

FORTSCHRITT-
BERICHTE

VDI

W. A. R. - Bibliothek

Inv.-Nr. D 17497

INSTITUT WAR — Bibliothek —

Wasserversorgung, Abwassertechnik

Abfalltechnik und Raumplanung

Technische Universität Darmstadt

Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt

TEL. 0 61 51/16 36 59 + 16 27 48

FAX 0 61 51/16 37 58

03.5 PUT

DR.-ING. AHMET PUTNAERGLIS, BERLIN

EINFLUSS DER SAUERSTOFF- KONZENTRATION UND DER STUFENZAHL AUF DEN AEROBEN SUBSTRATABBAU IN BELEBTSCHLAMMREAKTOR- KASKADEN

Kinetik und reaktionstechnische Modellierung

REIHE 15: UMWELTECHNIK

NR. 49

VDI VERLAG

Verlag des Vereins Deutscher Ingenieure · Düsseldorf

Prof. Dr.-Ing. H. J. Pöpel
Carl-Ulrich-Straße 39 a
6100 Darmstadt-Eberstadt
Telefon (06151) 53 71 84



Bibliothek Wasser und Umwelt
(TU Darmstadt)



61540237

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>	
1	EINLEITUNG	1
2	TECHNISCHE ANWENDUNG DER SAUERSTOFFBEGASUNG BEIM BELEBTSCHLAMMVERFAHREN - BEKANNTE ERGEBNISSE -	4
2.1	Verfahren zur Sauerstoffbegasung	4
2.2	Vor- und Nachteile der Sauerstoffbegasung	5
2.3	Betriebsergebnisse technischer Belebtschlammanlagen mit Sauerstoffbegasung	6
2.4	Vergleichende Untersuchungen zum Einfluß der Sauerstoffkonzentration	8
2.4.1	Beschreibung der Versuchsanlagen	8
2.4.2	Substratabbau	9
2.4.3	Sedimentationseigenschaften des Belebtschlamm	13
2.4.4	Überschußschlammproduktion	16
2.5	Vergleichende Untersuchungen zum Einfluß der Längsvermischung	17
2.5.1	Zusammenhänge zwischen der Reaktionsgeschwindigkeit und der Längsvermischung aus reaktionstechnischer Sicht	17
2.5.2	Substratabbau	18
2.5.3	Sedimentationseigenschaften des Belebtschlamm	20
2.5.4	Überschußschlammproduktion	20
2.6	Schlußfolgerungen	21
3	BESCHREIBUNG DES SAUERSTOFFLIMITIERTEN SUBSTRATABBAUS IN BELEBTSCHLAMMREAKTOREN MIT HILFE REAKTIONSTECHNISCHER MODELLE	23
3.1	Allgemeine Hinweise auf den mikrobiellen Abbauvorgang	23
3.2	Sauerstoffeintrag in Belebtschlamreaktoren	24
3.2.1	Transportschritte in Biosuspensionen	24
3.2.2	Der volumetrische Stoffübergangskoeffizient	25

3.2.3	Dimensionsanalytische Betrachtung des Sauerstoffeintrags in Belebtschlammreaktoren	27
3.2.3.1	Sorptionscharakteristik von Oberflächenbelüftern	27
3.2.3.2	Sorptionscharakteristik von Volumenbelüftern	29
3.3	Reaktionskinetik des aeroben Substratabbaus unter Berücksichtigung der Sauerstofflimitierung	31
3.3.1	Vorbemerkungen zur Reaktionskinetik	31
3.3.2	Zusammenhänge zwischen Bakterienbildung, Substratabbau und Sauerstoffverbrauch	32
3.3.3	Die Kinetik des aeroben Substratabbaus	39
3.3.3.1	Der erweiterte formalkinetische Ansatz nach Monod	39
3.3.3.2	Substratabbau ohne Substrat- und Sauerstofflimitierung	41
3.3.3.3	Substratabbau bei ausschließlicher Substratlimitierung	42
3.3.3.4	Substratabbau bei ausschließlicher Sauerstofflimitierung	43
3.3.4	Bekannte Ergebnisse der Bestimmung kinetischer Koeffizienten des aeroben Substratabbaus	44
3.3.4.1	Vorbemerkungen	44
3.3.4.2	Maximale Wachstumsrate und Verfallsrate (μ_{\max} und k_d)	44
3.3.4.3	Sättigungskoeffizient und Ertragskonstante des Substrats (K_S und Y_S)	46
3.3.4.4	Sättigungskoeffizient und Ertragskonstante des Sauerstoffs (K' und Y')	47
3.3.4.5	Endogene Atmungsrate und Ertragskonstante der endogenen Atmung (k_e und Y_e')	48
3.4	Reaktionstechnische Modellierung des Belebtschlammverfahrens	49
3.4.1	Belebtschlammreaktor als ideales Mischbecken ohne Bakterienrückführung	49
3.4.2	Belebtschlammreaktor als ideales Mischbecken mit Bakterienrückführung	58

4	BESCHREIBUNG DER VERSUCHSEINRICHTUNGEN	63
4.1	Laborkläranlage	63
4.2	Meßanlage	64
4.3	Meßverfahren	66
4.3.1	Messung und Regelung der Temperaturen	66
4.3.2	Messung der Rührerdrehzahl	66
4.3.3	Messung der Flüssigkeitsvolumenströme	66
4.3.4	Messung der Sauerstoffkonzentration in der Flüssigphase	67
4.3.5	Messung der Drücke	67
4.3.6	Messung der Gasvolumenströme	67
4.3.7	Messung der Sauerstoffkonzentration in der Gasphase	68
4.3.8	Messung der Substratkonzentration	69
4.3.9	Messung der Bakterienkonzentration	70
4.4	Eigenschaften des verwendeten Abwassers	71
5	BESTIMMUNG DES VOLUMETRISCHEN STOFFÜBERGANGSKOEFFIZIENTEN	74
5.1	Ziel der Untersuchungen	74
5.2	Die instationäre Meßmethode	76
5.2.1	Durchführung der Versuche	76
5.2.2	Auswertung der Messungen	76
5.2.3	Ergebnisse und Diskussion	77
5.3	Die stationäre Meßmethode	78
5.3.1	Durchführung der Versuche	78
5.3.2	Auswertung der Messungen	78
5.3.3	Ergebnisse und Diskussion	80
5.4	Vergleich der Ergebnisse beider Meßmethoden	81
6	BESTIMMUNG DER REAKTIONSKINETISCHEN KOEFFIZIENTEN	83
6.1	Vergleich zwischen verschiedenen Linearisierungsverfahren der Monod-Kinetik	83
6.2	Durchführung der Versuche	86
6.3	Auswertung der Messungen	89

	<u>Seite</u>	
6.4	Darstellung der Ergebnisse	93
6.4.1	Variation der Substratkonzentration mit externer Bakterienproduktion	93
6.4.2	Variation der Sauerstoffkonzentration	96
6.4.2.1	Messungen mit externer Bakterienproduktion	96
6.4.2.2	Messungen mit Bakterienrückführung	101
6.4.3	Variation der Reaktortemperatur	104
6.5	Diskussion der Ergebnisse	107
7	EINFLUSS DER SAUERSTOFFKONZENTRATION UND LÄNGSVERMISCHUNG AUF DEN BELEBTSCHLAMM- PROZESS	113
7.1	Ziel der Untersuchungen	113
7.2	Vergleich zwischen Luft- und Sauerstoff- begasung bei gleicher Längsvermischung	113
7.2.1	Durchführung der Versuche	113
7.2.2	Substratabbau	115
7.2.2.1	Belebtschlammreaktor als ideales Mischbecken	115
7.2.2.2	Belebtschlammreaktor als vierstufige Misch- beckenkaskade	116
7.2.3	Überschußschlammproduktion	119
7.2.4	Sedimentationseigenschaften des Belebts- schlamm	121
7.3	Vergleich zwischen dem Mischbecken und der Reaktorkaskade bei gleichem Begasungsmedium	122
7.3.1	Durchführung der Versuche	122
7.3.2	Substratabbau	123
7.3.3	Überschußschlammproduktion	126
7.3.4	Sedimentationseigenschaften des Belebts- schlamm	128
7.4	Vergleich zwischen Luft- und Sauerstoff- begasung bei unterschiedlicher Längsver- mischung	130
7.4.1	Durchführung der Versuche	130
7.4.2	Diskussion der Ergebnisse	131

	<u>Seite</u>	
8	VERGLEICH ZWISCHEN DEN THEORETISCHEN UND EXPERIMENTELLEN ERGEBNISSEN	133
8.1	Belebtschlammreaktor als ideales Misch- becken ohne Bakterienrückführung	133
8.2	Belebtschlammreaktor als vierstufige Misch- beckenkaskade ohne Bakterienrückführung	134
8.3	Belebtschlammreaktor als vierstufige Misch- beckenkaskade mit Bakterienrückführung	136
8.3.1	Anwendung des reaktionstechnischen Modells auf den Rücklaufbetrieb	136
8.3.2	Einfluß der Sauerstoffkonzentration auf den Substratabbau	137
8.3.3	Einfluß der eingeschränkten Längsvermischung auf den Substratabbau	139
8.4	Anwendungsmöglichkeiten des reaktionstech- nischen Modells	140
9	ZUSAMMENFASSUNG	143
	ANHANG	147
	GRÖSSENVERZEICHNIS	162
	LITERATURVERZEICHNIS	173
	TABELLEN	185
	BILDER	197