
Biologie der Abwasserreinigung

Klaus Mudrack und Sabine Kunst

Fünfte, vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage
119 Abbildungen, 18 Tabellen

Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg · Berlin

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	3
2.1.2	Beschreibung der Abwasserarten	9
2.2	Klärschlamm: Analytik, Menge und Beschaffenheit	12
2.2.1	Analysenmethoden zur Charakterisierung der verschiedenen Klärschlämme	12
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	22
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	30
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 Abbaus	35
4.2.1	Der Abbau von Kohlenhydraten	36
4.2.2	Der Abbau von Fetten	38
4.2.3	Der Abbau von Proteinen	39
4.3	Stoffwechselprozesse des anaeroben Abbaus	40
4.3.1	Die hydrolisierenden und versäuernden Bakterien	42
4.3.2	Die acetogenen Bakterien	45
4.3.3	Die Methanbakterien	47
4.3.4	Aufbau von Pellets	50
4.3.5	Zusammenstellung der idealen Umweltparameter für einen anaeroben Abbau unter Berücksichtigung des geschwindigkeitslimitierenden Schrittes	51
5	Sammlung und Transport von Abwasser und Regenwasser	53
5.1	Bedeutung der Kanalisation	53
5.2	Bau- und Betriebsweisen der Kanalisation	53
5.3	Biologische Prozesse im Kanalnetz	54

6	Aerobe Verfahren zur Abwasser- und Schlammbehandlung	57
6.1	Allgemeine Grundlagen	57
6.2	Aerobe Biofilmverfahren	60
6.2.1	Beschaffenheit von Biofilmen	60
6.2.2	Anwendung von Biofilmen in Verfahren zur Abwasserreinigung	63
6.2.3	Das Tropfkörperverfahren	66
6.2.3.1	Der Tropfkörper – ein Festbettreaktor	66
6.2.3.2	Bedeutung von Raumbelastung und Spülkraft für die Funktion und Abbauleistung des Tropfkörpers	67
6.2.3.3	Die Organismen im Tropfkörper	70
6.2.3.4	Vor- und Nachteile des Verfahrens	73
6.3	Das Belebungsverfahren	74
6.3.1	Das Belebungsbecken, ein Fermenter mit teilweiser Biomassenrückführung	74
6.3.2	Einflussparameter für den Abbau der organischen Schmutzstoffe (BSB ₅)	83
6.3.3	Einflussparameter für die mikrobiologischen Umsetzungen der Stickstoffverbindungen (Nitrifikation – Denitrifikation)	86
6.3.3.1	Grundlagen der Nitrifikation	87
6.3.3.2	Ablauf der Nitrifikationsprozesse im Belebungsbecken	88
6.3.3.3	Grundlagen der Denitrifikation	90
6.3.3.4	Anwendung der Denitrifikation im Belebungsverfahren	91
6.3.3.5	Neue Behandlungsmöglichkeiten hoch stickstoffhaltiger Abwässer mit niedrigem C/N-Verhältnis	96
6.3.4	Einflussparameter für die Elimination der Phosphor-Verbindungen	100
6.3.5	Die Elimination der «biologisch schwer abbaubaren Stoffe» und Suspensa	110
6.3.6	Die Beschaffenheit des belebten Schlammes	112
6.3.6.1	Die physikalisch-chemische Beschaffenheit	112
6.3.6.2	Die biologische Beschaffenheit	113
6.3.6.3	Die Entwicklung von fädigen Mikroorganismen im Belebtschlamm, Blähschlamm, Schwimmschlamm und Schaum	124
6.3.7	Die Sauerstoffversorgung und der Sauerstoffverbrauch der Biomasse im Belebungsbecken	132
6.3.8	Die Bedeutung des pH-Wertes und seine Veränderung durch biologische Abbauprozesse	138
6.3.9	Beeinflussung der Biomasse durch unterschiedliche Verfahrensweisen	140
6.3.9.1	Membranbelebungsverfahren	140
6.3.9.2	Erhöhung der Biomassenkonzentration durch Einbau zusätzlicher Aufwuchsflächen	141
6.3.9.3	Vergleich zwischen volldurchmischten und längsdurchströmten Belebungsbecken	142
6.3.9.4	Mehrstufige Verfahren zur aeroben biologischen Abwasserreinigung	144
6.4	Vor- und Nachteile des Belebungsverfahrens	147
6.5	Biologische Abwasserreinigung in Teichen	148
6.5.1	Grundlagen	148
6.5.2	Betriebliche Besonderheiten	151
6.5.3	Beschreibung der Teichverfahren	152
6.6	Biologische Abwasserbehandlung im Boden (Abwasserlandbehandlung)	154
6.7	Aerobe Behandlung von Abwasserschläm	158

7	Anaerobe Verfahren zur Abwasser- und Schlammbehandlung	161
7.1	Allgemeine mikrobiologische und verfahrenstechnische Besonderheiten des anaeroben gegenüber dem aeroben Verfahren	161
7.2	Biologisches Verfahren zur anaeroben Schlammstabilisierung (Schlammfaulung)	162
7.2.1	Beschreibung der Verfahren	162
7.2.2	Störungen und Sanierung des Faulprozesses	165
7.2.3	Unterbringung des ausgefaulten Schlammes	169
7.3	Biologische Verfahren zur anaeroben Abwasserbehandlung	172
7.3.1	Allgemeines	172
7.3.2	Mikrobiologische Besonderheiten der anaeroben Abwasserbehandlung	173
7.3.2.1	Ein- und Zweistufigkeit	173
7.3.2.2	Nährstoff- und Spurenelementbedarf anaerober Abbauprozesse	175
7.3.3	Verfahrensbeschreibung verschiedener Reaktortypen	177
7.4	Verfahren zur Gewinnung von Biogas	183
7.4.1	Biogasgewinnung bei der anaeroben Behandlung von Abwasserschlämmen auf Kläranlagen	184
7.4.2	Biogasgewinnung aus Abfallstoffen der Landwirtschaft und Gewerbe	186
7.4.3	Biogasgewinnung durch anaerobe Behandlung hochkonzentrierter organischer Abwasserarten	190
8	Stand und Entwicklungstendenzen der biologischen Abwasserreinigung	191
9	Literatur	193
10	Register	199