
Inhalt

1.	Einführung	1
2.	Beschreibung der Substrate Abwasser und Klärschlamm	3
2.1	Abwasser, 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, Menge und Beschaffenheit	12
2.2.1	Analysenmethoden zur Charakterisierung der verschiedenen Klärschlämme	13
2.2.2	Beschreibung der verschiedenen Klärschlämme	13
3.	Beeinflussung der Gewässer und des Bodens durch Abwasser und Klärschlamm	15
3.1	Beeinflussung der Gewässer durch Abwassereinleitungen	15
3.1.1	Beeinflussung der stehenden Gewässer	15
3.1.2	Beeinflussung der Fließgewässer	20
3.1.3	Beeinflussung der Küstengewässer	21
3.2	Beeinflussung des Bodens durch Abwasser- und Klärschlamm-Aufbringung	23
4.	Mikrobiologische Grundlagen	25
4.1	Steuerungsmechanismen des Stoffwechsels	25
4.1.1	Mechanismen und Kinetik von Enzymen	25
4.1.2	Wachstumskinetik in einer kontinuierlichen Kultur	31
4.1.3	Der Begriff «schwer abbaubarer Stoff» als Beispiel für Mechanismus und Kinetik von Enzymen in der biologischen Abwasserreinigung	32
4.2	Stoffwechselprozesse des aeroben Abbaues	36
4.2.1	Der Abbau von Kohlenhydraten	37
4.2.2	Der Abbau von Fetten	39
4.2.3	Der Abbau von Proteinen	40
4.3	Stoffwechselprozesse des anaeroben Abbaus	41
4.3.1	Die hydrolisierenden und versäuernden Bakterien	43
4.3.2	Die acetogenen Bakterien	45
4.3.3	Die Methanbakterien	47
4.3.4	Zusammenstellung der idealen Umweltparameter für einen anaeroben Abbau unter Berücksichtigung des geschwindigkeits- limitierenden Schrittes	49

5.	Sammlung und Transport von Abwasser und Regenwasser	51
5.1	Bedeutung der Kanalisation	51
5.2	Bau- und Betriebsweisen der Kanalisation	51
5.3	Biologische Prozesse im Kanalnetz	52
6.	Aerobe Verfahren zur Abwasser- und Schlammbehandlung	56
6.1	Allgemeine Grundlagen	56
6.2	Das Tropfkörper-Verfahren	60
6.2.1	Der Tropfkörper – ein Festbettreaktor	60
6.2.2	Bedeutung von Raumbelastung und Spülkraft für Funktion und Abbauleistung des Tropfkörpers	60
6.2.3	Die Organismen im Tropfkörper	64
6.2.4	Nitrifikation und Denitrifikation im Tropfkörper	67
6.2.5	Vor- und Nachteile des Tropfkörper-Verfahrens aus biologischer Sicht	68
6.3	Das Belebungsverfahren	69
6.3.1	Das Belebungsbecken, ein Fermenter mit teilweiser Biomassenrückführung	69
6.3.2	Die Schlammbelastung als Einflußparameter auf die Abbauleistung des Belebungsverfahrens	76
6.3.3	Die Beschaffenheit des belebten Schlammes	79
6.3.3.1	Die physikalisch-chemische Beschaffenheit	79
6.3.3.2	Die biologische Beschaffenheit	80
6.3.3.3	Die Entwicklung von fädigen Mikroorganismen im Belebtschlamm («Blähschlamm»)	91
6.3.4	Die Sauerstoffversorgung der Biomasse im Belebungsbecken	96
6.3.5	Mikrobiologische Umsetzungen der Stickstoffverbindungen des Abwassers (Nitrifikation – Denitrifikation)	100
6.3.5.1	Grundlagen der Nitrifikation	101
6.3.5.2	Ablauf der Nitrifikationsprozesse im Belebungsbecken	102
6.3.5.3	Grundlagen der Denitrifikation	105
6.3.5.4	Anwendung der Denitrifikation im Belebungsverfahren	106
6.3.6	Die Bedeutung des pH-Wertes und seine Veränderung durch biologische Abbauprozesse	111
6.3.7	Unterschiedliche Bau- und Betriebsweisen des einstufigen Belebungs- verfahrens	113
6.3.7.1	Vergleich zwischen volldurchmischten und längsdurchströmten Belebungsbecken	113
6.3.7.2	Erhöhung der Biomassenkonzentration im Belebungsbecken durch Einbau zusätzlicher Aufwuchsflächen	116
6.3.7.3	Erhöhung der Sauerstofflöslichkeit durch extreme Wassertiefen	116
6.3.8	Verfahren zur «weitergehenden Abwasserreinigung» in einer «Dritten Reinigungsstufe»	117
6.3.8.1	Die Elimination der Phosphor-Verbindungen	117
6.3.8.2	Die Elimination der Stickstoff-Verbindungen	120
6.3.8.3	Die Elimination der «biologisch schwer abbaubaren Stoffe»	121
6.3.8.4	Die Elimination der Schwebstoffe (Suspensa)	121
6.3.9	Vor- und Nachteile des Belebungsverfahrens aus biologischer Sicht	122

6.4	Mehrstufige Verfahren zur biologischen Abwasserreinigung	123
6.5	Biologische Abwasserreinigung in Teichen	125
6.5.1	Grundlagen	125
6.5.2	Betriebliche Besonderheiten	128
6.5.3	Beschreibung der Teichverfahren	128
6.6	Landbehandlung von Abwasser	131
6.7	Aerobe Behandlung von Abwasserschlamm	133
7.	Anaerobe Verfahren zur Abwasser- und Schlammbehandlung	136
7.1	Allgemeine mikrobiologische und verfahrenstechnische Besonderheiten der anaeroben gegenüber aeroben Schlammstabilisierung	136
7.2	Biologisches Verfahren zur anaeroben Schlammstabilisierung (Schlammfäulung)	137
7.2.1	Beschreibung der Verfahren	137
7.2.2	Störungen und Sanierung des Faulprozesses	141
7.2.3	Unterbringung des ausgefaulten Schlammes	142
7.3	Biologische Verfahren zur anaeroben Abwasserbehandlung	145
7.3.1	Allgemeines	145
7.3.2	Mikrobiologische Besonderheiten der anaeroben Abwasserbehandlung (Ein- und Zweistufigkeit)	145
7.3.3	Verfahrensbeschreibung verschiedener Reaktortypen	147
7.4	Verfahren zur Gewinnung von Biogas	151
8.	Biotechnologische Verfahren zur Behandlung von konzentrierten Abwässern mit Wertstoffgewinnung	156
9.	Stand und Entwicklungstendenzen der biologischen Abwasserreinigung	158
10.	Literatur	161
10.1	Allgemeine und weiterführende Literatur	161
10.2	Im Text erwähnte Literatur	162
11.	Register	164