

Erfahrungen mit getauchten Festbettreaktoren für die Nitrifikation

T. Lessel, T. Kopmann, Eichenau

Zusammenfassung

Für die Kläranlage Geiselbullach (250 000 EW) war die weitergehende Abwasserreinigung und Nitrifikation bereits 1986 eine absehbare Forderung. Da Flächen für weitere Belebungsbecken nicht verfügbar waren, wurden 1986 mit drei verschiedenen Festbettkörper-Materialien mehrmonatige Versuche im halbertechnischen Maßstab durchgeführt mit dem Ziel, die Konzentration der Biomasse im Belebungsbecken deutlich steigern zu können, um so die für die Nitrifikation erforderliche niedrige Schlammbelastung zu erreichen. Jedes der drei getesteten Materialien führte im Versuchsbetrieb nach kurzer Zeit zur signifikanten Erhöhung der Schlammkonzentration im Belebungsbecken sowie zur Nitrifikation. Für die großtechnische Ausrüstung der Kläranlage wurde ein Festbettkörpermaterial aus Polyvinylidenchlorid (PVDC) gewählt, das aus vertikal gespannten Schnüren mit eingewebten Schlaufen besteht. Diese Festbettkörperstruktur wies nicht die betrieblichen Nachteile der zwei anderen Systeme auf.

Nach dreijähriger Betriebserfahrung des im großtechnischen Maßstab eingesetzten Festbettkörperverfahrens sind die Gebrauchsfähigkeit und die sichere Wirkung und der stabilisierende Effekt der sessilen Biomasse auf den getauchten Festbettkörpern festzustellen. Dieser Bericht befaßt sich mit den Vorversuchen, den gewählten Bemessungsgrößen, den Konstruktionsmerkmalen sowie mit den Betriebsergebnissen und den Problemen in der praktischen Anwendung.

dosfolat®

- erhöhter Wirkungsgrad
- reguliert Überlastungen
- bekämpft toxische Schocks
- vermindert Einsatz von Additiven
- reduziert Schlammvolumen, verbessert Schlamm-eigenschaften

ALPHACHEMIE :: HAMBURG
Informationen: Dr. Hübener Tel. 040/ 7534321

EXPERIENCES WITH SUBMERGED FIXED-BED REACTORS FOR NITRIFICATION STAGES

Summary

In 1986 already, it was foreseeable that the Geiselbullach sewage treatment works (250,000 p.e.) would be fitted with an advanced sewage treatment and nitrification stage. As there was no space to build further aeration tanks, semi-scale tests over several months were run in 1986 with three different fixed-bed filter materials with a view to considerable raising the biomass concentration in the aeration tank thus obtaining the low sludge loads which are required for nitrification. After a short while, all three materials that were tested produced a significant increase in the sludge concentration in the aeration tank and nitrification occurred. For the full-scale plant, a polyvinylidene chloride (PVDC) fixed-bed filter material was chosen which consists of vertical cords with woven-in loops. This structure did not have the drawbacks observed in the two other systems.

After two years of operating experience with the fixed-bed filter method in a commercial-scale plant, one can say that fixed-bed filters can be safely used in the field and that the sessile biomass has a stabilizing effect on the submerged reactor. Because of the past mild winters we still lack experience with sewage temperatures of below 10 °C. This report describes the preliminary tests, the dimensional parameters which were chosen, design characteristics, and the operating results obtained in the field.

EXPÉRIENCES RELATIVES AUX RÉACTEURS À LIT FIXE IMMERGÉS À NITRIFICATION

Résumé

L'épuration poussée des eaux usées et la nitrification étaient une exigence à prévoir pour la station d'épuration de Geiselbullach (250 000 hab. – équiv.). Lorsqu'il n'y avait pas de terrain pour d'autres bassins d'activation, on a effectué, en 1986, des essais de plusieurs mois à l'échelle semi-technique avec trois différents matériaux de lit fixe ayant pour but de pouvoir augmenter nettement la concentration de la biomasse dans le bassin d'activation afin d'arriver donc à la basse charge massique nécessaire à la nitrification. Chacun des trois matériaux testés a mené dans le test après peu de temps à l'augmentation significative de la concentration des boues dans le bassin d'activation ainsi qu'à la nitrification. En ce qui concerne l'équipement à l'échelle industrielle de la station, on a choisi un matériau du dispositif à lit fixe en

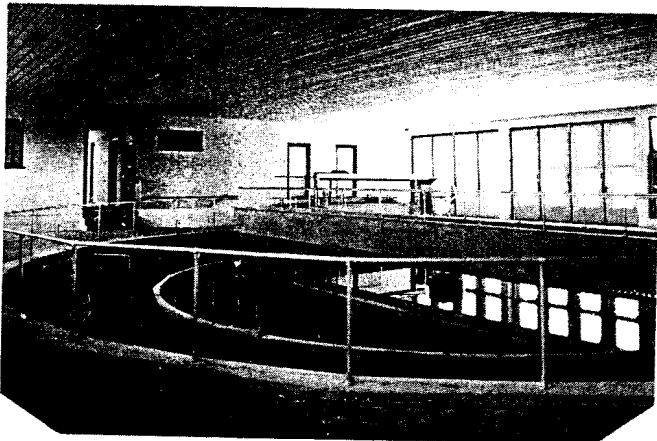
chem Beckenvolumen zu erzielen. Die Anwendung von getauchten Festbettreaktoren bot sich als Lösung an, da von diesen Systemen eine deutliche Verbesserung der Belebtschlammkonzentration berichtet wurde [1, 2, 3].

2. Pilotversuche im halbtechnischen Maßstab

Das Verfahren mit getauchten Festbettreaktoren ist als eine Kombination der Tropfkörpertechnik mit dem Belebtschlammverfahren zu sehen [3, 5]. Ein guter Festbettkörper muß folgende Eigenschaften aufweisen: eine große spezifische Oberfläche, eine Oberfläche, die der Biomasse Halt bietet, und eine Struktur, die eine gute Sauerstoffversorgung gewährleistet und ein Anwachsen zu dicker Schichten Biomasse verhindert, denn die Versorgung der tieferliegenden Schichten in der anhaftenden Biomasse mit Nährstoffen und Sauerstoff ist eine Voraussetzung für eine gute Funktion.

Aus dem Marktangebot des Jahres 1986 wurden drei Materialien als Vertreter verschiedener Festbettreakortypen ausgewählt, die in halbtechnischen Versuchen getestet wurden. Ziel dieser Versuche war es, das für die großtechnische Anwendung geeignetste Material zu ermitteln.

HORNBACH ABWASSERTECHNIK



Kommunale Kläranlagen
Regenbecken
Löschwasserbehälter
H-Schachtprogramm
Abscheider
Kleinbelebungsanlagen
Kleinkläranlagen

HORNBACH KLÄRANLAGEN

GmbH & Co KG

Neuburger Straße 7 · Postfach 40
6729 Hagenbach/Pfalz
Tel. (07273) 1074-77 · Fax 1078

Weißenseer Straße Postfach 46
O-5230 Sömmerda/Th
Tel. (0037626) 22077 · Fax 21516

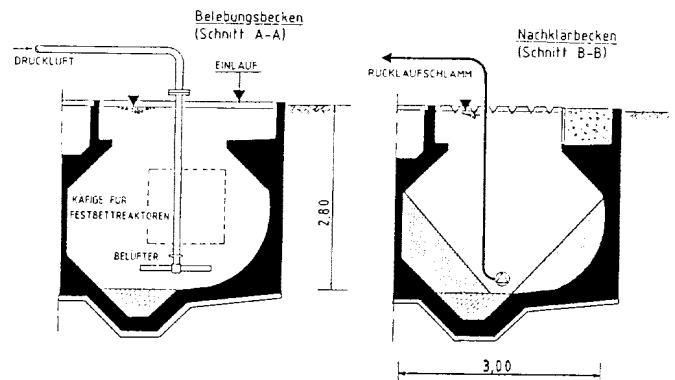
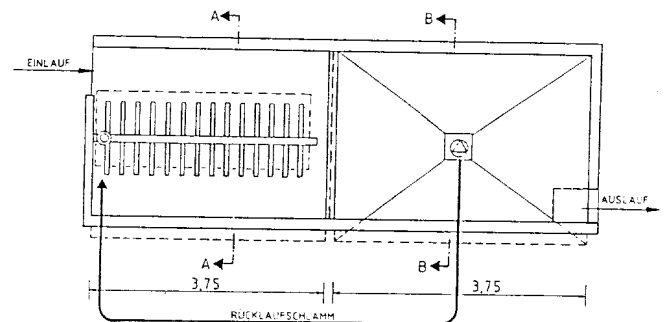
Die für den Test gewählten Systeme der getauchten Festbettkörper können drei Typen zugeordnet werden:

Typ A: Festbettkörper, bestehend aus festem Material und festen Strukturen, die in Käfigen montiert werden (gewähltes Material: Bionet der Fa. Norddeutsche Seekabelwerke, Nordenham)

Typ B: Festbettkörper, bestehend aus kleinen Schaumstoffwürfeln, die im Abwasser schweben (gewähltes Material: Linpor der Fa. Linde, München)

Typ C: Festbettkörper, bestehend aus beweglichen Strukturen, die in Käfigen montiert werden (gewähltes Material: Ring-Lace der Fa. Grünbeck, Höchstädt)

Das Schema und die Größe der halbtechnischen Versuchsanlage ist aus Bild 1 zu ersehen.



Bei den vorhandenen Temperaturen von 12 °C und darüber konnten innerhalb weniger Tage die verbesserten Schlammeneigenschaften festgestellt werden. Die Unterschiede bei den Leistungen der verschiedenen Materialien dürfen nicht überbewertet werden, da die Versuchsdauer nur jeweils 6 bis 12 Wochen betrug und der Umfang der ermittelten Betriebsdaten eine statistische Absicherung nicht erlaubt.

Die Ergebnisse der Pilotversuche sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Diese Ergebnisse bewiesen die Fähigkeit jedes getesteten Materials, die Nitrifikation in Gang zu bringen. Die Pilotversuche erlaubten darüber hinaus Feststellungen zum Betrieb mit den Materialien, die als wesentlich erachtet werden:

Typ A: Der getestete Bionet-Festbettkörper besteht aus einer starren Struktur aus PE-Material (Bild 2a). Das Käfigvolumen der Festbettkörper betrug 20% des Belebungsbeckenvolumens. Die Anordnung und der Betrieb der Anlage erfolgte in Absprache mit dem Lieferanten. Nach einigen Wochen kontinuierlichen Betriebes wurden dunkle (anaerobe) Schlammansammlungen mit Schichtdicken von 10 mm und mehr vorgefunden, insbesondere in den spitzen Win-

Biomasse war mit höchstens 10 g TS pro m Schnur wesentlich geringer als vermutet war; der Nitrifikationsprozeß kam jedoch in gleicher Weise in Gang wie bei den anderen Materialien.

Aufgrund der Feststellung, daß das Material vom Typ C nicht in gleicher Weise zur Produktion von anaeroben Schlämmen neigt, wurde für die Ausrüstung der großtechnischen Anlage das Ring-Lace-Material gewählt.

3. Bemessung und Konstruktionsangaben für die Ausrüstung der Belebungsanlage mit Ring-Lace Festbettkörpern

3.1 Festbettkörpervolumen, spezifische Schnurdichte

Im allgemeinen wird ein Volumenverhältnis von 18% bis 28% für Festbettkörper in einseitig belüfteten Belebungsbecken angegeben [1, 2, 3, 4]. Größere Käfige können Probleme hinsichtlich einer gleichmäßigen Durchströmung verursachen. Eine gleichmäßige Durchströmung ist jedoch Voraussetzung für die ausreichende Versorgung der anhaftenden Biomasse mit den Nährstoffen und dem gelösten Sauerstoff im Abwasser und für die angestrebte Aktivität der Biomasse [4, 7]. Für die großtechnische Anlage wurde ein Volumenverhältnis von 26% gewählt.

Für die Dichte der Ring-Lace-Schnüre in den Käfigen werden Werte zwischen 250 und 500 m/m³ empfohlen [6]. Eine höhere spezifische Dichte würde das Risiko des Zusammenwachsens von Schlammschichten nahe den Schnurenden

und damit die Gefahr von anaeroben Schlämmen erhöhen. Eine spezifische Dichte von 500 m/m³ bedeutet einen horizontalen Abstand von 45 mm der Schnüre im Käfig.

Es wurde eine spezifische Dichte von ca. 450 m/m³ für die Großanlage gewählt; damit ergab sich eine Gesamtlänge von 494 000 m Schnur pro Becken. In zwei Belebungsbecken wurden dann insgesamt ca. 988 km Ring-Lace-Material als Festbettkörper eingebaut.

3.2 Menge der anhaftenden Biomasse

Der Lieferant ging von 25 g Biomasse (TS) pro m Ring-Lace-Schnur im Normalfall aus. Er garantierte mind. 13 g TS/m. Bei der Ausrüstung mit 494 000 m Schnur pro Becken (4 200 m³) ließ sich bei dem Garantiewert (13 g TS/m) eine Biomasse von 6 422 kg TS ermitteln, die umgerechnet auf das Beckenvolumen einen Anteil von 1,5 g/l ergab.

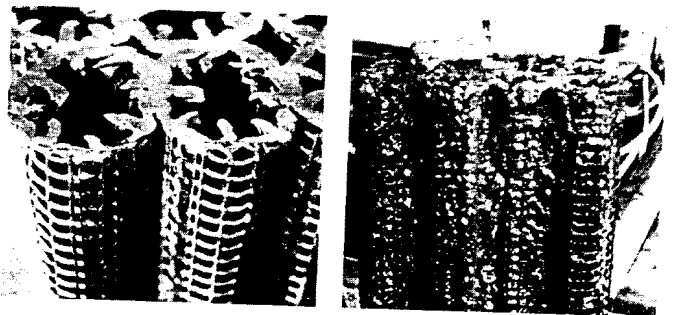


Bild 2a, b: Bionet-Festbettreaktoren ohne und mit sessiler Biomasse



Bild 3a, b: Linpor-Festbettreaktoren (Schaumstoffwürfel) ohne und mit Biomasse

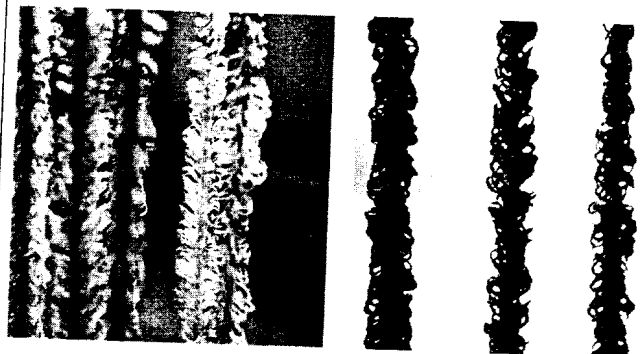


Bild 4a, b: Ring-Lace Festbettreaktoren (Schnüre) ohne und mit sessiler Biomasse

SWIT-ENTEISER

flüssig

mit Langzeitschutz
bei stärksten Kältegraden

- Enteist, verhindert Eisbildung längerfristig
- Gütegeprüft, neutral auf Betonflächen und anderen Materialien
- Biologisch abbaufähig
- Hält Laufflächen, Räumerbrücken, Rührwerke usw. eisfrei

Polar-Eisräumer für Rund- und Hängerräumer

Swit-Granulat für Geh- und Fahrwege zum Streuen.

Silcon-Chemie GmbH
Postfach 10 02 54
Borsigring 10
W-3163 Sehnde
Telefon 0 51 38/10 66
Telefax 0 51 38/91 53

3.3 Spezifische Festbettbelastung

Nach Angaben des Lieferanten war in Betriebs-Anlagen in Japan (nur dort war bis dahin dieses Verfahren eingesetzt) eine optimale spezifische Festbettbelastung von 10 g BSB₅

Abwasserreinigung

chlorure de polyvinyldeue qui consiste en cordons à lacets ridés de manière verticale. Cette structure du dispositif à lit fixe n'avait pas les inconvénients d'exploitation de deux autres systèmes.

Après des expériences d'exploitation de deux années du procédé de récteur à lit fixe employé à l'échelle industrielle, on a pu constater l'utilité et l'effet sur et stabilisant de la biomasse sessile au dispositif à lit fixe immergé. Mais ils manquent – à cause des derniers hivers doux – encore des expériences relatives aux températures d'eaux usées inférieures à 10°C. Ce rapport s'occupe des essais préliminaires, des données de dimensionnement choisies, des paramètres de construction ainsi que des résultats d'exploitation au service pratique.

1. Situation und Zielsetzung

Bei der Kläranlage Geiselbullach, 10 km westlich von München, handelt es sich um eine vor 25 Jahren errichtete Anlage mit einer mechanischen und einer biologischen Stufe. Da die Belebungsanlage entsprechend den früheren Kriterien für eine hohe Raum- und Schlammbelastung ausgelegt war, ließ sich ein weitgehender Kohlenstoff- und Stickstoffabbau (Nitrifikation) nicht erreichen. Die Anlagendaten sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefaßt.

Parameter		Ablauf der	
		mechanischen Stufe	biologischen Stufe
BSB ₅	mg/l	150–250	10–20
CSB	mg/l	300–400	40–70
NH ₄ -N	mg/l	35–45	25–40
SS	mg/l	–	15–30

Tabelle 1: Abwasserparameter der Kläranlage Geiselbullach 1986 (vor Umbau)

Abwassermenge	35 000 m ³ /d
Raumbelastung B _R	0,80 ÷ 1,0 kg BSB ₅ /m ³ · d
Schlammkonzentration	1,4 ÷ 1,8 kg/m ³
Schlammbelastung B _{TS}	0,50 ÷ 0,80 kg BSB ₅ /kg · d
Belebungsbeckenvolumen	7 800 m ³
Rücklaufverhältnis	0,5 ÷ 1,0
Schlammvolumenindex I _{SV}	180 ÷ 300 ml/l

Tabelle 2: Betriebsparameter der biologischen Stufe vor dem Umbau

Folgende neue Anforderungen an den Ablauf der Kläranlage waren ab 1985 absehbar: BSB₅ ≤ 20 mg/l; CSB ≤ 90 mg/l; NH₄-N ≤ 10 mg/l (Mai bis Okt.) und SS ≤ 20 mg/l. Aus betrieblichen Gründen wurde auch eine kontrollierte Denitrifikation (NO₃-N ≤ 10 mg/l) angestrebt.

Die weitergehende Reinigung erfordert eine Schlammbelastung von ca. 0,15 kg/kg · d oder niedriger und daher eine deutliche Erhöhung der Belebtschlammmenge. Das Gelände der Kläranlage erlaubte den Bau nur eines weiteren Belebungsbeckens mit 4 200 m³ Inhalt. Daher war die erforderliche Erhöhung der Schlammmenge nicht allein mit zusätzli-

Abwassertechnik

Rechenanlagen
 Siebanlagen
 Rechengruppressen
 Rechenguttransport
 Rechengutzyklisierung
 Containerverschiebeeinrichtung
 Sandfanganlagen
 Sandfangräume
 Sandklassierer
 Vorklärbeckenräume
 Belüftungseinrichtungen
 Tropfkörperanlagen
 Nachklärbeckenräume
 Eindickeranlagen
 Phosphatelimination
 Zubehör für Klärbecken
 Absperroorgane

Informationsmaterial erhalten Sie von:
 Hellmuth, Obert & Kassabaum AG, Jardastraße 3
 D-7500 Karlsruhe 21, Tel. 0721/75001-30
 Fax 0721/75001-215, Telex 721143 GWKA

VORBEREITUNGSLEHRGANG ZUM

ABWASSERMEISTER*)

Seit Mai 1989 führt die ATV Vorbereitungslehrgänge für die staatliche Prüfung zum Abwassermeister*) im Fernstudium oder als Intensivkurs durch.

- Fernlehrgang: Dauer 36 Monate, Beginn jederzeit
- Intensivkurs: Dauer 12 Monate, Beginn jeweils zum 1. 10. eines Jahres, Voraussetzung Ver- und Entsorgerprüfung
- Durcharbeitung von 50 Lehrheften
- Vorbereitung auf die Prüfung nach der Ausbildereignungsverordnung (AEVO)
- Besuch von 3 Seminaren im ZAWA, Essen-Heidhausen
- Prüfung durch die zuständige Stelle von Nordrhein-Westfalen, Landesamt für Wasser und Abfall, Mettmanner Str. 16-18, 4000 Düsseldorf 1
- Fördermöglichkeit durch das Arbeitsamt

Ausführliches Informationsmaterial über beide Varianten — auch über finanzielle Förderungsmöglichkeiten — erhalten Sie von der Abwassertechnischen Vereinigung e. V., Frau Buchbender, Telefon 0 22 41/2 32 19.

*) Meister/Meisterin in der Ver- und Entsorgung mit dem anerkannten Abschluß Geprüfter Abwassermeister/Geprüfte Abwassermeisterin

HST

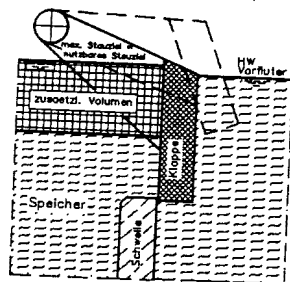
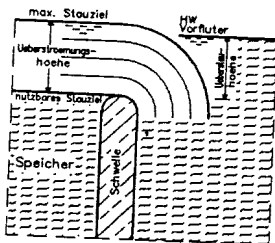
HST HYDRO-SYSTEMTECHNIK GMBH
EMHILDISSTRASSE 16 TELEFON: 0291/2235
D-5778 MESCHEDÉ TELEFAX: 0291/7691

Ihr Partner rund um's RÜB

RÜB – Entlastung Vergleich

feste Wehrschwelle

schwimmergesteuerte Wehrklappe (ASK-Wehr)



Vorteile des ASK-Wehres:

- exakte Stauzielhaltung
- optimale Nutzung von Speichervolumen
- Hochwasserschutz bis zum Stauziel
- geringe Bauwerksgröße
- Rückhaltung von Schwimmstoffen im Kanal
- Antrieb ohne Fremdenergie
- weitgehend wartungsfreier Betrieb

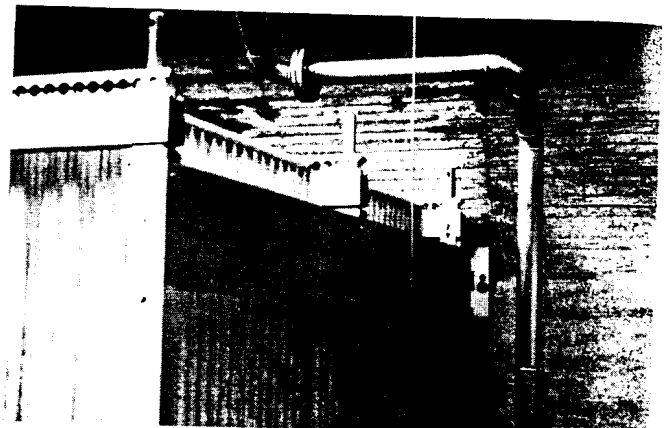


Bild 7: Detail an der Oberseite der Käfige mit Spindeln zur Korrektur der Vorspannung

tion unterbanden. Dauerhaft stabile Betriebsverhältnisse und die kontinuierliche Nitrifikation waren dann ab Mai 1989 möglich.

Im Juni 1988 wurde die Phosphatfällung durch Zugabe von Eisen-III-Chlorid-Sulfat in den Zulauf zum Sandfang gestartet; diese Vorfällung beeinflusst bekanntermaßen die Eigenschaften des Belebtschlammes. Daher steht für die Ermittlung des Einflusses der getauchten Festbettkörper auf die Belebtschlammeeigenschaften lediglich der Zeitraum von Januar bis Juni 1988 zur Verfügung. Im November 1988 wurde die Vorfällung ersetzt durch eine Simultanfällung, was wiederum eine erhebliche Veränderung der Betriebszustände verursachte.

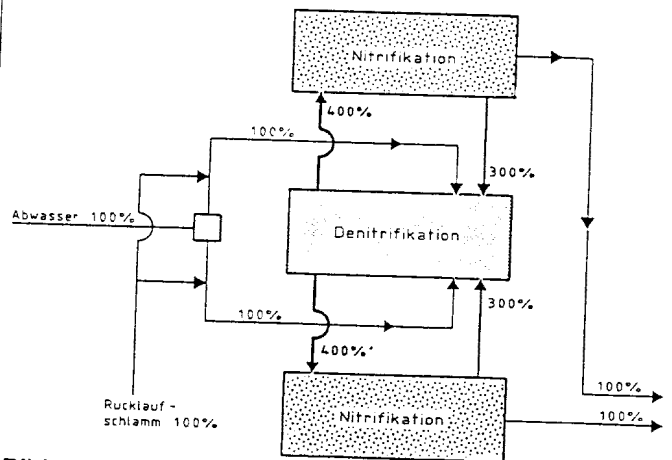


Bild 8: Fließschema für die biologische Stufe in Geiselbüllach mit Denitrifikation und Nitrifikation

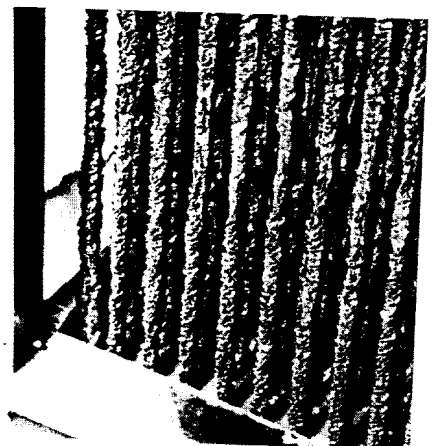


Bild 9: Blick auf die Ring-Lace-Schnüre nach mehrmonatigem Betrieb

Festbettkörper		Ergebnisse unter Nitrifikations-Bedingungen (Mittelwerte)						
		CSB (mg/l)		NH ₄ -N (mg/l)		BSB ₅ -Raum- belastung B _R (kg/m ³ ·d)	BSB- Schlammbe- lastung B _{TS} (kg/kg·d)	Beleb- schlammkon- zentration im Belebungs- becken**) g/l)
Typ	Name	Zulauf*)	Ablauf	Zulauf*)	Ablauf			
A	Bionet	245	37	34	2	0,52	0,20	2,6
B	Linpor	235	37	45	2	1,12	0,40	2,8
C	Ring- Lace	270	36	39	2	0,95	0,34	2,8
Zum Ver- gleich: Groß- anlage (ohne Festbett- reaktoren)		290	41	38	32	0,85	0,64	1,3

*) Zulauf zur biologischen Stufe **) ohne anhaftende Biomasse

Tabelle 3: Ergebnisse aus den Pilotversuchen unter Nitrifikations-Bedingungen

keln, wo die zylinderförmigen Strukturen zusammentreffen (Bild 2b). Solche Schlammansammlungen können möglicherweise mit einer starken Turbulenz vermieden werden, die aber mit wesentlich höheren Kosten für die Belüftung verbunden wäre.

Typ B: Das getestete Linpor-Material wurde in einer Menge von 25 % des Belebungsbeckenvolumens zugegeben (Bild 3a). Die Bestimmung der Schaumwürfelmenge und der

senkrecht in Käfigen eingespannt.

Das eingebaute Käfigvolumen betrug 25 % des Beckenvolumens. Die Festlegung der Größe und Anordnung der Käfige und der Betrieb erfolgten in Absprache mit dem Lieferanten. Die Versuchsdauer betrug sechs Wochen. Es wurde festgestellt, daß sich die Schnüre in der turbulenten Strömung bewegten. Ansammlungen dunkler Schlammschichten wurden nicht beobachtet (Bild 4 b). Die Menge der anhaftenden

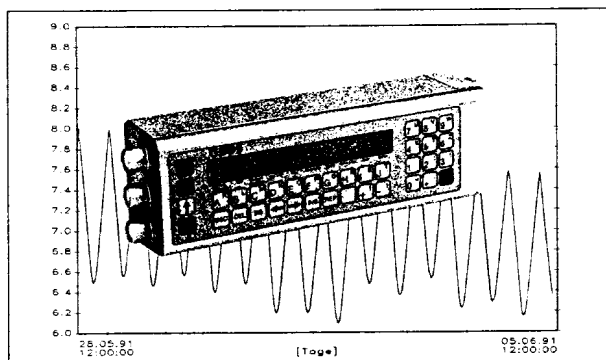
Betrieb erfolgten in Absprache mit dem Lieferanten. Nach zwei Wochen Dauerbetrieb unter Nitrifikationsbedingungen wurde festgestellt, daß trotz kontinuierlicher Belüftung ein Großteil der Schaumstoffwürfel (ca. 50 %) auf den Beckenboden abgesunken war und dunklen (anaeroben) Schlamm enthielt (Bild 3b). Selbst mit der größtmöglichen Belüftung ließen sich diese Schaumstoffwürfel nicht wieder in die Schwebelage bringen. Der Lieferant hatte keine plausible Erklärung für diese Erscheinung und konnte auch keine Vorrichtung zur Sanierung der Verhältnisse anbieten.

Typ C: Der getestete Ring-Lace-Festbettkörper bestand aus flexiblen Schnüren mit eingewebten Schlaufen; das Material war ein modifiziertes PVC (Polyvinylchlorid) (Bild 4 a). Diese Schnüre wurden

MAXIBIT Abwassermessung!

Umweltmeßtechnik mit System

- Datensicherheit
- Benutzerfreundlich
- Robust und wetterfest
- Optimale Abmessungen
- Netzunabhängig
- Großer Datenspeicher
- Memory-Card-Speicher
- Kontinuierliche Messung



Ganglinie im Sammler, Abschlag am Regenüberlauf, Beckenbilanzierungen, digitale Niederschlagsaufzeichnung



DATEN-UND UMWELTECHNIK GMBH

U MWELT M E S S T E C H N I K
H A R D W A R E E N T W I C K L U N G
I N G E N I E U R S O F T W A R E

CELLER STR. 81 3300 BRAUNSCHWEIG
TEL. (05 31) 50 90 66 FAX 5 52 52

Fordern Sie Fakten!

Abwasserreinigung

den Schnüren ansammelte und damit die Gefahr der Bildung von anaeroben Schlämmen bestand. Innerhalb von 18 Monaten nach der Inbetriebnahme wurde der Abwasserspiegel in den Belebungsbecken zweimal soweit abgesenkt, daß die sonst getauchten Festbettkörper vollkommen frei lagen. Bei diesen Gelegenheiten wurde der Bewuchs auf den Ring-Lace-Schnüren in den Käfigen begutachtet. Obwohl an einigen Stellen — meist in der Nähe der oberen und unteren Befestigung — benachbarte Schnüre mit sessilen Biomassen „zusammengewachsen“ waren, konnte doch an keiner Stelle die Bildung von anaerobem, schwarzem Schlamm beobachtet werden (Bild 9).

Die Überschussschlammmenge nahm nach einigen Wochen bei stabilen Betriebsverhältnissen deutlich ab.

Eine Zusammenfassung der wesentlichsten Daten aus dem Betrieb der großtechnischen Anlage im Vergleich zum früheren Betrieb ohne getauchte Festbettkörper findet sich in Tabelle 4.

Neben den üblichen und nitrifizierenden Mikroorganismen wurden regelmäßig auch viele höher entwickelte Organismen (Würmer der Gattungen Nematoden, Tubifex, ...) sowohl in der sessilen als auch in der freischwebenden Biomasse beobachtet. Diese Sekundärorganismen fressen und reduzieren die für die biologische Reinigung des Abwassers erforderliche Biomasse, die aus niedriger entwickelten Organismen besteht.


Nach einer Betriebszeit von fast drei Jahren wurde im Januar 1991 eine massenhafte Entwicklung der Würmer bei gleichzeitig verschlechterter Reinigungsleistung in einer der beiden Straßen der biologischen Behandlungsstufe festgestellt. Ob ein Hochlast-Versuchsbetrieb vom November 1990, der zum (erfolgreichen) Nachweis der Leistungsfähigkeit des Verfahrens durchgeführt worden war, neben anderen Umständen Ursache dieses Mißstandes war, wird zwar vermutet, konnte aber nicht belegt werden.

Um die Wurmpopulation auf ein übliches Maß zu reduzieren, wurden im Frühjahr 1991 jeweils eines der zwei Belebungsbecken stillgelegt und in ihm über einen Zeitraum von jeweils zehn Tagen anaerobe Verhältnisse eingestellt. Luft wurde während dieser „Wurmkur“ nur täglich einmal ca. 30 Minuten eingeblasen, um die übliche Biomasse, insbesondere die Nitrifikanten am Leben zu erhalten. Es zeigt sich, daß nach einer solchen 10tägigen „Wurmkur“ nur noch wenige Würmer im Milieu der Biomasse festgestellt werden konnten. Eine Wiederholung der „Wurmkur“ nach etwa drei bis vier Wochen sollte auch die Würmer abtöten, die sich aus Eiern, die die erste „Kur“ überstanden hatten, entwickelt hatten.

Nach diesen Behandlungen stellte sich bisher (Stand Sept. 1991) kein neuer Mißstand wegen einer übermäßigen Population mit Würmern ein. Während der „Wurmkuren“ mußte die jeweils andere Straße die volle Last übernehmen. Dies führte zwar zu einer leichten Verringerung der Reinigungsleistung, die aber noch immer als gut einzustufen war (CSB = 55 mg/l, $\text{NH}_4 - \text{N} = 10 \text{ mg/l}$). Jedoch wurde das alternativ zu betreibende Deni-Becken während dieser Zeit ebenfalls als Nitrifikationsbecken benutzt; auf eine Denitrifikation wurde in dieser Zeit verzichtet.

Obwohl die Betriebserfahrungen seit dem Erreichen stabiler Verhältnisse im Mai 1989 noch nicht ausreichen, um endgültige Schlüsse zu ziehen, zumal Erfahrungen mit Abwassertemperaturen deutlich unter 10°C aufgrund der klimatischen Verhältnisse in den letzten Wintern fehlen, können doch folgende vorläufige Erkenntnisse zusammengefaßt werden:

- Anaerobe Schlammansammlungen auf den Festbettkörpern traten nicht auf.
- Die Konzentration der freischwebenden Biomasse in den Belebungsbecken konnte von 1,6 g/l auf zunächst 3,3 g/l (ohne P-Fällung, bei gleichzeitig ungünstigen und instabilen Betriebsbedingungen) und dann auf bis zu 10 g/l (mit simultaner P-Fällung, stabile Betriebsbedingungen) gesteigert werden.
- Der Schlammvolumenindex konnte von etwa 200 ml/l auf zunächst 144 ml/l und später auf 50–80 ml/l verbessert werden.
- Mit hohen Schlammkonzentrationen in den Belebungsbecken und daher geringen Schlammbelastungen ($B_{TS} \leq 0,15 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$) setzte die Nitrifikation nach wenigen Tagen ein und konnte — stabile Betriebsverhältnisse vorausgesetzt — bei Sauerstoffgehalten von $\geq 2,0 \text{ mg/l}$ problemlos aufrechterhalten werden. Erfahrungen bei Abwassertemperaturen unter 10°C fehlen noch. Die Anlage bewies bei einer Abwassertemperatur von 10°C ein noch erhebliches Regenerationsvermögen nach Störfällen.
- Die Abwasserreinigungsleistung bei den Parametern BSB_5 und CSB konnte im Vergleich zum Betriebszustand vorher (ohne Festbettreaktoren) gesteigert werden auf Werte, die bei 50–70 % der früheren Werte lagen. Diese Feststellung betrifft den Betrieb der Anlage mit den getauchten Festbetten und der simultanen Fällung.
- Die Menge der sessilen Biomasse lag im Bereich von 3,5 bis 11 g pro Meter Ring-Lace-Schnur. Umgerechnet auf die freischwebende Biomasse ergibt dies eine Erhöhung um etwa 0,5 bis 1,0 g/l.



BURBACH

Erwin Burbach
Maschinenfabrik GmbH
Postfach 21 40
D-5276 Wiehl-Bielstein
Telefon (0 22 62) 83 0
Telefax (0 22 62) 83 30
Telex 8 84 212 burb d

...Ideen für die Absperrtechnik

Nutzen Sie unsere Erfahrung.
Flachschieber für umfassende
Absperrtechnik.

pro Tag und pro m Ring-Lace-Schnur ermittelt worden [7]. Dieser Wert entsprach den gewählten Verhältnissen für die großtechnische Anlage.

3.4 Abmessungen und Material der Käfige

Die gewählte Käfigkonstruktion hat einen Querschnitt mit 2,50 m Höhe und 2,20 m Breite. Die Länge eines Käfigs reicht von 2,60 m bis 5,65 m (Bild 5). Die Käfige sind im Abstand von 0,60 m in Reihen über die gesamte Beckenlänge (ca. 60 m) und oberhalb der Belüfter angeordnet (Bild 6). Die Abstände zwischen den Käfigen waren erforderlich für die Zuleitungen der ausschwenkbaren Belüfterroste. Die Belüfterkerzen befinden sich 65 cm über dem Beckenboden und 45 cm unter der Unterseite der Käfige. Die Oberseite der Käfige liegt 60 cm unter dem Wasserspiegel. Das Gesamtvolumen der Käfige in den zwei Becken beträgt 2 200 m³.

Die Käfige wurden aus eloxiertem Aluminium gefertigt, für das eine Beständigkeitsgarantie gegen die üblichen Abwasserinhaltsstoffe abgegeben wurde. Diese Käfige mussten für die Ring-Lace-Schnüre mit anhaftender (nasser) Biomasse ausgelegt werden; diese Festbettkörper erreichen ein Gewicht von ca. 250 kg/m³.

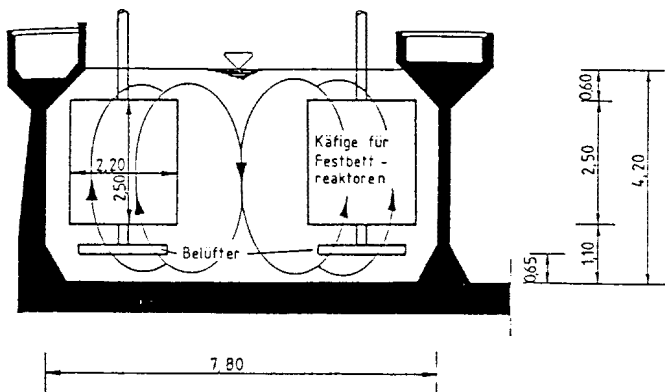


Bild 5: Einbauschema für die Ring-Lace Festbettreaktoren

3.5 Vorspannung der Schnüre

Die Schnüre sind sehr elastisch. Um die Schwingungsbreite der Schnüre im turbulenten Abwasserstrom zu begrenzen, werden sie beim Einbau mit 1 N vorgespannt.

Da eine Langzeiterfahrung mit dem Material aus vergleichbaren Anwendungsfällen nicht vorliegt, wurde eine Möglichkeit zur Korrektur der Vorspannung gefordert. Dieser Forderung wurde nachgekommen durch eine Käfigkonstruktion, bei der die Oberseite insgesamt bis zu 100 mm durch Spindeln angehoben werden kann (Bild 7). Zur Kontrolle und Korrektur der Vorspannung ist daher die Absenkung des Abwasserspiegels im Belebungsbecken nur soweit erforderlich, daß die Käfigoberseite zugänglich ist.

Tatsächlich wurde im Herbst 1989 die Vorspannung der Ring-Lace-Schnüre durch Anheben der Käfigoberseiten um 20 mm korrigiert.

4. Ergebnisse aus dem praktischen Betrieb

4.1 Wechselnde Betriebszustände

Der Betrieb mit den getauchten Festbettkörpern in der großtechnischen Anlage wurde im Januar 1988 aufgenommen; aufgrund der zahlreichen Außerbetriebnahmen von Becken

Immer mehr Unternehmen und Behörden investieren in Umwelttechnik und suchen an einer Messe konkrete Lösungen für ihre Bedürfnisse.

1992 6. - 9. Oktober
in Basel

mut

Europäische Messe für

Umwelttechnik mit internationalem

Kongress für Umwelttechnologie

und -forschung

Verlangen Sie die Anmeldeunterlagen für Aussteller

Schweizer Mustermesse
Sekretariat M. U. T. '92 Postfach, CH-4001 Basel
Tel. +41 61 686 20 00

für Umbauarbeiten lagen jedoch in den nächsten Monaten keine Voraussetzungen für eine Nitrifikation vor. Erst im Juli 1988 konnten stabile Betriebsverhältnisse erreicht und die einsetzende Nitrifikation für zwei Monate beobachtet werden, bevor erneut gestörte Betriebsverhältnisse die Nitrifika-

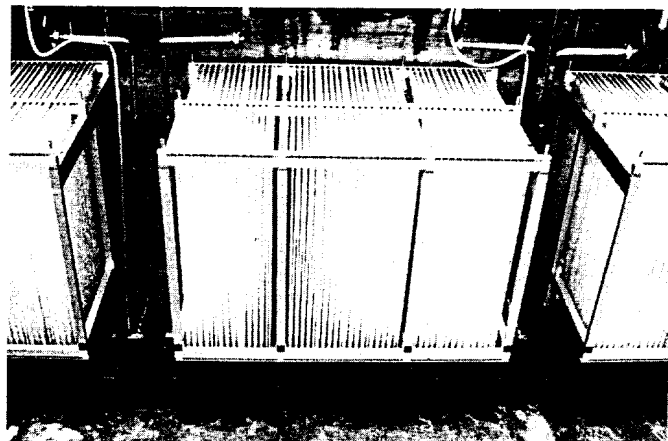


Bild 6: System der Anordnung der Festbettkörper im Belebungsbecken

Die mengenmäßige Entwicklung der höherentwickelten Mikroorganismen kann zum gewissen Grad über das Schlammalter beeinflusst werden. Weitere Steuermechanismen wären wünschenswert, stehen aber mangels Kenntnisse über die Zusammenhänge noch nicht zur Verfügung.

Da die höherentwickelten die geringerentwickelten Mikroorganismen fressen, verringert sich letzten Endes die Menge des Trockenrückstandes im Überschussschlamm. Dies hat Einfluß auf die Kosten der Schlammbehandlung.

- c) Das Problem der massenhaft auftretenden Würmer als hochentwickelte Organismen im Milieu der Biomasse stellt eine gewisse Unsicherheit im Betrieb der Festbettreaktoren dar, weil die Randbedingungen noch unbekannt sind [8]. Die in der Kläranlage Geiselbullach angewandte „Wurmkur“ war zwar erfolgreich, darf aber nicht als Teil des normalen Betriebes betrachtet werden. Nachdem die massenhafte Entwicklung von Würmern bei Bioschlämmen mit höherem Alter eher zu erwarten ist und die weitergehende Abwasserreinigung solche Schlämme erfordert, ist die Erforschung der Bedingungen, unter denen sich die Würmer übermäßig vermehren, dringend geboten.
- d) Nachdem die Dauer des Betriebes mit den getauchten Festbettkörpern ohne gleichzeitige Phosphat-Fällung nur relativ kurz und der Betrieb durch verschiedene Betriebszustände nicht gleichbleibend war, ist die Sicherheit der Aussage, inwieweit die getauchten Festbettkörper allein eine Verbesserung gebracht haben, beschränkt. Die Verbesserungen sind vermutlich deutlicher, als sie aus den Ergebnissen in der Tabelle 4 für die Zeit Januar bis Juni 1988 hervorgehen.
- e) Obwohl die Menge der fixierten Biomasse pro Meter Ring-Lace-Schnüre nur etwa 50 % von dem garantierten Wert erreichte, entsprachen die Ergebnisse des Verfahrens voll den Erwartungen. Es scheint, daß die gegenseitige Beeinflussung der fixierten und suspendierten Biomasse für den Nitrifikationsprozeß von größerer Wichtigkeit ist als die Menge der an den Schnüren fixierten Biomasse. Im Fall der Kläranlage Geiselbullach wird der Kläranlagenbetreiber auf seine Rechte verzichten, die aus der Nichteinhaltung der garantierten Menge sessiler Biomasse erwachsen, weil das Prozeßziel auch ohne diesen Wert erreicht wurde.

5. Kosten und Gedanken zu einer Kosten-Nutzen-Rechnung

Die Investitionskosten für die ca. 2 200 m³ Festbettkörper mit ca. 988 000 m Ring-Lace-Schnüren betragen (1987) etwa 3,2 Mio. DM. Im Vergleich zu den Kosten für andere Festbettkörpersysteme war dieser Betrag hoch. Im vorliegenden Fall wurden die betrieblichen Vorteile als gewichtiger angesehen als die Mehrkosten.

Der Hauptvorteil der getauchten Festbettkörper wird in dem Umstand gesehen, daß die Belebungsanlage mit einem wesentlich höheren Feststoffgehalt betrieben werden kann. Verglichen mit der normalen Belebungsanlage, in der Belebtschlammkonzentrationen von etwa 2,0 g/l erreicht werden, kann für die Verhältnisse in Geiselbullach eine Steigerung der Biomasse pro Beckenvolumen allein durch die getauchten Festbettkörper um mind. 75 % angesetzt werden (= mind. 3,5 g/l). Um in Geiselbullach mit einer konventionellen

Belebungsanlage zur gleichen Schlammmenge zu kommen, wären mind. 6 000 m³ zusätzliches Beckenvolumen benötigt worden, für das — einschließlich der Installationen — überschlägig ca. 6 Mio. DM zu veranschlagen gewesen wären. Die Betriebskosten wären etwa gleich hoch wie für die Anlage mit Festbettreaktoren gewesen.

Die Ergebnisse, die auch zeigen, daß die Anlage mit noch deutlich höheren Schlammgehalten gefahren werden kann, bestätigen somit der Lösung mit den getauchten Festbettkörperreaktoren ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Abgesehen von dieser Betrachtung soll daran erinnert werden, daß die Entscheidung für eine konventionelle Belebungsanlage mit entsprechender Erweiterung des Beckenvolumens aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse in Geiselbullach nicht möglich war.

6. Schlußbetrachtung

Um die Nitrifikation in der Belebungsanlage der bestehenden Kläranlage Geiselbullach (250 000 EW) zu ermöglichen, war die Anwendung von getauchten Festbettkörpern vorgeschlagen worden. In Pilotversuchen im halbttechnischen Maßstab wurden drei verschiedenartige Festbettkörper untersucht. Jedes dieser drei Systeme erreichte unter den erforderlichen stabilen Bedingungen jeweils nach wenigen Tagen die Nitrifikation. Die Pilotversuche zeigten aber auch die Gefahr von Betriebsproblemen aufgrund von übermäßigen Schlammansammlungen und/oder anaerober Schlämme an den Festbettkörpern. Schnurartige Festbettkörper, die in Gestellen („Käfige“) senkrecht gespannt werden und sich im turbulenten Abwasserstrom bewegen, zeigten keine Neigung zu übermäßigen Schlammanlagerungen.

1987 wurden zwei Belebungsbecken (je ca. 4 200 m³) der großtechnischen Anlage mit diesen schnurartigen, getauchten Festbettkörpern ausgerüstet. Die Wirkungen in der Großanlage wurden seit der Inbetriebnahme im Januar 1988 beobachtet. Der Anlagenbetrieb war zunächst instabil aufgrund häufiger Außerbetriebnahmen von Becken für restliche Umbauarbeiten. Ab Juni 1988 wurde zusätzlich die Phosphat-Fällung durch Zugabe von Eisen-III-Chlorid-Sulfat betrieben, die wiederum die Biologie beeinflusste.

Aufgrund der Erfahrungen aus mehr als drei Jahren mit der großtechnischen Anlage kann bestätigt werden, daß die getauchten Festbettreaktoren die Eigenschaften des Belebtschlammes wesentlich verbesserten mit dem Erfolg, daß beinahe beliebig hohe Schlammgehalte in der Belebungsanlage erreicht werden können. Die Nitrifikation konnte sicher erreicht und eingehalten werden, auch bei den tiefsten Abwassertemperaturen im Beobachtungszeitraum (8 °C). Ansammlungen von größeren Schlammschichten oder anaerobe Schlämme auf den Festbettreaktoren traten nicht auf. Im Belebtschlamm konnten zahlreiche höherentwickelte Mikroorganismen beobachtet werden. Zu Problemen können diese führen, wenn sie plötzlich massenhaft auftreten und die übliche Biomasse zu stark reduzieren. Eine „Wurmkur“ konnte Abhilfe schaffen, doch ist die Forschungsarbeit auf diesem Gebiet noch dringend erforderlich, um für die Steuerung der Biozönose mehr Mittel zur Verfügung zu haben.

Literatur

- [1] Hegemann, W. und Wildmoser, A.:
Sanierung einer Belebungsanlage durch den Einsatz von schwimmenden Aufwuchskörpern zur Biomassenanreicherung
gwf-wasser/abwasser 127 (1986), H. 9, S. 415—421

	BSB ₅ (mg/l)		CSB (mg/l)		NH ₄ -N (mg/l)		NO ₃ -N (mg/l)		η-N	Temp. Bereich (°C)	BSB- Schlamm- belastung B _{TS} (kg/kg.d)	Beleb- schlamm- gehalt im BB (g/l)	Schlamm- volumen- index I _{sv} (ml/l)	Über- schuß- schlamm (kg TS /kgBSB ₅)
	Zu- lauf*	Ab- lauf	Zu- lauf*	Ab- lauf	Zu- lauf*	Ab- lauf	Zu- lauf*	Ab- lauf						
1987 (ohne Festbett- körper)	170	11	310	53	36	32	= 1	1,1	10 %	10-17	0,56	1,6	198	0.88
1988: Januar-Juni (mit Festbettkörper, ohne P-Fällung, ohne Denitrifikation, instabile Betriebs- verhältnisse)	125	13	280	44	35	28	1,6	2,7	14 %	10-15	0,40	3,3	144	1.28
Mai 1989-April 1990 (mit Festbettkörper, mit P-Fällung)	137	6,6	343	27	38	1,7	0,4	10	70 %	11-16	0,10	7,0	66	0.47

* Zulauf zur biologischen Stufe
** ohne Anteil sessiler Biomasse

Tabelle 4: Betriebsdaten (Mittelwerte) von der Kläranlage Geiselbullach mit und ohne getauchten Festbettkörpern

Sechs Wochen, nachdem die Nitrifikation im Mai 1989 erneut in Gang kam, wurde eines der drei Belebungsbecken, das sowohl für eine aerobe als auch für eine anoxische Betriebsweise eingesetzt werden kann, als vorgeschaltete Denitrifikationsstufe betrieben. Das Fließschema für diese Betriebsweise ist in Bild 8 dargestellt.

4.2 Ergebnisse

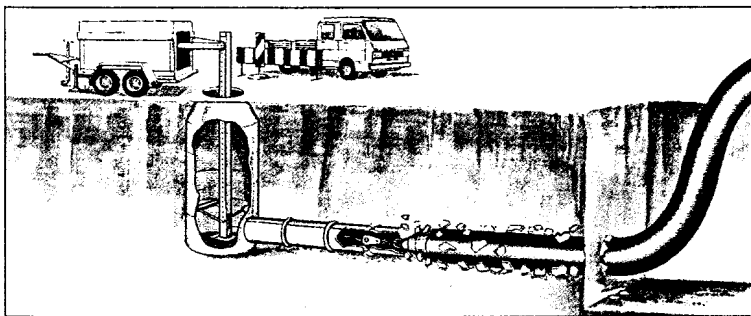
Bereits nach wenigen Tagen nach der Inbetriebnahme der Belebungsanlage mit den getauchten Festbettkörpern im Januar 1988 wurde beobachtet, daß sich an den Schnüren starke Belebtschlamm-Schichten gebildet hatten. Die Menge der sessilen (anhaltenden) Biomasse war zu jenem Zeitpunkt nicht grundlegend mehr oder weniger als bei späteren Betriebszuständen.

Es wurde auch festgestellt, daß sich von Zeit zu Zeit die Menge der sessilen Biomassen von „viel“ bis „fast nichts“ auf den Schnüren in herausnehmbaren Proberahmen innerhalb von vielleicht zwei Tagen änderte, ohne daß dies einen signifikanten Einfluß auf den Nitrifikationsprozeß oder den

Reinigungsgrad hatte. Es dauerte im allgemeinen etwa zwei bis vier Tage, bis eine übliche Besiedlungsdichte auf den Schnüren wieder erreicht wurde. Der Effekt dieses „Häutens“ wirkte sich nicht meßbar auf den Gehalt der freischwebenden Biomasse aus.

Zwei Tage nach der Inbetriebnahme im Januar 1988 bildete sich eine Schicht fettigen Schaumes, der erhebliche Betriebsprobleme verursachte. Dieser Schaum wurde nach etwa zwei Wochen Dauerbetrieb weniger, blieb aber eine Dauererscheinung. Es hat den Anschein, daß sich dieser Schaum besonders bei sich ändernden Betriebsbedingungen verstärkt bildet. Erste Untersuchungen haben ergeben, daß Nocardia-verwandte Bakterien diesen Schaum auf dem Belebungsbecken und einen Schwimmschlamm auf den Nachklärbecken verursachen. Diese Erscheinungen können erst mit der Möglichkeit der Ausschleusung aus dem System und der getrennten Behandlung beherrscht werden. Diese Möglichkeiten werden derzeit in Geiselbullach geschaffen.

Wohl die wichtigste Frage für die Betriebspraxis war die Feststellung, ob sich die Biomasse in zu großen Mengen auf



KANALSANIERUNG BEI:

- Undichtigkeiten
- Rohreinbrüche
- Versätzen
- Korrosion

UNSERE LÖSUNG:

- Berstlining mit Lang- und Kurzrohren
- Relining mit Lang- und Kurzrohren

DIE VORTEILE:

- Geringe Erdarbeiten
- Geringe Verkehrshinderung
- Komplette Leitungserneuerung
- Absolute Dichtheit der neuen PE-HD-Rohrleitungen



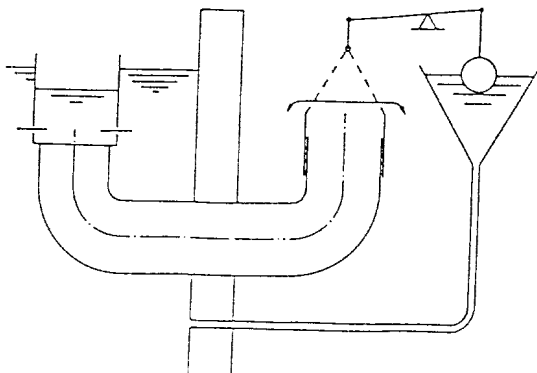
Tiefbau-Union GmbH + Co
Alter Hellweg 128 - 130
4600 Dortmund 70
Telefon: (0231) 6 10 01-00
Telefax: (0231) 6 10 01 89

- [2] *Hegemann, W.:*
Nitrifikation/Denitrifikation in Belebungsanlagen mit Aufwuchsflächen
ATV-Seminar Nr. 12694/12.074, TA Esslingen
- [3] *Schlegel, S.:*
Der Einsatz von getauchten Festbettkörpern beim Belebungsverfahren
gwf-wasser/abwasser 127 (1986), Heft 9 S. 421–428
- [4] *Rohbrecht-Buck, K.:*
Nitrifikation und Denitrifikation in Tropfkörpern und sonstigen Festbettreaktoren
ATV-Seminar Nr. 12694/12.074, TA Esslingen
- [5] *Anonym:*
Umwandlung und Elimination von Stickstoff im Abwasser
Arbeitsbericht der ATV-Fachausschüsse 2.6 und 2.8
Korrespondenz Abwasser 1/87 S. 77–85 und 2/87 S. 167–171
- [6] *Scherb, K.:*
Abwasserreinigung nach dem Ring-Lace-Verfahren
Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Band 41,
R. Oldenbourg Verlag München, Wien, 1971
- [7] *Anonym:*
Ring-Lace as Fixed Biomass Reactor, Bericht der Fa. Dodwell, Tokio
(1987), auch erhältlich bei Fa. Grünbeck, 8884 Höchstädt
- [8] *Schlegel, S.:*
Der Einsatz von getauchten Festbetten zur Nitrifikation, Korrespondenz
Abwasser 2/88, S. 120–126

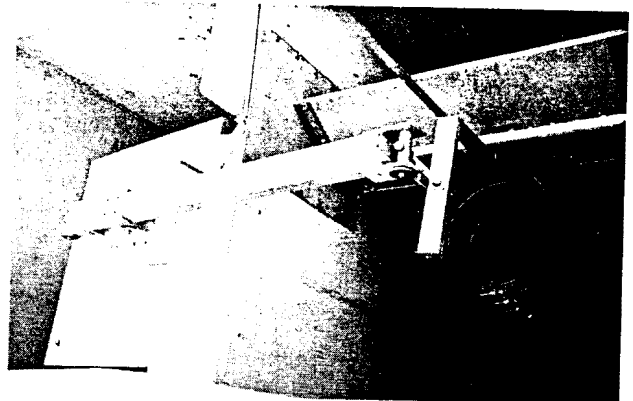
REINWASSERABLAUFRINNE, OHNE ÜBERFALLWEHR, OHNE TAUCHWAND

RICHARD TOTZKE hat ein neuartiges Reinwasserablaufsystem entwickelt, das:

- keine Überfallkanten benötigt
- keine Tauchwand benötigt
- unempfindlich ist gegen Windbeeinflussung
- unempfindlich ist gegen Bodensenkungen (muß nie mehr nachjustiert werden)
- geringe Schwellenbelastung bietet
- eine optimale Rinnenreinigung gewährleistet, da die Tauchwand entfällt (Abstandshalter stören nicht)
- erheblich preisgünstiger ist als herkömmliche Systeme, da Zackenkanten und Tauchwände gänzlich entfallen



Lochrinne mit Schwimmerausgleichsteuerung (Prinzipdarstellung)



Schwimmerausgleichsteuerung

Weitere Innovationsprodukte aus dem Hause Totzke:

- Windunempfindliche Schwimmschlammabzugsvorrichtung mittels Totzke Drehrohrsystem, vollautomatisch arbeitend.
- Rundsaugräumer mit Zentralantrieb (verschleißloses Schlammübergabesystem, wintersicher durch Zentralantrieb, funktionssicher durch automatische Selbstentlüftung)
- Bodenschlammmentnahme für Längsklärbecken (ohne Räumer)
- Totzke Modulfiler (für schlecht funktionierende Nachklärbecken und weitergehende Reinigung)

Diese und weitere Problemlösungen liegen im Hause TOTZKE für Sie bereit.

Darüber hinaus bieten wir Ihnen selbstverständlich unser Standardprogramm an:

Sandfangausrüstung: Ausrüstungen in allen Variationen
Vorklärung: Ausrüstungen in allen Variationen
Nachklärung: Ausrüstungen in allen Variationen

Weitergehende Reinigung: Filtration mittels Tuchfilter
Schlammbehandlung: Eindickerausrüstung
Beckenausrüstung: Ausrüstungen in allen Variationen
Regenbeckenreinigung: Räumer mit und ohne Abspritzvorrichtung, Hochdruckabspritzvorrichtung (ohne Räumer)
Sonstiges: Allg. Stahlkonstruktionen, Apparate, Behälterbau
Materialien: Stahl, Edelstahl, Aluminium



Richard Totzke GmbH & Co

Maschinen und Apparatebau
Wendenstraße, 2350 Neumünster
Ruf 0 43 21/70 70 · FS 2 99 669 · Fax 7 94 07

- g) Die spezifische Menge des Überschussschlammes nahm von etwa 1 kg TS pro kg BSB₅ (Zulauf zur Belebungsanlage) nach mehreren Wochen stabilen Betriebs mit den getauchten Festbettreaktoren auf etwa die Hälfte dieses Wertes ab.
- h) Probleme traten auf mit fettigem Schaum, der sich an der Oberfläche der Belebungsbecken bildete und auch als Schwimmschlamm in der Nachklärung störte. Zur Problemlösung ist die Ausschleusung dieses Schlammes aus dem Abwasserbehandlungsteil erforderlich.
- i) Unter gewissen Umständen können sich Würmer im Milieu der Biomasse massenhaft vermehren. Dies führt zu einer deutlichen Reduktion der für die Abwasserreinigung aktiven Biomasse und zur Verringerung der Reinigungsleistung. Als Mittel zur Reduzierung der massenhaft auftretenden Würmer wurde eine „Wurmkur“ erfolgreich angewandt, wobei während etwa zehn Tagen im stillgeleg-

ten Belebungsbecken anaerobe Verhältnisse geschaffen werden.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

- a) Nitrifizierende Mikroorganismen können sich im allgemeinen in ausreichender Menge nur bilden, wenn das theoretische Schlammalter acht Tage oder höher ist. Getauchte Festbettkörper im Belebungsbecken können offensichtlich die Biozönose hinsichtlich einer Nitrifikation positiv beeinflussen.
- b) Obwohl anzunehmen ist, daß sich die Nitrifikanten und höherentwickelten Organismen vorwiegend im sessilen Schlamm (d. h. auf den Festbettreaktoren) vermehren, konnten sie in einem etwa gleichen Anteil auch in der freischwebenden Biomasse festgestellt werden. Dies kann mit einem intensiven Austausch zwischen den suspendierten und fixierten Biozönosen erklärt werden.

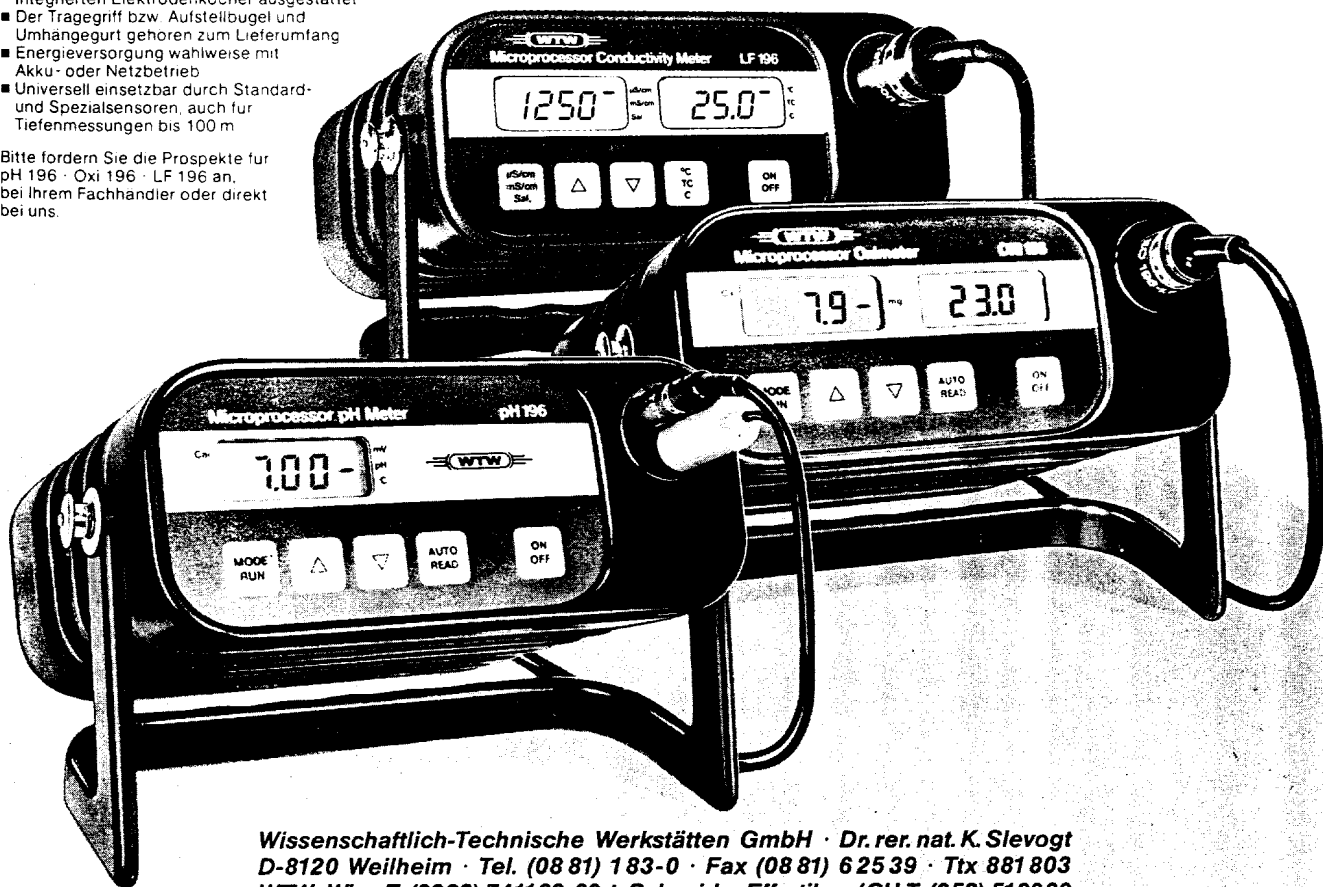
Die WTW Profi-Linie 190 unverwüstlich in Feld, Labor und Betrieb



wasserdicht (IP65) · schlagfest · robust
pH/mV, Sauerstoff, Leitfähigkeit und Temperatur

- Speziell für die extremen Anforderungen in Feld und Betrieb sind die Geräte mit einer gummielastischen Gehäusearmierung versehen
- Zur praktischen Aufbewahrung der Sensoren sind alle Geräte serienmäßig mit einem integrierten Elektrodenköcher ausgestattet
- Der Tragegriff bzw. Aufstellbugel und Umhängegurt gehören zum Lieferumfang
- Energieversorgung wahlweise mit Akku- oder Netzbetrieb
- Universell einsetzbar durch Standard- und Spezialsensoren, auch für Tiefenmessungen bis 100 m

Bitte fordern Sie die Prospekte für pH 196 · Oxi 196 · LF 196 an, bei Ihrem Fachhändler oder direkt bei uns.



Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH · Dr. rer. nat. K. Slevogt
D-8120 Weilheim · Tel. (08 81) 183-0 · Fax (08 81) 625 39 · Ttx 881 803
WTW: Wien T. (0222) 741162-63 * Schneider Effretikon/CH T. (052) 513333