



51. Jahrgang · Nr. 12 · Dezember 2004 · G 10889

ABWASSER ABFALL

Zeitschrift der



www.wavin.de



**Sichere Lösungen
für die Ver-
und Entsorgung.**

wavin

Überschussschlammreduktion auf der Kläranlage Bad König mit dem WWE-bionorm[®]-Verfahren

Oliver Stark (Witten)

Zusammenfassung

In der Kläranlage Bad König wurde über einen Zeitraum von mehr als acht Monaten das WWE-bionorm[®]-Verfahren, zur Verringerung des Überschussschlammfalls eingesetzt. Das Verfahren basiert auf der Zugabe einer oberflächenaktiven Substanz sowie der gezielten Stoffwechselstimulation durch nahrungsergänzende Präparate und einer Modifikation des Kläranlagenbetriebs. Es konnte gezeigt werden, dass der Überschussschlammfall durch die Erhöhung der biologischen und physikalischen Sauerstoffverfügbarkeit im Belebungsbecken signifikant gesenkt werden kann. Zudem konnte eine Verbesserung der Kohlenstoff- und Stickstoffablaufkonzentration beobachtet werden. Der Einsatz des Verfahrens erfordert keine bauliche Veränderung der Kläranlage, und die Kosten liegen in Abhängigkeit von den Gegebenheiten der jeweiligen Kläranlage bei 50 bis 80 % der thermischen Behandlungskosten der Schlammbehandlung und entsprechen damit etwa den mittleren landwirtschaftlichen Entsorgungskosten inklusive Entwässerung.

Schlagwörter: Abwasserreinigung, kommunal, Überschussschlamm, Reduktion, grenzflächeneffektiver Stoff, Tensid, EPS

Summary

Surplus Sludge Reduction at the Bad König Wastewater Treatment Plant with the WWE-bionorm[®] Method

The WWE-bionorm[®] method was used over a period of more than eight months at the Bad König wastewater treatment plant to reduce surplus sludge production. The method is based on the addition of a surface-active substance as well as targeted metabolism stimulation by food additives and modifications in the operation of the sewage works. We were able to show that increasing the biological and physical oxygen availability in the aeration tank can significantly lower surplus sludge production. The use of this method does not require any structural changes to the wastewater treatment plant, and costs are around 50 to 80 % of thermal treatment costs for sludge disposal, depending on the conditions at each plant; thus they amount to average agricultural disposal costs, including drainage.

Key words: wastewater treatment, municipal, surplus sludge, reduction, surface-active substance, surfactant, EPS

1. Einleitung

Die anteiligen Betriebskosten für die Klärschlammbehandlung und insbesondere für die Klärschlammbehandlung liegen nach Kollatsch (1998) bei 30 bis 50 % der Gesamtbetriebskosten auf Kläranlagen. Für eine umfassende Kostenerfassung des Klärschlammbehandlungsweges einer Kläranlage ist es notwendig, auch versteckte Kosten – wie Entwässerungs-, Personal-, Trocknungs-, Bodenanalyse-, Klärschlammanalyse-, Kontroll- und Logistikkosten – in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aufzunehmen und entsprechend zu berücksichtigen. Eine Verminderung der zu entsorgenden Klärschlamm-Mengen sollte ein wesentliches Ziel des Kläranlagenbetriebes sein.

2. Theoretische Grundlagen

Die Definition der Schlammbelastung unterstellt, dass alle über den Trockensubstanzgehalt (TS_{SB}) erfassten Mikroorganismen im Belebungsbeckenvolumen (V_{SB}) gleich aktiv sind (ATV, 1997). Wie später gezeigt wird, variiert die Versorgung der in die EPS(extrazellulären polymeren Substanzen)-Matrix eingebundenen Mikroorganismen mit Nährstoffen sowie Sauerstoff – in Abhängigkeit von ihrer Lage in der Belebtschlammflocke – erheblich. Der Anteil biologisch aktiver Mikroorganismen und damit die effektive Schlammbelastung ist somit kläranlagen-spezifisch (Kunz, 1998) und zudem von saisonalen, zulaufbedingten sowie betrieblichen Schwankungen abhängig.

Die Flocken in Abwasserreinigungsanlagen mit suspendierter Biomasse werden im Wesentlichen von EPS zusammen gehalten. Der Stofftransport für die nun innenliegenden Organismen verschlechtert sich mit zunehmender Dicke der EPS-Schicht (Kunz, 1998). Die Sauerstoffverfügbarkeit sowie Versorgung mit höhermolekularen Nährstoffen der innenliegenden Organismen wird schlechter, die Stoffwechselprodukte der außensitzenden Organismen sind die einzige Nahrungsquelle (Kunz, 1998). Besonders die innenliegenden Organismen sind vor einem Angriff von Fressfeinden geschützt. Das in Abbildung 1 skizzierte theoretische Modell der biologischen Sauerstoffverfügbarkeit in einer Belebtschlammflocke verdeutlicht, dass eine ausreichende Konzentration an gelöstem Sauerstoff in einem Belebungsbecken nicht automatisch eine ausreichende Versorgung der Mikroorganismen im Inneren einer Belebtschlammflocke sicherstellt. Die effektive Schlammbelastung

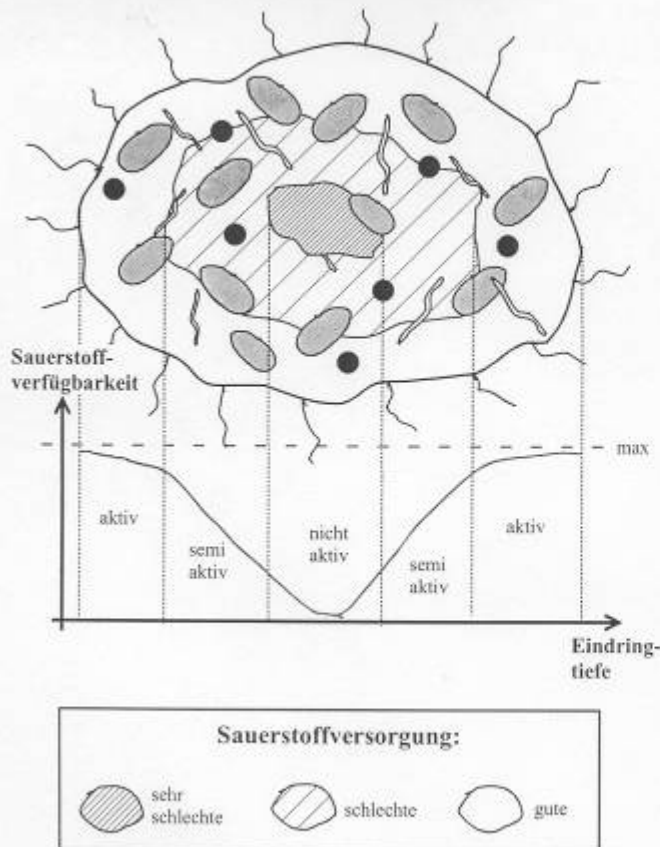


Abb. 1: Modellvorstellung: Sauerstoffverfügbarkeit in einer Belebtschlammflocke

liegt damit häufig deutlich über der rechnerischen. Es ist allgemein bekannt, dass die Schlammbelastung maßgeblich den Überschussschlammfall beeinflusst (vgl. Brockmann und Seyfried, 1997; Cornel, 2000; Imhoff und Imhoff, 1993).

Dorau (1998) stellt die These auf, dass in einer kommunalen Kläranlage die biologischen Selbstoptimierungsgrundsätze (vgl. Prinzip des Erhaltungsstoffwechsels (Pirt, 1965)) durch Eingriffe von außen, insbesondere dem Überschussschlamm-Abzug, ständig gestört werden.

Eine Erhöhung des Sauerstoffpartialdrucks führt dazu, dass auch die tieferen Schichten der Belebtschlammflocke mit Sauerstoff versorgt werden (Abassi, 1997; Geissen, 1990; Hartmeier et al., 1971; Staab, 1997). Somit nehmen auch die inneren Schichten der Belebtschlammflocke am aeroben Abbau teil und die Überschussschlamm-Produktion sinkt. Die Aussagen werden durch die Erkenntnis gestützt, dass sich bei der Verwendung von Reinsauerstoff die Schlammbelastung und damit der Überschussschlammfall reduzieren (Hansen et al., 1996; Hegemann, 1974).

Die einzelnen Transportschritte des Sauerstoffs in das Innere der Belebtschlammflocke unterliegen – wie allgemein bekannt – komplexen Wechselbeziehungen zwischen biochemischen Reaktionen und physikalischen Transportmechanismen (Reuss, 1977; Steinmetz 1996).

Steinmetz (1996) fand heraus, dass neben den Abwasserinhaltsstoffen auch biologische Prozesse – in erster Linie Stoffwechselvorgänge – den Sauerstoffübergang deutlich beeinflussen. Die Diffusionswiderstände in der Belebtschlammflocke sind stark von den Eigenschaften und der Gestalt der Flo-

cken abhängig. Es sind gerade die vom Diffusionswiderstand abhängigen Transportprozesse in bzw. aus der Belebtschlammflocke, die die mikrobielle Stoffumsatzgeschwindigkeit bestimmen (Abassi et al. 1996).

3. Wirkung grenz- bzw. oberflächenaktiver Substanzen

Unter dem Begriff grenz- oder oberflächenaktive Stoffe werden organische Verbindungen mit einem lipophilen Kohlenwasserstoff-Rest und einer hydrophil fungierenden Gruppe subsumiert, die aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften die Oberflächenspannung wässriger Systeme reduzieren. Die hydrophilen Gruppen richten sich dabei so aus, dass sie Kontakt mit dem Wasser haben (Ammedick und Kadner, 1971; Stryer 1996). Die lipophilen Gruppen versuchen, dem Kontakt mit dem Wasser zu entgehen (Abbildung 2).

Steinmetz (1996) weist darauf hin, dass der Einfluss von Tensiden auf den Sauerstoffübergangskoeffizienten in hohem Maße von der Konzentration des Tensids abhängig ist. Daher sind für die Verbesserung des Sauerstoffeintrags in Belebungsanlagen ausschließlich oberflächenaktive Substanzen geeignet, die bereits in sehr geringen Konzentrationen hoch wirksam sind (Abbildung 3). Bei der Wahl ungeeigneter Tenside bzw. zu hoher Tensidkonzentration tritt der Fall ein, dass die Oberfläche der Luftbläschen belegt wird (Stichwort: Micell-Bildung, vgl. Hürt-

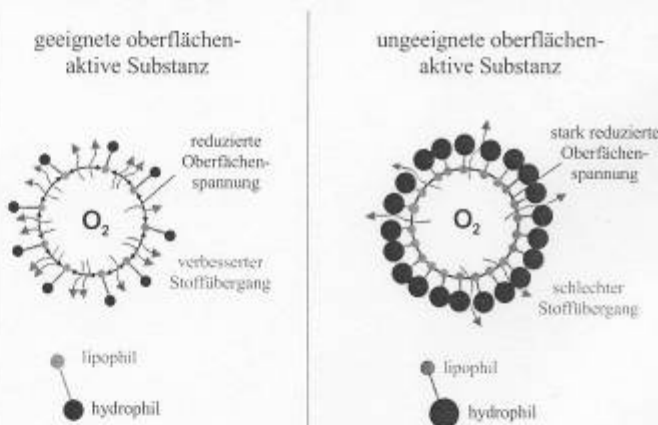


Abb. 2: Wirkung verschiedener oberflächenaktiver Substanzen auf den Stoffübergang

ner und Poralla, 1996; Lang und Trowitzsch-Kienast, 2002). Gut geeignet sind daher insbesondere Biotenside, die außerordentlich potent und biologisch abbaubar sind. Biotenside oder Biodetergentien sind Lipide bzw. Lipidderivate, welche Mikroorganismen während ihrer Wachstumsphase synthetisieren. Aus diesem Grund sind sie vollständig biologisch abbaubar. Bei Biotensiden ist der hydrophile Teil ein Zuckermolekül und der hydrophobe Teil ein Fettmolekül (Wagner und Lang, 1988). Biotenside werden bereits seit längerer Zeit in anderen Bereichen, z. B. in der Bodensanierung, als Löschschaum in ökologisch sensiblen Fällen und in der Pharmazie erfolgreich eingesetzt (Lang und Trowitzsch-Kienast, 2002).

Die Koaleszenz lässt sich durch die hier verwendeten oberflächenaktiven Substanzen (Wassergefährdungsklasse 0) in geringen Konzentrationen positiv verändern, und die Sauerstoffverfügbarkeit kann somit erheblich gesteigert werden. Oberflächenaktive Substanzen reduzieren in flüssig/gasförmigen Gemischen die Oberflächenspannung, sodass sich die äußere

Gestalt der Luftblasen ändert (Lang und Trowitzsch-Kienast, 2002). Die ursprünglich kugelförmige Gestalt wandelt sich in eine leicht sphärische Form um (Abbildung 3). Zusätzlich findet die Koaleszenz zeitverzögert statt (Koaleszenzhemmung). Somit steht eine größere spezifische Oberfläche zur Verfügung, und es kann mehr Sauerstoff in Lösung gehen. Die Koaleszenzneigung der Luftblasen kann dauerhaft verringert und somit die Phasengrenzfläche auf hohem Niveau gehalten werden, so dass der Sauerstoffübergang deutlich verbessert wird.

Durch den Einsatz oberflächenaktiver Substanzen wird die oben beschriebene EPS-Matrix der Belebtschlammflocke angelöst, und es werden mehr Mikroorganismen aktiv in die Reinigung einbezogen. Tote Bakterien werden freigegeben und können verstoffwechselt werden. Je feiner und kleiner die Belebtschlammflocken sind, desto besser kann selbst bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen Sauerstoff in das Innere der Flocken diffundieren. Die EPS-Matrix darf jedoch nur teilweise angelöst werden, da eine ausreichende Flockenstruktur für das Sedimentieren unerlässlich ist. Aus diesem Grund sind für eine sachgemäße Zugabe einschlägige Erfahrungen über die Wirkung oberflächenaktiver Substanzen notwendig. Abbildung 4 verdeutlicht, wie sich die Sauerstoffverfügbarkeit innerhalb einer Belebtschlammflocke durch den Einsatz oberflächenaktiver Substanzen verändert. Die anaeroben bzw. partikulär anaeroben Bereiche im Inneren der Flocke beschränken sich nach dem Einsatz der oberflächenaktiven Substanzen auf ein wesentlich kleineres Areal. Dies zeigt auch das mikroskopische Bild: Die Flocken sind insgesamt wesentlich heller, und die dunklen Bereiche sind nur noch im Zentrum der Flocke zu finden.

Die Überschussschlammvermeidung mittels oberflächenaktiver Substanzen erfordert ein schrittweises Vorgehen. Es ist

ohne oberflächenaktive Substanz

mit oberflächenaktiver Substanz

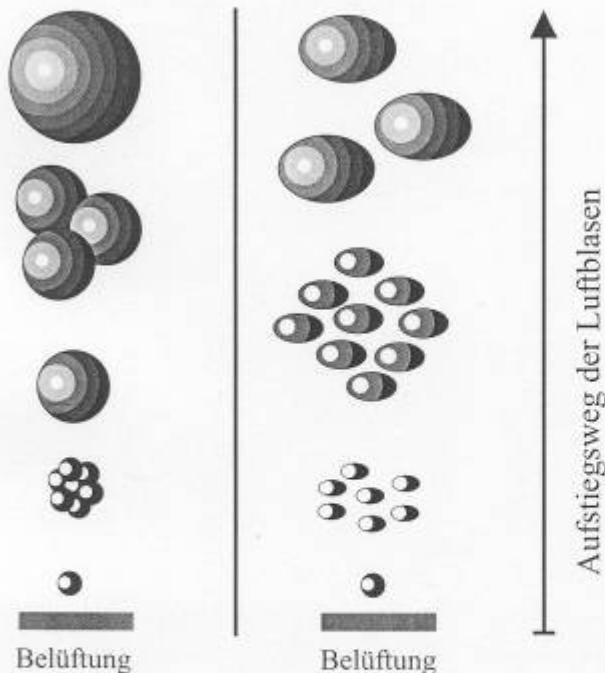


Abb. 3: Wirkung oberflächenaktiver Substanzen auf das Koaleszenzverhalten

MIKROCOMPUTER IN DER STADTENTWÄSSERUNG

Kurstermine Frühjahr | Sommer 2005

Neues aus unserer Software-Entwicklung:

ZEDAN 1.1
LANGZEIT 6.2
ATV-A138.XLS 5.2

Bautechnische Bewertung (Optische Inspektion)

Grundkurs	03.02.05	(Kurs-Nr. OI21)
Grundkurs	03.03.05	(Kurs-Nr. OI22)
Grundkurs	12.05.05	(Kurs-Nr. OI23)

Grafische Kanalplanung (GIPS)

Grundkurs	31.01. – 02.02.05	(Kurs-Nr. GIA40)
Grundkurs	28.02. – 02.03.05	(Kurs-Nr. GIA41)
Grundkurs	09.05. – 11.05.05	(Kurs-Nr. GIA42)

Grafische Kanalplanung (GIPS-Light)

Grundkurs	21.01.05	(Kurs-Nr. GLT30)
Grundkurs	06.04.05	(Kurs-Nr. GLT31)

Kanalnetzrechnung

Grundkurs	17.01. – 20.01.05	(Kurs-Nr. KNA144)
Grundkurs	14.02. – 17.02.05	(Kurs-Nr. KNA145)
Grundkurs	18.04. – 21.04.05	(Kurs-Nr. KNA146)
Grundkurs	23.05. – 26.05.05	(Kurs-Nr. KNA147)
Grundkurs	13.06. – 16.06.05	(Kurs-Nr. KNA148)

Kanalnetzrechnung/Langzeitsimulation*

Aufbaukurs	24.01. – 25.01.05	(Kurs-Nr. KNB48)
Aufbaukurs	04.04. – 05.04.05	(Kurs-Nr. KNB49)

KOSIM-XL (enthält Grundkurs Mischwasserentlastung)

Grundkurs	10.01. – 13.01.05	(Kurs-Nr. KXL21)
Grundkurs	21.02. – 24.02.05	(Kurs-Nr. KXL22)
Grundkurs	06.06. – 09.06.05	(Kurs-Nr. KXL23)

Mischwasserentlastung

Grundkurs	10.01. – 12.01.05	(Kurs-Nr. MWA72)
Grundkurs	21.02. – 23.02.05	(Kurs-Nr. MWA73)
Grundkurs	06.06. – 08.06.05	(Kurs-Nr. MWA74)
Aufbaukurs	01.06.05	(Kurs-Nr. MWB14)

Mulden-Rigolen-Systeme

Grundkurs	02.06.05	(Kurs-Nr. MRA41)
-----------	----------	------------------

Regenrückhaltebecken

Grundkurs	03.06.05	(Kurs-Nr. RRB19)
-----------	----------	------------------

Kursangebot in Österreich auf Anfrage

* Der Grundkurs Langzeitsimulation findet am 2. Tag des KNB-Kurses statt – Beide Tage sind getrennt buchbar.

Diese Kurse finden nach Vereinbarung statt:

Abflusssteuerung (CONTROL)
Gewässerberechnung
Digitalisierung und Regenstatistik
Gesamtemission aus Mischsystemen



Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH
Engelbosteler Damm 22
D 30167 Hannover
Tel. (05 11) 9 71 93 - 0
Fax (05 11) 9 71 93 - 77
itwh@itwh.de
www.itwh.de

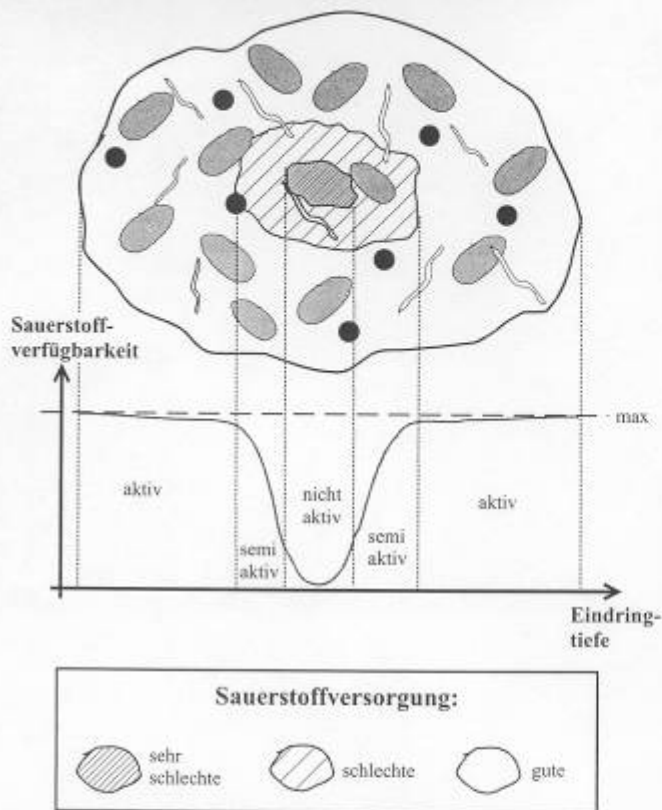


Abb. 4: Modellvorstellung: Sauerstoffverfügbarkeit in einer Belebtschlammflocke beim Einsatz oberflächenaktiver Substanzen

zunächst notwendig, die Mikroorganismen durch die Zugabe einer temporären Nahrungsergänzung zu stimulieren. Bezogen auf den mittleren Zulaufvolumenstrom wird die nahrungsergänzende Substanz – dabei handelt es sich um Pflanzenextrakte, welche im Wesentlichen Vitamine, Spurenelemente und Aminosäuren enthalten, Wassergefährdungsklasse 0 (vgl. Schlegel, 1992; Stryer, 1996) – im Verhältnis 1: 200 000 bis 1: 400 000 dosiert. Nach dieser ein- bis zweiwöchigen Adaptionszeit – in diesem Zeitraum ist bereits eine deutliche Veränderung des mikroskopischen Bildes ersichtlich – beginnt man mit der Zugabe der oberflächenaktiven Substanzen in den Rücklaufschlammstrom oder direkt in die belüftete Phase. In den kommenden Wochen wird die Überschusschlamm-Abzugsmenge sukzessive reduziert, und die Dosiermenge wird im gleichen Maße langsam erhöht. Die Zugabemenge richtet sich nach dem angestrebten Reduktionsergebnis sowie den individuellen Gegebenheiten der Kläranlage und liegt bei 20 bis 60 l/t TS. Durch die Zugabe der oberflächenaktiven Substanzen wird infolge ablaufender Lysierungsprozesse ein Teil der Bakterienzellen gelöst, und damit können andere Organismen die freiwerdende Zellsubstanz aufnehmen und veratmen. Vergleichbare Lysierungsprozesse und somit ein Kläranlagenbetrieb ohne Überschusschlammabfall konnten Sakai et al. (1997) durch eine Ozonierung des Rücklaufschlammes nachweisen. Die zusätzliche „interne“ organische Fracht aus den Lysevorgängen stellt jedoch eine erhöhte Belastung der Belebungsanlage dar und muss im Sinne eines sicheren Kläranlagenbetriebs berücksichtigt werden.

Die infolge des Einsatzes oberflächenaktiver Substanzen ablaufenden Wirkungsmechanismen sind in Abbildung 5 zusammengestellt.

Die Schlammbelastung verringert sich infolge der erhöhten biologischen Aktivität, und der TS-Gehalt im Belebungsbecken kann trotz reduziertem Überschusschlammabzug konstant gehalten werden. Das Schlammalter erhöht sich, und es etablieren sich höhere Organismen im biologischen System. Im System existieren nun Weidegänger, die die Belebtschlammflocken „abweiden“, wodurch kompakte sowie gut absetzbare Flocken entstehen. Mit einem derart gut absetzbaren belebten Schlamm ist es möglich, den TS-Gehalt im Belebungsbecken um 1 bis 2 g/l anzuheben und die effektive Schlammbelastung somit weiter zu senken, mit der Folge, den Überschusschlammabfall weiter reduzieren zu können.

4. Praxiserfahrungen auf der Kläranlage Bad König

Die Kläranlage Bad König des Abwasserverbandes Bad König liegt im Odenwald-Kreis etwa 50 km südöstlich von Darmstadt. Das WWE-bionorm®-Verfahren wurde auf der Kläranlage Bad König von Mitte Februar bis November 2001 im Versuchsbetrieb eingesetzt. Als Referenzzeitraum dienen die beiden vorhergehenden Jahre 1999 und 2000. Der hier beschriebenen Auswertung liegen Messdaten zugrunde, die im Rahmen der Eigenüberwachung vom Klärwerkspersonal ermittelt wurden.

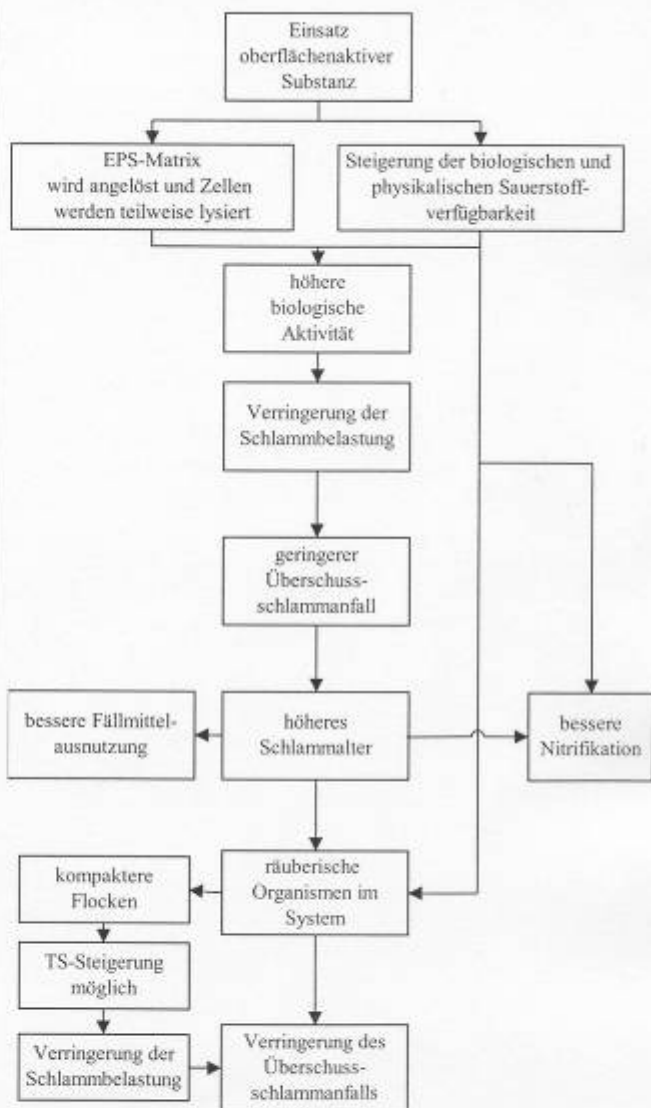


Abb. 5: Modellvorstellung: Wirkung oberflächenaktiver Substanzen auf die Biologie

	ZULAUF KLÄRANLAGE			
	Zufluss [m ³ /Monat]	Absetzbare Stoffe [ml/l]	BSB ₅ [mg/l]	CSB [mg/l]
	REFERENZZEITRAUM			
Mittel	223 808	7,6	206	363
Min	127 564	2,3	90	194
Max	362 201	13,1	395	723
	VERSUCHSZEITRAUM			
Mittel	224 069	7,4	229	418
Min	129 620	3,4	130	216
Max	427 704	10,5	431	837
Veränderung [%]	+ 0,2	- 2,7	+ 10,1	+ 13,2

Tabelle 1: Zulaufverhältnisse im Referenz- und Versuchszeitraum

Die Kläranlage Bad König ist eine einstufige mechanisch-biologische Kläranlage, die über folgende Verfahrensstufen verfügt:

- Feinrechen (Stababstand: 10 mm),
- belüfteter Sandfang,
- Vorklärung bzw. Grobentschlammung,
- Belebungsbecken (vorgeschaltete Denitrifikation, Nitrifikation mit feinblasiger Belüftung),
- chemische P-Elimination durch Zugabe von Natriumaluminat,
- Nachklärbecken.

Die Anlage ist für 18 000 EW dimensioniert worden und war während des Untersuchungszeitraums mit ca. 17 000 EW belastet. Die Kläranlage reinigt fast ausschließlich häusliches Abwasser.

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass der mittlere monatliche Zulaufvolumenstrom und die Konzentration absetzbarer Stoffe im Zulauf zur Kläranlage in etwa gleich geblieben sind. Die mittlere BSB₅- und CSB-Konzentration ist gegenüber dem Referenzzeitraum geringfügig (um etwa 10 bzw. 13 %) erhöht.

Aus Tabelle 2 wird ersichtlich, dass der TS-Gehalt (TS) im Belebungsbecken gegenüber dem Referenzzeitraum um etwa 45 % erhöht ist. Das Vergleichsschlammvolumen (VSV) des belebten Schlammes in der biologischen Stufe ist infolge der TS-Erhöhung

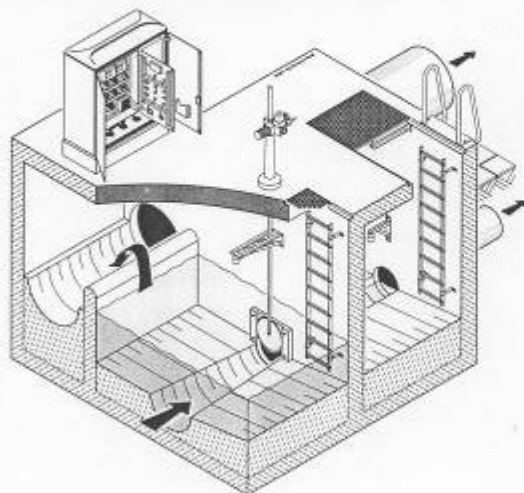
	BIOLOGIE			
	Schlammvolumen [ml/l]	TS-Gehalt [g/l]	Schlammindex [mg/l]	Glühverlust [%]
	REFERENZZEITRAUM			
Mittel	373	4,6	85	53,9
Min	233	3,5	57	39,6
Max	648	8,9	134	62,3
	VERSUCHSZEITRAUM			
Mittel	800	8,3	97	53,0
Min	432	5,7	66	50,5
Max	1274	10,2	146	56,2
Veränderung [%]	+ 53,4	+ 44,6	+ 12,4	- 1,7

Tabelle 2: Verhältnisse im Belebungsbecken bzw. der Nachklärung im Referenz- und Versuchszeitraum

UFT Ausrüstung für die Regenwasserbehandlung

Elektronisch gesteuerter ES Drosselschieber FluidEControl

Elektrisch angetriebene, aktive, vom Oberwasser abhängige Abflusssteuerung mit Verlegungsregeneration.



UFT
Umwelt- und Fluid-Technik
Dr. H. Brombach GmbH
Steinstraße 7, 97980 Bad Mergentheim, Germany · Allemagne
Telefon: +49 7931 9710-0 Telefax: +49 7931 9710-40
E-Mail: uft@uft-brombach.de Internet: www.uft-brombach.de

Professionelle Wartung mit System!



Maximale Betriebssicherheit – minimale Kosten.
Durch fachgerechte Wartung können Sie die Lebensdauer Ihrer Maschinen und Anlagen verlängern, Ihre Betriebskosten senken und unnötige Reparaturen vermeiden.
Fachgerechte Wartung bedeutet bei Passavant-Roediger:

- Individuelle Wartung nach gemeinsam festgelegten Kriterien
- Wartungsspezialisten mit zahlreichen Zusatzqualifikationen z.B. Prüfung von Biogasanlagen (DVGW-Fachunternehmen)
- schnelle Beschaffung der erforderlichen Verschleiß- und Ersatzteile durch ein eigenes Ersatzteillager
- Fachgerechte Entsorgung ersetzter Teile und Abfallstoffe
- Übersichtliche und detaillierte Dokumentation der Wartung
- Gewährleistung auf alle Arbeiten und Ersatzteile

Wir sind für Sie da – sprechen Sie uns an.

**PASSAVANT
ROEDIGER
SERVICE**

Service-Hotline:
(0 61 20) 28 22 22

D-65322 Aarbergen · Tel. (0 61 20) 28 22 80 · Fax (0 61 20) 28 21 19
www.passavant-roediger-service.de · eMail: info.service@passavant-roediger.de

um etwa 53 % vergrößert. Dass die Erhöhung des VSV in erster Linie durch die TS-Erhöhung bedingt ist, wird durch den lediglich um etwa 12 % erhöhten Schlammindex (ISV) deutlich. Die Erhöhung des ISV liegt im Bereich saisonaler und durch Messfehler bedingter Schwankungen. Der Glühverlust des belebten Schlammes in der biologischen Stufe ist nicht signifikant verändert.

Auf der Kläranlage Bad König ist es möglich, bei entsprechenden Schlammabsetzeigenschaften, den TS-Gehalt im Belebungsbecken signifikant anzuheben, ohne die Leistungsfähigkeit der Nachklärung zu überfordern. Die Anwendung des WWE-bionorm®-Verfahrens bedingt nicht grundsätzlich eine Erhöhung des TS-Gehaltes im Belebungsbecken. Das mögliche Überschussschlamm-Einsparpotential wird selbstverständlich durch eine TS-Erhöhung respektive eine Verringerung der Schlammbelastung vergrößert. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass ohne den Einsatz des WWE-bionorm®-Verfahrens eine deutliche Vergrößerung der Biomasse im Belebungsbecken oft nicht möglich ist. Konventionelle Belüftungssysteme sind ohne die verbesserte biologische Sauerstoffverfügbarkeit durch die oberflächenaktive Substanz meist nicht in der Lage, den Sauerstoffbedarf zu decken.

Die mittlere BSB₅-Fracht im Zulauf zur Kläranlage ist gegenüber dem Referenzzeitraum um etwa 19 % erhöht. Bedingt durch die

Erhöhungen der BSB-Fracht und des TS-Gehaltes um etwa 45 % ergibt sich eine um etwa 25 % reduzierte Schlammbelastung.

Gemeinsam mit dem Kläranlagen-Betreiber wurde vor Beginn des Versuchsbetriebes die mittlere Überschussschlamm-Produktion der Jahre 1999 und 2000 als Grundlage für den Verfahrenserfolg ermittelt und fixiert. Der mittlere Überschussschlamm-Anfall beträgt im Referenzzeitraum pro Tag 720 kg in Trockenmasse. Tabelle 3 zeigt, dass während des achtmonatigen Versuchsbetriebes im Mittel etwa 45 % weniger Überschussschlamm angefallen ist als im Referenzzeitraum. Während des gesamten Zeitraums war keine Veränderung der abfiltrierbaren Stoffe im Ablauf zu beobachten.

Sowohl die mittleren Kohlen- als auch die Stickstoff-Ablaufkonzentrationen sind verglichen mit dem Referenzzeitraum verbessert. Die mittlere NH₄-N-Ablaufkonzentration liegt im Referenzzeitraum bei etwa 0,2 mg/l und im Versuchszeitraum bei 0,05 mg/l. Die mittlere Abwassertemperatur im Ablauf der Kläranlage beträgt im Referenzzeitraum 13°C und im Versuchszeitraum 15°C.

Aus Tabelle 4 wird deutlich, dass die mittlere BSB₅-Ablaufkonzentration im Versuchszeitraum um etwa 22 % geringer ist als im Referenzzeitraum. Auch die CSB-Ablaufkonzentration ist um etwa 8 % geringer. Die mittlere Denitrifikationsleistung ist gegenüber dem Referenzzeitraum um etwa 40 % besser.

5. Fazit

Es konnte gezeigt werden, dass es mit Hilfe des WWE-bionorm®-Verfahrens möglich ist, den Überschussschlammanteil deutlich zu senken. Über einen Zeitraum von acht Monaten konnte der mittlere Überschussschlammanteil um etwa 45 % reduziert werden. Als sekundäre Effekte des Verfahrens stellten sich eine leicht verbesserte Kohlenstoffablaufkonzentration und eine deutlich verbesserte Nitratablaufkonzentration ein. Die Kosten für das Überschussschlamm-Vermeidungsverfahren liegen in Abhängigkeit von den Gegebenheiten der jeweiligen Kläranlage bei 50 bis 80 % der thermischen Behandlungskosten und entsprechen damit etwa den mittleren landwirtschaftlichen Entsorgungskosten inklusive Entwässerung (Baumgart, 2000; Esch und Krüger 1999). Angesichts der steigenden Entsorgungsunsicherheit, ausgelöst durch die intensive öffentliche Diskussion um ein Verbot der landwirtschaftlichen Entsorgungsmöglichkeiten, ist es um so bedeutsamer, über eine Entsorgungsalternative zu verfügen, mit der sowohl ökonomisch wie ökologisch sinnvoll Überschussschlamm vermieden werden kann.

Literatur

- Abbassi, B.; Glidcoman-Vallejos, G.; Rübiger, N.: Prozessführung der biologischen Abwasserreinigung mit minimierter Überschussschlammproduktion, Verfahrenstechnik der Abwasser- und Schlammbehandlung, 3. GVC-Kongress, Würzburg, 1996
- Abbassi, B.: Optimierte Verfahrensführung für die minimierte Überschussschlammproduktion, Dissertation, Universität Bremen, Institut für Umweltverfahrenstechnik, Fachbereich Produktionstechnik, Shaker Verlag, Aachen, 1997
- Ammedick, E.; Kadner, H.: *Lehrbuch der Chemie*, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 4. Aufl., 1971.
- Baumgart, H.-C.: Kosten der Klärschlammabfuhr/-verwertung, 12. ZAF-Seminar, Internet: <http://rzis2.rz.tu-bs.de/zfw/pubs/tb485/22baum.htm>
- ATV Handbuch, *Biologische und weitergehende Abwasserreinigung*, Ernst & Sohn-Verlag, 4. Aufl., 1997
- Brockmann, M.; Seyfried, C. F.: Einsatz der Membrantechnik in kommunalen Abwasserreinigungsanlagen, in Tagungsband zur 1. Aachener Tagung Membrantechnik, 1997, IVT und ISA RWTH Aachen

	mittlerer BSB ₅ -Tagesfracht im Kläranlagenzulauf [kg/d]	mittlere Schlammbelastung [kg/kg d]	mittlerer TS-Gehalt im Belebungsbecken [g/l]	mittlerer Überschussschlamm-Anfall* [kg TS/d]
Referenzzeitraum Jan. 1999 bis Dez. 2000	1436	0,075	4,6	720
Versuchszeitraum März 2001 bis Nov. 2001	1775	0,056	8,3	394
Veränderung in [%]	+ 19,1	- 25,4	+ 44,6	- 45,3

* Der Überschussschlammanteil wurde um die entsprechenden Bestandsveränderungen im Belebungsbecken korrigiert.

Tabelle 3: Überschussschlammanteil im Referenz- und Versuchszeitraum

	ABLAUF KLÄRANLAGE		
	BSB ₅ [mg/l]	CSB [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]
	REFERENZZEITRAUM		
Mittel	3,3	19,8	7,95
Min	2,3	16,0	3,60
Max	6,2	25,2	13,13
	VERSUCHSZEITRAUM		
Mittel	2,7	18,3	5,66
Min	1	15,0	4,19
Max	5,5	25,3	7,71
Veränderung [%]	- 22,2	- 8,1	- 40,4

Tabelle 4: Ablaufkonzentrationen im Referenz- und Versuchszeitraum

Cornel, P.: Membranbelegung – biologische Abwasserreinigung ohne Anfall von Überschussschlamm?, in Kommunale Klärschlammbehandlung vor dem Hintergrund der neuen europäischen Klärschlammrichtlinie, 61. Darmstädter Seminar Abwassertechnik, November 2000

Dorau, W.: Erfahrungsbericht zum kontinuierlichen Betrieb einer Membranbiologie ohne Überschussschlammabzug, Begleitbuch zur 2. Aachener Tagung Membrantechnik, Institut für Verfahrenstechnik und Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 1998

Esch, B., Krüger, G.: Entsorgung von Kläranlagenrückständen in Deutschland, Ergebnis der ATV-Umfrage für 1996, *Korrespondenz Abwasser*, Nr. 6, S. 943 – 952, 1999

Geissen, S.: Untersuchungen zur Überschussschlammproduktion biologischer Abwasserreinigungssysteme, Dissertation, Technische Universität Clausthal, Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen, 1990

Hansen, J., Steinmetz, H., Zettl, U.: Betriebsergebnisse zum Einsatz der Reinsauerstoffbegasung zur weiter gehenden Stickstoffelimination bei einer Anlage mit Weinbaueinfluss, *Abwassertechnik (awt)*, Heft 2, S. 32 – 36, 1996

Hartmeier, W., Bronn, W. K., Dellweg, H.: Neue Erkenntnisse über den Einfluss des O₂-Partialdrucks auf den Stoffwechsel von Mikroorganismen, *Chemie-Ing.-Technik*, 43, Heft 1+2, S. 76 – 78, 1979

Härtner, T., Poralla, K.: Significance of bacterial surface-active compounds in interaction of bacteria with interfaces, *Microbiol Rev* 60, 1996

Hegemann, W.: Beitrag zur Anwendung von reinem Sauerstoff beim Belebungsverfahren, *Technisch-wissenschaftliche Schriftenreihe der ATV*, Bd. 3, 1974

Imhoff, K., Imhoff, K. R.: *Taschenbuch der Stadtentwässerung*, 28. Aufl., Oldenburg Verlag, München, 1993

Kollatsch, D.: Klärschlamm als Produkt aus der Abwasser- und Schlammbehandlung Teil 1 und 2, *Wasser Abwasser Praxis*, Heft 4, S. 42 – 48, 1998

KUNZ, P. M.: *Behandlung von Schlamm*, Vogel Buchverlag, Würzburg, 1. Aufl., 1998

Lang, S.; Trowitzsch-Kienast, W.: *Biotenside*, Verlag B. G. Teubner, Stuttgart, 2002
 PIRT: The maintenance energy of bacteria in growing cultures, *Proceedings of the Royal Society London*, 163B, S. 224 – 231, 1965

Reuss, M.: Sauerstofftransportmechanismen, in Rehm, M. J. (Hrsg.): *Biotechnologie*, Dechema Monographien, Bd. 81, Verlag Chemie, Weinheim, 1977

Sakai, Y., Fukase, T., Yasui, H., Shibata, M.: An activated sludge process without excess sludge production, *Water Science Technology*, 36, No. 11, S. 163 – 170, 1997

Schlegel, H. G.: *Allgemeine Mikrobiologie*, 7. überarbeitete Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1992

Staab, K. F.: Ist eine biologische Abwasserreinigung ohne Überschussschlammfall möglich?, *Wasser Abwasser Praxis*, Heft 4, 1997, S. 44 – 49

Steinmetz, H.: Einfluss von Abwasserinhaltsstoffen, Stoffwechselprozessen und Betriebsparametern von Belebungsanlagen auf den Sauerstoffeintrag in Abwasser-Belutschlamm-Gemischen, Dissertation, Universität Kaiserslautern, 1996

Stryer, L.: *Biochemie*, Spektrum Akademischer Verlag, 4. Aufl., Heidelberg, 1996.

Wagner, F.; Lang, S.: Nonionic and anionic biosurfactants: microbial production, structures and physico-chemical properties, *Proceedings of the 2nd World Surfactants Congress*, Paris, 1988

Autor

Oliver Stark
 Stark Consult
 Kleinherbeder Straße 2a, 58455 Witten
 E-Mail: info@stark-consult.de

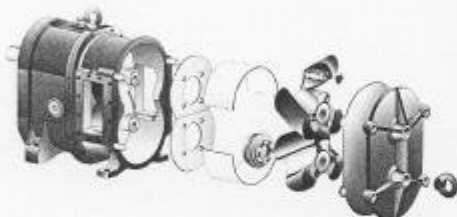


Drehkolbenpumpen Zerkleinerungstechnik

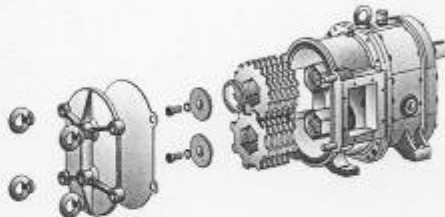
BÖRGER®

Wir haben die Drehkolbenpumpe nicht erfunden, aber etwas Besonderes daraus gemacht!

Für Börger Drehkolbenpumpen sprechen die hohe Energieeffizienz, die Materialvielfalt, die geringen Lebenshaltungskosten, die Wartungsfreundlichkeit sowie die kundenindividuelle Pumpenwahl und Konstruktion.



Der Börger Unihacker ist ein Zerkleinerungsgerät, das auf dem Grundprinzip der Drehkolbenpumpe basiert. Anstatt der Rotoren werden gezahnte Messerscheiben auf die Wellen geschoben.



Mobilaggregate ermöglichen einen flexiblen Einsatz.



Als Handwagen mit E-Antrieb, als einfacher PKW-Anhänger oder als Kompletttaggregat mit Schallschutzeinhausung

Für Ihre anderen Zerkleinerungsaufgaben.



Der Börger Multichopper, ein Lochscheibenzerkleinerer mit 6 Schneideinheiten/je Umdrehung und optimaler Messereinstellung

Börger GmbH · Benningsweg 24 · D - 46325 Borken-Weseke · Tel: +49 (0) 28 62 / 91 03-20 · www.boerger.de