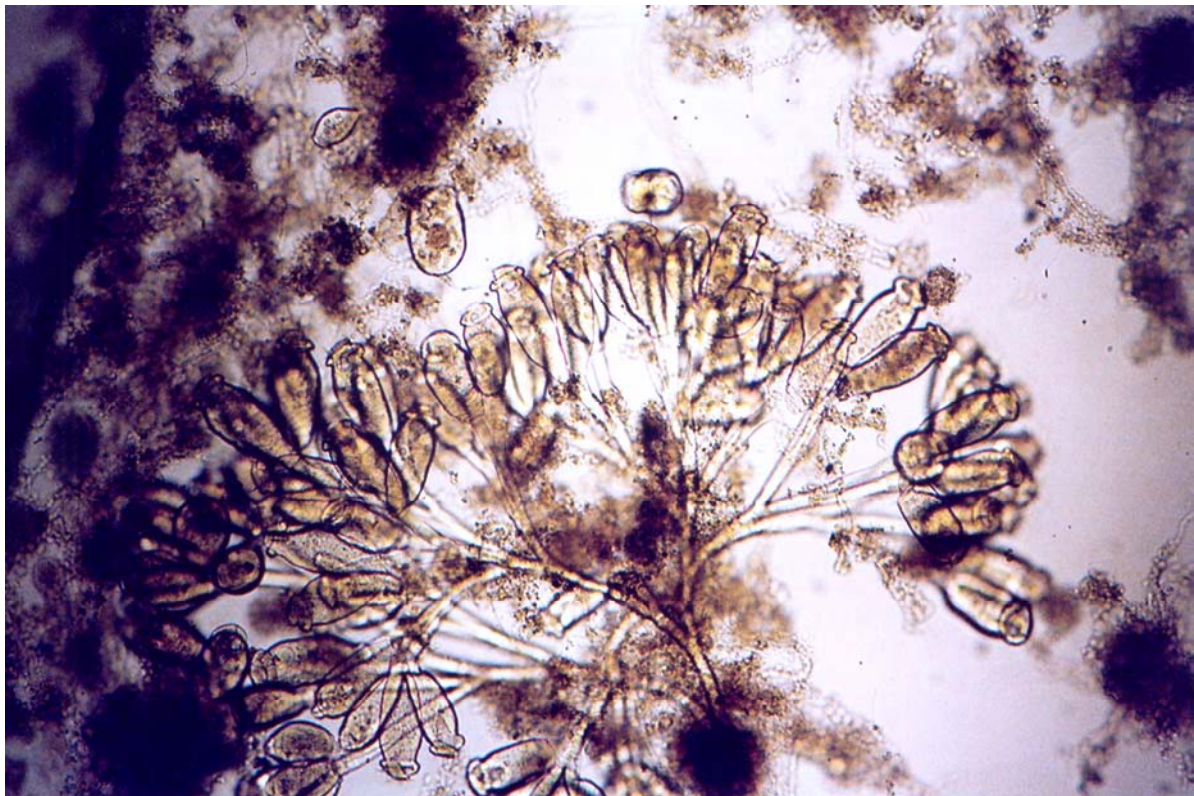


Forschungsbericht Nr. 1/07

Einfluss der Säurekapazität auf die Abbauleistung biologischer Abwasserreinigungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung des Kalk- Kohlensäure-Systems

F. Schönherr, F.W. Günthert, A. Wecker und N. Weber



Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e.V.

Annastr. 67-71, 50968 Köln

Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben AiF-Nr. 14226 N

Forschungsstelle 1: Forschungsinstitut der
Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e.V.
Annastr. 67-71
50968 Köln

Forschungsstelle 2: Universität der Bundeswehr München
Institut für Wasserwesen
Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg

Die Forschungsarbeit „Einfluss der Säurekapazität auf die Abbauleistung biologischer Abwasserreinigungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung des Kalk-Kohlensäure-Systems“ wurde mit Mitteln des Bundesministers für Wirtschaft (BMWi) im Rahmen eines von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) durchgeführten Forschungsvorhabens gefördert, wofür wir an dieser Stelle unseren Dank aussprechen.

Ebenfalls danken wir dem Bürgermeister der Stadt Viechtach (Bayerischer Wald), Herrn Bruckner, und den Kläranlagenmitarbeitern, Herren Fuhrmann, Gmach und Gruber, für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Praxisversuche. Herrn Jaroslav Tlamicha danken wir für die Unterstützung bei der Auswertung und Interpretation der Messwerte.

Köln, im Januar 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Problemstellung und Zielsetzung	6
3	Versuchsaufbau	7
3.1	Sequence-Batch-Reaktoren (SBR)	8
3.2	Wasserführung	8
3.3	Steuerung der SB-Reaktoren	9
3.3.1	Füllen	9
3.3.2	Deni 1 und Deni 2	9
3.3.3	C-Abbau 1 und C-Abbau 2	9
3.3.3.1	Zeitabhängige Steuerung	11
3.3.3.2	Konzentrationsabhängige Steuerung	11
3.3.4	Überschussschlamm-Abzug	11
3.3.5	Sedimentation	11
3.3.6	Dekantieren	12
3.3.7	Stillstand	12
3.4	Einstellungen der Steuerung	12
3.5	Kalkhydratdosierung	13
3.6	Winterbetrieb	14
4	Datenerfassung	15
4.1	Messgeräte	15
4.1.1	Säure- und Basekapazitätsmessung	17
4.2	Memo-Graph	17
4.3	Probenehmer	18
5	Inbetriebnahme	18
6	Darstellung der Messwerte während eines Zyklus	19
6.1	Verlauf der Säurekapazität ($K_{S4,3}$) und der Basekapazität ($K_{B8,2}$)	19
6.2	Verlauf der Ammoniumstickstoff- und Nitratstickstoffkonzentration	19

6.3	Verlauf des SAK-Wertes	21
7	Regelung der Kalkmilchdosierung	22
8	Ergebnisse	24
8.1	Umwandlungsgeschwindigkeiten bei der Stickstoffelimination	24
8.1.1	Vergleich der Umwandlungsgeschwindigkeiten von Ammonium- und Nitratstickstoff	24
8.1.2	Umwandlungsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Temperatur	29
8.1.3	Umwandlungsgeschwindigkeiten bei 4 mol/m ³	32
8.1.4	Auswertung nach der Abbaukinetik von Monod	32
8.2	Abbau organischer Kohlenstoffverbindungen	34
8.3	Einfluss der Abwassertemperatur auf die biologische Abwasserreinigung	37
8.4	Zusatzmessprogramm	38
8.5	Schlammeigenschaften	42
8.5.1	Mikroskopisches Bild	43
8.5.2	Absetzeigenschaften (Schlammvolumen und Schlammindex)	45
8.5.3	Optische Beurteilung des Klarwasserüberstandes	49
8.5.4	Partikelgrößenverteilung	50
8.6	Messung der Säurekapazität mit und ohne Biomasse	54
8.7	Betonkorrosion	55
9	Mathematische Beschreibung biologischer Umwandlungsprozesse	56
9.1	Mathematische Beschreibung der Ammoniumstickstoffoxidation	58
9.2	Vergleich zwischen gemessenen und errechneten Oxidationsverläufen	59
9.3	Hemmungsfaktor f_{pH}	60
10	Modellierung der Ergebnisse	63
10.1	Simulation mit „ASIM 4.0“	63
10.2	Vorstudien zur Modellierung	64
11	Diskussion	66

12	Zusammenfassung	70
13	Literatur	72
14	Anhang	74
14.1	Tabellen zur Auswertungen der Kinetik beim Abbau des Ammoniumstickstoffs	74
14.2	Tabellen zur Auswertungen der Kinetik bei der Bildung des Nitratstickstoffs	76
14.3	Tabellen zur Auswertungen der Kinetik beim Abbau des Nitratstickstoffs	79
14.4	Bilder der mikroskopischen Untersuchungen	81
14.4.1	Fädigkeit	81
14.4.2	Artenvielfalt	82

12 Zusammenfassung

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, den Einfluss der Säurekapazität auf Struktur und Morphologie der Belebtschlamm-Biozönose sowie auf die Abbauleistung in biologischen Abwasserreinigungsanlagen zu untersuchen. Dazu erfolgte die Auslegung und Inbetriebnahme einer Versuchskläranlage. Die Anlage besteht aus zwei Reaktoren, die parallel nach dem Sequence-Batch-Verfahren betrieben und mit vorgeklärtem Abwasser aus der kommunalen Kläranlage Viechtach beschickt wurden. Beschickung, Zykluszeiten und Schlammalter beider Reaktoren wurden parallel eingestellt und geregelt. Ein Teil der online-Messtechnik war aus Kostengründen nur einfach ausgelegt und konnte im Wechsel zwischen den beiden Reaktoren eingesetzt werden.

In den einzelnen Versuchsphasen erfolgte die Säurekapazitätseinstellung im Versuchsreaktor über die geregelte Zugabe von Kalkhydrat in Form einer 5 %-igen Kalkmilch auf Werte von 2,5, 3 und 4 mmol/l $K_{S4,3}$. Im Referenzreaktor wurde keine Regelung der Säurekapazität vorgenommen; je nach Zusammensetzung des Zulaufabwassers lagen die Werte dort zwischen 0,5 und 2 mmol/l am Ende eines Zyklus.

Die Schwerpunkte ergaben sich bei der Datenauswertung des Stickstoffabbaus (Nitrifikation, Denitrifikation).

Aus den online ermittelten Messwerten der Ammoniumstickstoffkonzentration wurden die Abbaugeschwindigkeiten einerseits aus dem linearen Kurvenverlauf und andererseits aus dem theoretischen Ansatz nach Monod bestimmt. Darüber hinaus erfolgten Zusatzmessungen über parallele Aufstockungen beider Reaktoren mittels Küvettentests. So wurden, je nach Differenz zwischen der Säurekapazität im Referenz- und Versuchsreaktor, relative Abbaugeschwindigkeitserhöhungen für Ammoniumstickstoff im Versuchsreaktor im Bereich von 30% bis 90% gefunden. Die Nitratstickstoffbildung bzw. der Nitratstickstoffabbau erfolgten um bis zu 60% schneller. Dies bedeutet, dass Kläranlagen mit hohen Stickstoffbelastungen aus der Schlammbehandlung bei ausreichend hoher Säurekapazität ($K_{S4,3} > 2,5$ mmol/l) besser gegen Grenzwertüberschreitungen abgesichert sind. Das Gleiche gilt für hydraulische Belastungsspitzen bei maximalen Mischwasserzuflüssen.

Beim CSB-Abbau konnte kein signifikanter Unterschied in den Abbaugeschwindigkeiten beider Reaktoren festgestellt werden. Allerdings zeigten sich durchwegs niedrigere Rest-CSB-Konzentrationen im Ablauf des Versuchsreaktors gegenüber dem des Referenzreaktors. Bezogen auf den arithmetischen Mittelwert der gesamten CSB-Ablaufkonzentrationen sind die Ablaufwerte des Versuchsreaktors um 13% niedriger als im Referenzreaktor. Dies bedeutet einen effektiveren Abbau der organischen Substanzen, gemessen als CSB in mg/l, im Versuchsreaktor.

Im mikroskopischen Bild beider Reaktoren zeigten sich deutliche Unterschiede bei der Besiedlung der Biozönosen im Bereich der sog. Konsumenten (Bakterienfresser). Im Versuchsreaktor konnte diesbezüglich über den gesamten Versuchszeitraum eine deutlich höhere biologische Aktivität nachgewiesen werden.

Bei Morphologie und Absetzverhalten konnten keine eindeutigen Unterschiede zwischen Versuchs- und Referenzreaktor festgestellt werden. So war zwar zeitweise eine leicht erhöhte Fädigkeit im Versuchsreaktor zu verzeichnen, die aber auf das Absetzverhalten keinen größeren Einfluss hatte.

Die Bestimmung des Calciumanteils im Belebtschlamm über die Messung der Säurekapazität mit und ohne Biomasse erbrachte eine Erhöhung des eingelagerten Calciums in der Trockenmasse von im Mittel 1,9 % im Referenzreaktor auf im Mittel 3,3 % im Versuchsreaktor. Damit konnte eine gezielte Schlammbeschwerung mit deutlichem Schlammehranfall nicht festgestellt werden.

Die am Ende des Versuchszeitraums beobachtete Betonkorrosion im Referenzreaktor belegt sehr deutlich, dass Entsäuerungsmaßnahmen, wie sie aus dem Trinkwasserbereich bekannt sind, auch bei der weitergehenden Abwasserreinigung beachtet werden müssen.

Die in dieser Arbeit gefundenen Ergebnisse bestätigen damit auf wissenschaftlicher Basis die praktischen Erfahrungen in Kläranlagen, dass eine Säurekapazität von 150 mg HCO_3^-/l (2,5 mmol $\text{Ks}_{4,3}$) im gereinigten Abwasser nicht unterschritten werden sollte.

Anhand der Modellierung mit dem Programm ASIM 4.0 konnte der Einfluss der Säurekapazität sowohl für SBR-Anlagen als auch für Durchlaufkläranlagen nachvollzogen werden, so dass eine Übertragung der gefundenen Ergebnisse auf Großkläranlagen möglich ist.

Die Ziele des Vorhabens wurden erreicht. Die gewonnenen Ergebnisse zeigen einen Weg auf, auch organische Schadstoffe mit Hilfe der Säurekapazitätsstützung zu entfernen. Dieses Potenzial soll in einem Anschlussvorhaben untersucht werden.