteren Sanierung bedürfen, sind diese einmalig auszuführen.

4.3 Reparatur durch Injektion und/oder Verpressen

Um undichte Stellen zu stopfen oder Hohlräume zu verfüllen, werden heute Spezialpacker verwendet, die Harze oder modifizierte Zementleime injizieren oder verpressen (Abbildung 11). Die Sanierung erfolgt durch die Abfolge von Bohr- und Injektionsarbeiten sowie abschließende Bohrlochverschlussarbeiten. Die Injektionsanlage muss gerätetechnisch folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- stationäre Vorlagebehälter für Materialeinzelkomponenten (Verarbeitungstemperaturen sind entsprechend Herstellerangaben sicherzustellen),
- Injektionspumpe,
- Injektionslanze gegebenenfalls mit Zwangsmischer (systemkonform),
- Bohrpacker nach Systemherstellervorgabe (Durchflussöffnung, Druckbelastung, Rückschlagsicherung usw.).

Sämtliche zur Verwendung vorgesehenen Materialien und Systemkomponenten sind verbindlich zu benennen. Neben den materialtechnischen Eigenschaften sollen auch die umweltrelevanten und die verarbeitungstechnischen Auswirkungen berücksichtigt werden:

- materialtechnische Eigenschaften: mechanische Kennwerte, chemische Beständigkeit und Formbeständigkeit (Schwundverhalten),
- umweltrelevante Kriterien: Angabe umweltbeeinträchtigender Stoffe während der Verarbeitung und im späteren Betrieb, Entsorgungsmöglichkeiten nach dessen Aushärtung,
- verarbeitungstechnische Kriterien: systemkonforme Materialien und Gerätschaften.



Abb. 11: Injizieren mit Polyurethanharz (IKT, Gelsenkirchen)

Anforderungen	Materialien für das Injizieren von Rissen und Hohlräumen		
	Epoxidharz	Polyurethanharz	Zementleim/-suspension
	EP	PU/PUR	ZL/ZS
Grundlage: Technisches Regelwerk	ZTV RISS 93 ¹⁾	ZTV RISS 93 ¹⁾	ZTV RISS 93 ¹⁾
Untergrund: ● Beschaffenheit ● Feuchtegehalt	staub- und ölfrei trocken bis feucht	trocken bis wasserführend	trocken bis feucht
Einbaubedingungen: ● Temperatur ● Rissbreite ● relative Luftfeuchte	mind. 6 °C > 0,10 mm vom Hersteller anzugeben	mind. 3 °C > 0,3 mm vom Hersteller anzugeben	mind. 5 °C > 1,5 mm
Anforderungen gemäß:	TL FG-EP ²⁾ TP FG-EP ⁵⁾	TL FG-PUR ³⁾ TP FG-PUR ⁶⁾	TL FG-ZL/ZS ⁴⁾ TP FG-ZL/ZS ⁷⁾
Baustoffeigenschaften: ● Verarbeitungseigenschaften ● Mechanische Kenndaten ● Schwind- und Schrumpfverhalten	kraftschlüssige Injektion und Tränkung vom Hersteller anzugeben	nicht kraftschlüssige Injektion vom Hersteller anzugeben	kraftschlüssige Injektion

1) in Anlehnung an ZTV RISS 93, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonteilen

2) Technische Lieferbedingungen für Füllgut aus Epoxidharz und zugehöriges Injektionsverfahren

3) Technische Lieferbedingungen für das Füllgut aus Polyurethan und zugehöriges Injektionsverfahren

4) Technische Lieferbedingungen für das Füllgut aus Zementleim/Zementsuspension und zugehöriges Injektionsverfahren

5) Technische Prüfvorschriften für Füllgut aus Epoxidharz und zugehöriges Injektionsverfahren

6) Technische Prüfvorschriften für Füllgut aus Polyurethan und zugehöriges Injektionsverfahren

7) Technische Prüfvorschriften für Füllgut aus Zementleim/Zementsuspension und zugehöriges Injektionsverfahren

Tabelle 1: Anforderungen an Injektionsmaterialien

Bei mehrkomponentigen Polyurethanharzen (PUR-I) muss die Volumenvergrößerung durch Schaumbildung hinsichtlich der Wasserdichtheit begrenzt werden. Nach der Reaktion muss eine geschlossoporige Schaumstruktur vorliegen. Das Harz muss schwundfrei aushärten und unter Wasser applizierbar sein. Die chemische Beständigkeit ist gegen übliche Abwässer (pH 6,5 bis 10) und übliche Temperaturschwankungen sicherzustellen.

Inkrustierungen an den Sanierungsstellen sind im Umkreis von mindestens 15 cm um die Sanierungsbereichsgrenzen herum vollständig zu beseitigen. Die Hohlbohrpacker sind so anzuordnen, dass eine Abdichtung mit möglichst geringer Anzahl erreicht werden kann. Sofern die Bausubstanz zum Beispiel infolge Porosität eine vollständige Abdichtung nicht erwarten lässt, ist das Vorgehen mit dem Auftraggeber vorab abzustimmen. Die Druckbeaufschlagung des Packers ist auf die jeweilige Bausubstanz abzustimmen.

Die Injektionsgaben sind dosiert und gegebenenfalls mehrfach vorzunehmen (Abbildung 12), die Reaktionszeiten auf die jeweiligen Schadensbilder abzustimmen. Ziel ist es, bei vollständiger Abdichtung möglichst wenig Harzmaterial zu verbrauchen. Überschüssiges und im Sanierungsbereich anhaftendes Harzmaterial ist zum Abschluss der Arbeiten grundsätzlich zu entfernen. Überstehende Verdämmungen und Packer sind zu entfernen, und verbleibende Bohrlöcher sind fachgerecht zu verschließen. Harz- und sonstige Arbeitsabfälle dürfen nicht in den Kanälen verbleiben.



Abb. 12: Setzen von Injektionsdüsen (IKT, Gelsenkirchen)

Bei der Hohlraumverfüllung ist es wichtig, dass die Injektion von innen nach außen durchgeführt wird. Als Materialien sind fließfähige Zementmörtel zu verwenden. Der Materialverbrauch sollte gesondert gemessen und vergütet werden. Abschließende Oberflächenarbeiten (zum Beispiel PCC-Verspachtelung; PCC: Polymer Cement Concrete) dürfen frühestens 24 Stunden nach erfolgter Injektion durchgeführt werden.

Die Sanierungsstellen sind zu mehreren Zeitpunkten, das heißt im Urzustand, unmittelbar vor der Injektion und nach Fertigstellung der Sanierung mit einer Kamera dokumentarisch festzuhalten. Die Abnahme der Sanierungsleistungen erfolgt frühestens 14 Tage nach schacht- bzw. haltungsbezogener Fertigstellung. Sofern in diesem Zeitraum zusätzliche Undichtigkeiten auftreten, die einer weiteren Sanierung bedürfen, sind diese einmalig in einem weiteren Arbeitseinsatz auszuführen.

In Tabelle 1 sind die Anforderungen an Injektionsmaterialien zusammengestellt, die vom Rohrleitungssanierungsverband (RSV) erarbeitet wurden.

Autor

*Prof. Dr.-Ing. Volker Wagner
Gutachter und Sachverständiger in der
Siedlungswasserwirtschaft
Heylstraße 28
D-10825 Berlin
Tel. ++ 49 (0)30/2652799
E-Mail: prof.volker.wagner@online.de*

Bildmaterial:

Vienna – Schachtregulierung GmbH & Co. KG (Hargesheim)
IKT – Institut für unterirdische Infrastruktur gGmbH (Gelsenkirchen)
Hermes Technologie GmbH & Co. KG (Schwerte)

Teil 3 und Teil 4 mit den Möglichkeiten zur Renovierung und den Methoden zur Beschichtung und Auskleidung erscheinen in den nächsten Folgen.

Erfolg durch viele Einzelschritte: Optimierung einer bestehenden Kläranlage

Der Abwasserverband Obere Dietzhölze befindet sich im hessischen Landkreis Lahn-Dill. Er betreibt die Kläranlage Eibelshausen mit einer Ausbaugröße von 19 000 EW. Dabei handelt es sich um eine Belebungsanlage mit feinblasiger Belüftung und anaerober Schlammbehandlung in einem Faulbehälter.

Im Laufe der Jahre wurden wir mit der Reinigungsleistung unzufrieden. Angeregt durch neue Erkenntnisse in der Verfahrenstechnik und in der Messtechnik, machten wir uns Gedanken, wie wir unsere Anlage verbessern könnten. Das Hauptaugenmerk richteten wir auf eine Prozessoptimierung einschließlich einer Modernisierung der Messtechnik mit Überarbeitung der Regelparameter (Sauerstoffeintragszeit, Denitrifikation und Nitrifikation). Zudem sollte durch weitere Eingriffe die Substratzufuhr erhöht werden, um dadurch möglicherweise den Betrieb zu stabilisieren.

Zuerst wurde im Jahre 2005 die Phosphatfällung durch Umstellung und Veränderung der Pumpensteuerung verbessert. Daraufhin konnte der einzuhaltende Phosphatwert von 1,5 mg/l auf 1,2 mg/l reduziert werden. Diese Reduzierung erspart dem Verband ca. 4000 € Abwasserabgabe pro Jahr.

Im Jahr 2006 begannen wir, Verbesserungen in den biologischen Anlagenteilen in Angriff zu nehmen. Die Betriebsleitung war der Ansicht, dass Sauerstoffeintrag, Denitrifikation, Nitrifikation und Substratzufuhr optimiert werden könnten. Der Vorstand genehmigte dafür neue Messtechniken für Sauerstoff, Ammonium und auch für Nitrat (die alte Technik wurde komplett außer Betrieb genommen). Der Einbau brachte den erhofften Erfolg (Abbildung 1). Durch die Veränderung der Einbaupunkte der Messeinrichtung und Umprogrammierung der Regelparameter konnte tatsächlich eine Verbesserung des Werts Stickstoff gesamt (N_{ges}) von 9 mg/l auf 7,2 mg/l = 20 % erreicht werden.

Um die Stickstoffelimination weiter optimieren zu können, fehlte uns das Nährstoffangebot in der Belebung. Eine Verbesserung versprachen wir uns durch eine zeitweise „Belüftung“ der Absetzbecken, um so vielleicht die Substratzufuhr zur Biologie erhöhen zu können. Wir verlegten dazu vom Hauptkompressor der Kammerfilterpresse einen Schlauch zur Vorklärung. Mittels Zeitschaltuhr und einem Magnetventil installierten wir eine einfache Zeitsteuerung. Die Uhr wurde so programmiert, dass ab 19 Uhr die Vorklärung in jeder Stunde für vier Minuten „belüftet“ wird.



Abb. 1: Online-Messtechnik am Belebungsbecken 2

Und tatsächlich gelang es uns mit diesem kleinen Trick, die fehlenden Nährstoffe der Biologie zuzuführen und damit die Denitrifikation zu steigern. Das Ergebnis war eine nochmalige Verminderung des N_{ges} um 20 % auf nunmehr 5,8 mg/l. Die reduzierten Werte konnten stabil gehalten werden. Deshalb können wir nun den einzuhaltenden N_{ges} -Grenzwert von 10 mg/l mit 8 mg/l erklären. Die Einsparung bei der Abwasserabgabe (abhängig von der Jahresschmutzwassermenge – JSM) liegt bei ca. 3100 €/Jahr.

Wir bastelten aber weiter an einer wirkungsvolleren Erhöhung der Nährstoffzufuhr zur Belebung. Der Gedanke war, mehr Substrat durch Umgehung der Vorklärung einzubringen. Zu diesem Zweck verlegten wir im August 2007 eine PVC-Leitung DN-400 (Abbildung 2). Durch einen zwischengeschalteten Schieber kann der Abwasserzufluss zum Belebungsbecken beliebig geregelt werden. Die ersten Messungen zeigten schon den Erfolg, denn der Wert N_{ges} konnte in Verbindung mit einigen Änderungen im Prozessleitsystem



Abb. 2: Vorklärbecken mit der Umgehungsleitung

(Abbildung 3) nochmals um ca. 20 % reduziert werden. Zurzeit werden im Ablauf der Anlage folgende Werte erreicht (in Klammern die Werte vor der Umrüstung):

N_{ges} :	2,5–3,5 mg/l	(8–9 mg/l)
NO_3 -N:	1–2 mg/l	(3–4 mg/l)
NH_4 -N:	0,1–1 mg/l	(3–5 mg/l)

Es bleibt allerdings abzuwarten, ob sich nach den Herbst- und Wintermonaten die Werte als stabil erweisen. Davon abhängig scheint eine weitere Herabsetzung des N_{ges} -Wertes auf 6,4 mg/l (nach AbWAG mindestens 20 % niedriger) möglich zu sein.

Die Kosten für die neue Messtechnik in Höhe von 52 000 € werden im Festsetzungsbescheid mit der Abwasserabgabe verrechnet. Dies soll auch für die Kosten der Umgehungsleitung bei der zuständigen Behörde beantragt werden.



Abb. 3: Schaltzentrale mit der Prozessleittechnik

Berechnung der Abwasserabgabe nach der Schmutzfracht:

JSM im Jahr 2006 = 2 250 000 m³

P_{ges}:

Bis ins Jahr 2005: 1,5 mg/l entsprach hier ca. 20 134 €. Nach der Herabsetzung auf 1,2 mg/l musste der Abwasserverband für das Jahr 2006 16 110 € Abwasserabgabe bezahlen. Einsparung hier: 4028 € pro Jahr.

N_{ges}:

Bis ins Jahr 2006: 10 mg/l entsprach früher 16 110 €. Nach der Herabsetzung auf 8 mg/l müssen in Zukunft ca. 12 888 € (abhängig von der JSM) bezahlt werden. Einsparung hier: 3222 € pro Jahr.

Bei den genannten Parameter (Abbildung 4) scheint uns eine Reduzierung um nochmals 20 % möglich. Im nächsten Frühjahr werden wir darüber entscheiden. Die Einsparung würden dann insgesamt ca. 5800 € pro Jahr betragen.

Aktuell konnten wir die Ablaufwerte im Bereich Stickstoff (NO₃ + NH₄N + N_{ges}) um bis zu 70 % reduzieren, was eine



Abb. 4: Qualitätsgesicherte Betriebsmessungen sind unentbehrlich

Einsparung von 3200 € einbringt. Eine weitere Neuerklärung und dadurch zusätzliche 2577 € Einsparung ist im Jahr 2008 angedacht.

CSB:

Bei diesem Parameter sind momentan 35 mg/l einzuhalten. Nach der Prozessoptimierung bewegen wir uns im Bereich von 13 bis 21 mg/l. Auch hier wäre eine Neuerklärung um 20 % niedriger auf 28 mg/l möglich. Der kommende Herbst/Winter-Zyklus soll abgewartet werden, um dann dementsprechend entscheiden zu können. Mögliche Einsparung wären hier ca. 5600 € pro Jahr.

Zudem ist noch zu berichten, dass sich die Trockensubstanz im Faulturm um ca. 1 % verbessert hat. Das hat zur Folge, dass sich der Abbaugrad und die Aufenthaltszeit im Faulturm um 15 bis 25 % je nach Beschickung verbessert haben. Aus diesem Grund muss der Ausgangsstoff (Faulschlamm) zur im Bau befindlichen Vererdungsanlage nicht mehr so stark vorbehandelt werden. Dadurch entstehen deutlich weniger Kosten. Der Schlammanfall wird ebenfalls um mehrere Prozent reduziert. Somit könnte theoretisch die Einbringung des Schlammes in die Vererdung um bis zu zwei Jahre verlängert werden.



Abb. 5: Hervorragende Ablaufwerte, dank vieler Optimierungsschritte

Durch diese vor allem betrieblichen Verbesserungen bei der Schlammbehandlung bzw. der Biologie konnte die Gaserzeugung um 30 % gesteigert werden. Auch ein gleichmäßigeres Beschicken des Faulturms mit Schlamm ist möglich. Das wiederum bringt eine gleichmäßigere und gezielte Gaserzeugung. Damit wird verhindert, dass unnötig Gas abgefackelt wird. Die optimierte Gaserzeugung erlaubt es uns, effizienter Wärme zu erzeugen. Im Schnitt ist hier mit einer Einsparung von mehr als 4000 € für Heizöl auszugehen.

Aufgrund der Verbesserungen im Bereich Schlammbehandlung und der daraus verbesserten Gasausbeute ist eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Bau eines BHKW oder einer Mikroturbine in Auftrag gegeben worden. Die Umsetzung des Projektes ist für 2009 vorgesehen.

Die Betriebsleitung geht davon aus, dass durch das Gesamtpaket der Verbesserungen eine Einsparung von ca. 20 000 € pro Jahr erzielt werden kann, in Abhängigkeit von der JSM und anderen betrieblichen Faktoren.

Autor

*Andreas Wendel, Abwassermeister
Abwasserverband „Obere Dietzhölze“
Tel. ++49 (0)2774/1539
E-Mail: wendelandreas@t-online.de*

Mikroorganismen müssen nicht verhungern!

Erfolgreicher Betriebsversuch auf der Kläranlage Zittau

Die Kläranlage Zittau befindet sich direkt im Drei-Länder-Eck Polen, Tschechien und Deutschland. Die Kläranlage hat eine Kapazität von 85 000 Einwohnerwerten, die Belastung im Jahre 2007 betrug 96 000 Einwohnerwerte (Abbildung 1). Damit ist die Anlage voll ausgelastet. Die Zulaufbelastung der Kläranlage setzt sich zu 70 Prozent aus häuslichem Abwasser und 30 Prozent aus industriellem Abwasser zusammen. Den Hauptanteil am Industrieabwasser haben drei große Textilbetriebe im Einzugsgebiet der Kläranlage (Abbildung 2).



Abb. 1: Ansicht der Kläranlage Zittau

Während der Betriebsferien der Textilbetriebe kommt es zu einem erheblichen Abfall der organischen Belastung, besonders der CSB-Fracht (ca.100 kg/h). Den Mikroorganismen steht plötzlich nicht mehr ausreichend Nahrung zur Verfügung. Aufgrund der Erfahrungen der letzten Jahre treten deshalb erhebliche Betriebsprobleme auf. Die geringe CSB-Fracht führt dazu, dass die biologische Phosphateliminierung völlig ausfällt. Dadurch müssen wir den Fällmittelverbrauch erheblich erhöhen, und das wiederum führt zu einer pH-Wert-Absenkung in der Biologie. Doch trotz maximaler Fällmittelzugabe traten im Jahr 2006 im betrof-



Abb. 2: Zulauf zur Kläranlage Zittau

fenem Zeitraum einzelne Überschreitungen des Phosphat-Überwachungswerts im Ablauf der Kläranlage auf (Abbildung 3).

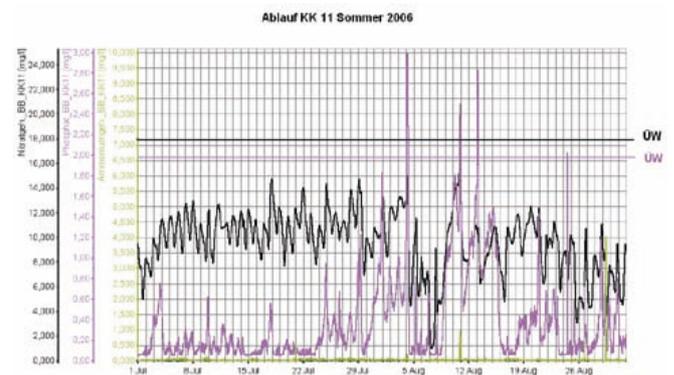


Abb. 3: P-Ablaufwerte im Sommer 2006

Aber nicht genug der Probleme. Die niedrigere CSB-Fracht führte außerdem zu einer verringerten Leistung der Denitrifikation. Unter ungünstigen Betriebsbedingungen, wie bei erhöhtem Trübwasserrücklauf aus der Schlammbehandlung, erhöhte sich auch die Nitratkonzentration am Ablauf der Anlage. Die verringerte Denitrifikationsleistung führte auch zu einer geringeren Säurekapazitätsrückgewinnung und damit verbunden zu einer starken Absenkung des pH-Werts.

Um dieses Belastungsdefizit auszugleichen, waren wir auf der Suche nach einer externen Kohlenstoffquelle. Durch Zudosierung in den Betriebsferien sollten die fehlende Fracht ersetzt und die Einhaltung der Überwachungswerte sowohl für Phosphat als auch für Nitrat sichergestellt werden (Abbildung 4). Gleichzeitig sollte durch Aufrechterhaltung der biologischen Phosphateliminierung der Fällmittelverbrauch gesenkt werden.

Im Zeitraum der Betriebsferien 2007, sowohl in den Sommermonaten als auch über den Jahreswechsel 2007/2008,



Abb. 4: Dosieranlage

wurden Betriebsversuche durchgeführt. Verwendet wurde das Produkt VP 1 mit einem CSB-Gehalt von 1 000 000 mg/l.

Das Produkt wurde in Intermediate-Bulk-Containern (IBC) gelagert und von dort aus mit einer Membrandosierpumpe in den Ablauf des Vorklärbeckens gepumpt.

Die Dosiermengen wurden aus der fehlenden Fracht errechnet, jedoch nicht vollständig zugegeben. Vom 2. bis zum 20. August 2007 wurden so zunächst 36 l/h externe C-Quelle zudosiert. Später wurde die Menge auf 30 l/h reduziert. Ab dem 14. August 2007 wurden dann nur noch 25 l/h externe C-Quelle zugegeben (Abbildung 5).

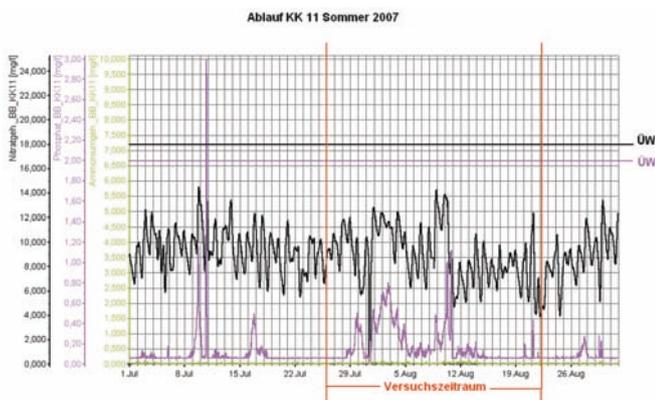


Abb. 5: P-Ablaufwerte im Sommer 2007

Zur Überprüfung der Frachtaufstockung durch den externen Kohlenstoff wurden regelmäßig vor und hinter der Dosierstelle (Ablauf Vorklärbecken) Stichproben entnommen und der CSB bestimmt. Vom 17. Dezember 2007 bis zum 8. Januar 2008 erfolgte erneut eine Zudosierung der Kohlenstoffquelle, dieses Mal von 30 l/h. Die Ergebnisse können wie folgt beschrieben werden:

- Es traten keine Ablaufspitzen im Phosphatgehalt am Ablauf der Kläranlage auf.
- Der pH-Wert konnte problemlos im neutralen Bereich gehalten werden.
- Die Säurekapazität lag während der gesamten Zeit im unproblematischen Bereich.

- Es gab keine negativen Einflüsse des eingesetzten Produkts auf die Biologie.
- Im Sommer wurde weniger Fällmittel verbraucht, Einsparung 1700 €.
- Durch den geringeren Fällmittelverbrauch im Sommer ist auch weniger Schlamm angefallen.

Zwar haben die Einsparungen an Kosten und Zeit die Mehraufwendungen für die Kohlenstoffquelle, ca. 6000 €/Versuchszeitraum, nicht vollständig ausgeglichen, aber eine Überschreitung der Überwachungswerte konnte verhindert werden. In diesem Fall wären der Schadstoffeintrag in das Gewässer und natürlich auch der finanzielle Aufwand aus der erhöhten Abwasserabgabe bedeutend höher. Die Versuche sind somit erfolgreich verlaufen, so dass wir auch 2008 den Betrieb auf diese Weise fortsetzen.

Autoren

Rico Pfitzner, Felix Heumer
 Ver- und Entsorger
 Kläranlage Zittau
 Süd-Oberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH
 Äußere Weberstraße 43
 02763 Zittau
 Tel. ++49(0)35 83 57 15 16
 E-Mail: felix.heumer@sowag.de

DWA-Publikationen

Titel	Euro
Merkblatt DWA-M 114 (Entwurf): Energie aus Abwasser – Wärme und Lageenergie September 2008, 48 Seiten, DIN A4, ISBN 978-3-941089-27-3	37,00 *)
Praxisleitfaden: Funktionsstörungen auf Kläranlagen Systematische Ursachensuche und Behebung von Funktionsstörungen Dr.-Ing. Peter Baumann, Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Krauth, Dr.-Ing. Werner Maier, Dr.-Ing. Manfred Roth DWA-Landesverband Baden-Württemberg, Juni 2008, 138 Seiten, 10 Ablaufdiagramme, 2 Tabellen, broschiert, DIN A4, ISBN 978-3-940173-46-1	35,00 *)
Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen Leitfaden für das Betriebspersonal – Systematisches Vorgehen zur Steigerung der Energieeffizienz durch Nutzung des Einsparpotenzials Dr.-Ing. Peter Baumann und Dr.-Ing. Manfred Roth DWA-Landesverband Baden-Württemberg, 2. Auflage Juli 2008, 143 Seiten, 15 Abbildungen, 9 Tabellen, broschiert, DIN A5, ISBN 978-3-940173-47-8	30,00
WasserWirtschafts-Kurse M/6: Abwasserentsorgung im ländlichen Raum Oktober 2008 in Kassel, 421 Seiten, 100 Abbildungen, 78 Tabellen, broschiert, DIN A5, ISBN 978-3-941089-31-	52,00*)
*) Fördernde DWA-Mitglieder erhalten 20 % Rabatt	
Zu beziehen bei: DWA-Bundesgeschäftsstelle Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef Tel.: + 49(0) 2242 872-333, Fax: 02242 872-100 E-Mail: kundenzentrum@dwa.de DWA-Shop: www.dwa.de/shop	 <p>Ihr direkter Kontakt zum Kundenzentrum</p> <p>Tel.: 02242 872-333 Fax: 02242 872-100</p>

DWA-Veranstaltungskalender Juli bis September 2009

Termin	Thema	Ort	Ansprechpartner
Region Baden-Württemberg			
2.7.	Arbeitsschutzkonzept	Stuttgart	LV Baden-Württemberg
21.–24.9.	51. Grundkurs „Kanalbetrieb“	Stuttgart	LV Baden-Württemberg
23.–25.9.	Abwassermeister-Weiterbildung (2090/09)	Karlsruhe	Bundesgeschäftsstelle
28.–30.9.	5. Aufbaukurs „Schlammbehandlung“	Karlsruhe	LV Baden-Württemberg
Region Bayern			
23./24.9.	Kurs „MSR-Technik und Online-Analytik“	München	LV Bayern
24./25.9.	Kanalinspektions-Aufbaukurs (1140/0)	Nürnberg	Bundesgeschäftsstelle
28.9.–2.10.	ZKS-Berater Lehrgang – Zertifizierter Kanalsanierungsberater (1260/09-7) (Modulare Schulung) 1. Woche	Feuchtwangen	Bundesgeschäftsstelle
Region Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland			
2.7.	Seminar „Kommunikation für Führungspersonal im Bereich Wasserwirtschaft“ – Modul I	Raum Alsfeld – Kassel	LV Hessen/Rheinl.-Pfalz/Saarland
24.–26.8.	Mikroskopier-Aufbaukurs	Lollar	LV Hessen/Rheinl.-Pfalz/Saarland
7.–11.9.	Kanalinspektionskurs (Ki-Kurs) (1130/09)	Kassel	Bundesgeschäftsstelle
7.–11.9.	SPS – Speicherprogrammierbare Steuerung – Aufbaukurs	Trier	LV Hessen/Rheinl.-Pfalz/Saarland
ab 14.9.	Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten	Kaiserslautern	LV Hessen/Rheinl.-Pfalz/Saarland
21.–25.9.	Betrieb und Wartung von Kleinkläranlagen	Prüm	LV Hessen/Rheinl.-Pfalz/Saarland
Region Nord (Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Bremen, Hamburg)			
31.8.–4.9.	Grundlagen für den Kläranlagenbetrieb – Klärwärter-Grundkurs (2230/09)	Nienburg	LV Nord
21.–25.9.	ZKS-Berater Lehrgang – Zertifizierter Kanalsanierungsberater (1260/09-4) (Modulare Schulung) 1. Woche	Bad Zwischenahn	Bundesgeschäftsstelle
Region Nord-Ost (Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt)			
17./18.8.	Kundenorientiertes Verhalten für Mitarbeiter aus Ver- und Entsorgungsunternehmen	Magdeburg	LV Nord-Ost
25.–27.8.	Das mikroskopische Bild – Parameter bei der Eigenüberwachung von biologischen Kläranlagen (Mikroskopierkurs II)	Magdeburg	LV Nord-Ost
2.9.	4. Workshop „Wartung von Kleinkläranlagen“	Rostock	LV Nord-Ost
9.9.	4. Trinkwasser- und Abwassertag 2009 – Kooperationsveranstaltung DVGW/DWA	Brehna	LV Nord-Ost
14.–18.9.	Grundlagen für den Kläranlagenbetrieb (Klärwärter-Grundkurs)	Neubrandenburg	LV Nord-Ost
22./23.9.	Klärwärter-Aufbaukurs – Mikrobiologie	Magdeburg	LV Nord-Ost
22.–25.9.	Der Gewässerschutzbeauftragte (9010/09-02) – Grundkurs mit Zertifikat	Magdeburg	Bundesgeschäftsstelle
23.9.	Wirkung und Folgen der Nutzung von Biomasse zur Biogasgewinnung auf Böden und Gewässer	Erkner	Bundesgeschäftsstelle
28.–30.9.	Mikrobiologische Untersuchungen (Wasser – Abwasser – Boden)	Neubrandenburg	LV Nord-Ost
29./30.9.	Wärme- und Lageenergie aus Abwasser (2506/09-2)	Berlin	Bundesgeschäftsstelle

Termin	Thema	Ort	Ansprechpartner
Region Nordrhein-Westfalen			
ab 31.8.	Fachkraft für Abwassertechnik (2100/09)	Essen	Bundesgeschäftsstelle
31.8.–18.9.	Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten (2366/09)	Essen	Bundesgeschäftsstelle
9.–10.9.	Training zur Rettung von Personen aus abwassertechnischen Anlagen (1207/09-5)	Düsseldorf	Bundesgeschäftsstelle
10.9.	DWA-Landesverbandstagung Nordrhein-Westfalen	Recklinghausen	LV Nordrhein-Westfalen
21.–25.9.	Geprüfte Kanalfachkraft, Kursmodul 1 (1190/09)	Sankt Augustin	Bundesgeschäftsstelle
22./23.9.	Kanalwärter-Aufbaukurs	Gelsenkirchen	LV Nordrhein-Westfalen
22./23.9.	Mängelbearbeitung bei Abnahme und Gewährleistungsabnahme im Kanalbau (1217/09)	Sankt Augustin	Bundesgeschäftsstelle
24.9.–4.12.	Fernlehrgang Fachenglisch (Wasser – Abwasser – Abfall)	Hennef	Bundesgeschäftsstelle
29.9.	Technisches Sicherheitsmanagement (5440/09)	Hennef	Bundesgeschäftsstelle
Region Sachsen/Thüringen			
11.9.2009–30.9.2011	Abwassermeisterlehrgang – Blockform (2080/09)	Dresden	Bundesgeschäftsstelle
14.–18.9.	ZKS-Berater-Lehrgang – Zertifizierter Kanalsanierungsberater (1260/09-3) (Modulare Schulung) 1. Woche	Dresden	Bundesgeschäftsstelle
22.–25.9.	Aufbaukurs „Phosphor- und Stickstoffelimination“	Dresden	LV Sachsen/Thüringen

Anschriften zum Veranstaltungskalender

DWA-Bundesgeschäftsstelle

Theodor-Heuss-Allee 17
D-53773 Hennef
Tel. (0 22 42) 8 72-2 22, Fax -1 35
E-Mail: jacobs@dwa.de
Internet: www.dwa.de
(hier gibt es Links zu den Landesverbänden der DWA)

DWA-Landesverband Baden-Württemberg

Rennstraße 8
D-70499 Stuttgart
Tel. (07 11) 89 66 31-0, Fax -11

DWA-Landesverband Bayern

Friedenstraße 40
D-81671 München
Tel. (0 89) 233-6 25 90, Fax -6 25 95

DWA-Landesverband Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland

Frauenlobplatz 2
D-55118 Mainz
Tel. (0 61 31) 60 47 12/13, Fax -14

DWA-Landesverband Nord

Am Flugplatz 16
D-31135 Hildesheim
Tel. (0 51 21) 50 9-8 00 und -8 01
Fax -8 02

DWA-Landesverband Nord-Ost

Matthissonstraße 1
D-39108 Magdeburg
Tel. (03 91) 7 34 88-15, Fax -17

DWA-Landesverband Nordrhein-Westfalen

Kronprinzenstraße 24
D-45128 Essen
Tel. (02 01) 1 04-21 41, Fax -21 42

DWA-Landesverband Sachsen/Thüringen

Niedersedlitzer Platz 13
D-01259 Dresden
Tel. (03 51) 2 03 20-25, Fax -26

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband

Marc-Aurel-Straße 5, A-1010 Wien
Tel. ++43 (0)1 5 35 57 20 82, Fax 5 32 07 47
E-Mail: seebacher@oewav.at
Internet: www.oewav.at – Fort-/Weiterbildung

Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute

Europastrasse 3, CH-8152 Glattbrugg
Tel. ++41 (0) 43 343 70 70, Fax 343 70 71
E-Mail: sekretariat@vsa.ch
Internet: www.vsa.ch – Ausbildung Klärwerkpersonal