
Biologie der Abwasserreinigung

Klaus Mudrack und Sabine Kunst

Zweite, überarbeitete Auflage
89 Abbildungen, 17 Tabellen



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · New York · 1988

Inhalt

1	Einführung	1
2	Beschreibung der Substrate Abwasser und Klärschlamm	3
2.1	Abwasser-Analytik, Menge und Beschaffenheit	3
2.1.1	Analysenmethoden zur Charakterisierung der Abwasserarten und des Abwasserreinigungsprozesses	4
2.1.2	Beschreibung der Abwasserarten	9
2.2	Klärschlamm-Analytik, Menge und Beschaffenheit	13
2.2.1	Analysenmethoden zur Charakterisierung der verschiedenen Klärschlämme	13
2.2.2	Beschreibung der verschiedenen Klärschlämme	14
3	Beeinflussung der Gewässer und des Bodens durch Abwasser und Klärschlamm	16
3.1	Beeinflussung der Gewässer durch Abwassereinleitungen	16
3.1.1	Beeinflussung der stehenden Gewässer	16
3.1.2	Beeinflussung der Fließgewässer	21
3.1.3	Beeinflussung der Küstengewässer	23
3.2	Beeinflussung des Bodens durch Abwasser- und Klärschlamm-Aufbringung	24
4	Mikrobiologische Grundlagen	26
4.1	Steuerungsmechanismen des Stoffwechsels	26
4.1.1	Mechanismen und Kinetik von Enzymen	26
4.1.2	Wachstumskinetik in einer kontinuierlichen Kultur	32
4.1.3	Der Begriff «schwer abbaubarer Stoff» als Beispiel für Mechanismus und Kinetik von Enzymen in der biologischen Abwasserreinigung	33
4.2	Stoffwechselprozesse des aeroben Abbaus	37
4.2.1	Der Abbau von Kohlenhydraten	39
4.2.2	Der Abbau von Fetten	40
4.2.3	Der Abbau von Proteinen	41
4.3	Stoffwechselprozesse des anaeroben Abbaus	43
4.3.1	Die hydrolisierenden und versäuernden Bakterien	45
4.3.2	Die acetogenen Bakterien	47
4.3.3	Die Methanbakterien	49
4.3.4	Zusammenstellung der idealen Umweltparameter für einen anaeroben Abbau unter Berücksichtigung des geschwindigkeits- limitierenden Schrittes	51

5	Sammlung und Transport von Abwasser und Regenwasser	52
5.1	Bedeutung der Kanalisation	52
5.2	Bau- und Betriebsweisen der Kanalisation	52
5.3	Biologische Prozesse im Kanalnetz	53
6	Aerobe Verfahren zur Abwasser- und Schlammbehandlung	57
6.1	Allgemeine Grundlagen	57
6.2	Das Tropfkörper-Verfahren	61
6.2.1	Der Tropfkörper – ein Festbettreaktor	61
6.2.2	Bedeutung von Raumbelastung und Spülkraft für Funktion und Abbauleistung des Tropfkörpers	61
6.2.3	Die Organismen im Tropfkörper	65
6.2.4	Nitrifikation und Denitrifikation im Tropfkörper	68
6.2.5	Vor- und Nachteile des Tropfkörper-Verfahrens aus biologischer Sicht	68
6.3	Das Belebungsverfahren	70
6.3.1	Das Belebungsbecken, ein Fermenter mit teilweiser Biomassenrückführung	70
6.3.2	Die Schlammbelastung als Einflußparameter auf die Abbauleistung des Belebungsverfahrens	77
6.3.3	Die Beschaffenheit des belebten Schlammes	80
6.3.3.1	Die physikalisch-chemische Beschaffenheit	80
6.3.3.2	Die biologische Beschaffenheit	81
6.3.3.3	Die Entwicklung von fädigen Mikroorganismen im Belebtschlamm («Blähschlamm»)	91
6.3.4	Die Sauerstoffversorgung der Biomasse im Belebungsbecken	97
6.3.5	Mikrobiologische Umsetzungen der Stickstoffverbindungen des Abwassers (Nitrifikation – Denitrifikation)	101
6.3.5.1	Grundlagen der Nitrifikation	103
6.3.5.2	Ablauf der Nitrifikationsprozesse im Belebungsbecken	103
6.3.5.3	Grundlagen der Denitrifikation	106
6.3.5.4	Anwendung der Denitrifikation im Belebungsverfahren	107
6.3.6	Die Bedeutung des pH-Wertes und seine Veränderung durch biologische Abbauprozesse	112
6.3.7	Unterschiedliche Bau- und Betriebsweisen des einstufigen Belebungs- verfahrens	114
6.3.7.1	Vergleich zwischen vollaufmischten und längsdurchströmten Belebungsbecken	115
6.3.7.2	Erhöhung der Biomassenkonzentration im Belebungsbecken durch Einbau zusätzlicher Aufwuchsflächen	117
6.3.7.3	Erhöhung der Sauerstofflöslichkeit durch extreme Wassertiefen	118
6.3.8	Verfahren zur «weitergehenden Abwasserreinigung» in einer «Dritten Reinigungsstufe»	118
6.3.8.1	Die Elimination der Phosphor-Verbindungen	119
6.3.8.2	Die Elimination der Stickstoff-Verbindungen	124
6.3.8.3	Die Elimination der «biologisch schwer abbaubaren Stoffe»	125
6.3.8.4	Die Elimination der Schwebstoffe (Suspensa)	126
6.3.9	Vor- und Nachteile des Belebungsverfahrens aus biologischer Sicht	126

6.4	Mehrstufige Verfahren zur aeroben biologischen Abwasserreinigung ..	128
6.5	Biologische Abwasserreinigung in Teichen	130
6.5.1	Grundlagen	130
6.5.2	Betriebliche Besonderheiten	133
6.5.3	Beschreibung der Teichverfahren	134
6.6	Landbehandlung von Abwasser	137
6.7	Aerobe Behandlung von Abwasserschlamm	139
7	Anaerobe Verfahren zur Abwasser- und Schlammbehandlung	143
7.1	Allgemeine mikrobiologische und verfahrenstechnische Besonderheiten des anaeroben gegenüber dem aeroben Verfahren	143
7.2	Biologisches Verfahren zur anaeroben Schlammstabilisierung (Schlammfäulung)	144
7.2.1	Beschreibung der Verfahren	144
7.2.2	Störungen und Sanierung des Faulprozesses	147
7.2.3	Unterbringung des ausgefauten Schlammes	152
7.3	Biologische Verfahren zur anaeroben Abwasserbehandlung	154
7.3.1	Allgemeines	154
7.3.2	Mikrobiologische Besonderheiten der anaeroben Abwasserbehandlung (Ein- und Zweistufigkeit)	155
7.3.3	Verfahrensbeschreibung verschiedener Reaktortypen	156
7.4	Verfahren zur Gewinnung von Biogas	161
8	Biotechnologische Verfahren zur Behandlung von konzentrierten Abwässern mit Wertstoffgewinnung	166
9	Stand und Entwicklungstendenzen der biologischen Abwasserreinigung	168
10	Literatur	171
10.1	Allgemeine und weiterführende Literatur	171
10.2	Im Text erwähnte Literatur	172
11	Register	175