

Biologische Reinigungsmethoden in der Abwasser- und Abfallbehandlung

**Möglichkeiten der Biofilm- und
Klärschlammdeintegrationsverfahren zur
signifikanten Volumen- und Kostenreduzierung**

Von
Dr.-Ing. Volker Schmid-Schmieder,
Entsorgungsverband Saar

ERICH SCHMIDT VERLAG

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Inhaltsverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	15
Kapitel 1: Einleitung	21
1.1 Problemstellung	21
1.2 Erkenntnisstand	24
1.3 Zielsetzung	27
Kapitel 2: Grundlagen der Verfahren	31
2.1 Grundlagen der Biofilmverfahren	31
2.1.1 Biofilmstruktur und -aufbau	31
2.1.2 Entwicklung von Biofilmen	34
2.1.2.1 Entwicklungsstadien	34
2.1.2.2 Bedeutung der EPS (extrazelluläre polymere Substanzen).	
2.1.3 Funktionale Darstellung der Biofilmeigenschaften zur Beschreibung der Abbaukinetik	41
2.2 Grundlagen der Desintegrationsverfahren	51
Kapitel 3: Bemessungsgrößen und Leistungsparameter.	53
3.1 Biofilmverfahren	53
3.1.1 prozessbestimmende Zulaufparameter.	54
3.1.2 Prozessparameter.	54
3.1.2.1 für Nitrifikation und Kohlenstoff-Abbau	54
3.1.2.2 Prozessparameter für Denitrifikation	54
3.1.3 Spezifische Umsatzleistungen der relevanten Abwasserinhaltsstoffe.	55
3.1.3.1 Einflussfaktoren für Nitrifikationsrate.	56
3.1.3.1.1 Temperatureinfluss	56
3.1.3.1.2 Einfluss des C/N-Verhältnisses	57

Inhaltsverzeichnis

3.1.3.1.3	Einfluss der NH_4 -Konzentration	57
3.1.3.1.4	Einfluss der O_2 -Konzentration	57
3.1.3.2	Einflussfaktoren für Denitrifikationsrate.	58
3.1.3.2.1	Temperatureinfluss.	58
3.1.3.2.2	Einfluss der Konzentration leicht abbaubaren Kohlenstoffs (CSB/ NO_3 -Verhältnis).	58
3.2	Bemessungsgrößen und Leistungsparameter der Schlamm-Desintegration.	59
3.2.1	Prozessbestimmende Schlammparameter.	59
3.2.2	Verfahrenstechnische Prozessparameter.	60
3.2.3	Spezifische Umsatzleistungen der Desintegration.	61
3.3	Bemessungsgrößen der einzelnen Verfahrensteile.	62
3.3.1	Bemessungsgrößen der Biofilmverfahren.	62
3.3.2	Bemessungsgrößen der Desintegrationsverfahren.	62
3.4	Grundlagen zum Vergleich der Leistungsfähigkeit	63
3.4.1	Biofilmverfahren/Belebtschlammverfahren.	63
3.4.2	Desintegrationsverfahren/konventionelle anaerobe (bzw. simultane aerobe) Schlammstabilisierung	66
Kapitel 4:	Systematik der Verfahren.	69
4.1	Biofilmverfahren.	69
4.1.1	Sessile Biologie auf Trägermaterial.	74
4.1.1.1	Biofilmverfahren mit ungeordnet bewegtem Trägermaterial.	75
4.1.1.2	Fixiertes bzw. geordnet bewegtes Trägermaterial.	80
4.1.2	Kombinierte Verfahren (sessile und suspendierte Biomasse).	87
4.1.2.1	suspendiertes Trägermaterial.	87
4.1.2.2	fixiertes Trägermaterial.	94
4.2	Desintegrationsverfahren.	95
4.2.1	Mechanische Desintegration.	96
4.2.2	Thermische Desintegration.	102
4.2.3	Chemische Desintegrationsverfahren.	102
4.2.4	Biochemische Desintegrationsverfahren.	104
Kapitel 5:	Stand von Wissenschaft und Technik.	107
5.1	Biofilmverfahren.	107

5.1.1	Pegasus-Verfahrenstechnik	107
5.1.2	Japanische Pegasus-Erfahrungen	108
5.1.3	EvU-Verfahrenstechnik	109
5.1.4	Deutsche EvU-Erfahrungen:	110
5.1.5	Kaldnes-Verfahrenstechnik	112
5.1.6	Skandinavische Kaldnes-Erfahrungen	114
5.1.6.1	Nitrifikation	114
5.1.6.1.1	Organische Schmutzfracht und Stickstoff-Fracht.	114
5.1.6.1.2	Phosphat-Fracht	115
5.1.6.1.3	Säurekapazität	115
5.1.6.2	Nitrifikationsgeschwindigkeit	115
5.1.6.2.1	Temperatur	115
5.1.6.2.2	Leicht abbaubarer CSB.	116
5.1.6.2.3	O ₂ -Konzentration	116
5.1.6.2.4	NH ₄ -Konzentration	117
5.1.6.3	Denitrifikationsgeschwindigkeit	117
5.1.6.3.1	vorgeschaltete Denitrifikation	118
5.1.6.3.2	nachgeschaltete Denitrifikation	118
5.1.6.3.2.1	für CSB/NO ₃ > 3,5.	119
5.1.6.3.2.2	für CSB/NO ₃ < 3,5.	119
5.1.7	Verfahrensschema Festbettverfahren.	120
5.1.8	Deutsche Festbett-Erfahrungen (halbtechnisch/ großtechnisch).	122
5.1.8.1	Für die Bemessung relevante Belastungszahlen ..	124
5.1.8.1.1	Reinen Kohlenstoffabbau.	124
5.1.8.1.2	Nitrifikation	124
5.1.8.1.3	Denitrifikation	126
5.1.8.2	Hinweise zur Anlagenkonfiguration und -ausrüstung	126
5.1.8.2.1	Belüftung	126
5.1.8.2.2	Rückspülung	127
5.1.8.2.3	Überschussschlammproduktion.	127
5.1.8.2.4	Absetzeigenschaften	128
5.2	Klärschlammintegration	129
5.2.1	Mechanische Desintegration	129
5.2.1.1	Hochleistungultraschall für die Überschuss- schlammintegration	132

5.2.1.2	Strömungsphysikalisch erzeugte Kavitationswirkung (CROWN- System)	138
5.2.1.3	Hochleistungsschall für die Faulschlamm-desintegration	138
5.2.1.4	Rührwerkskugelmühle	139
5.2.1.5	Hochdruckhomogenisator	139
5.2.1.6	Hochleistungspulstechnik	139
5.2.2	Thermische Desintegration	139
5.2.3	Chemische Desintegration	139
5.2.4	Desintegration bei simultaner aerober Schlammstabilisierung	144
5.2.4.1	Verfahrenstechnische Anforderungen	144
5.2.4.2	Ergebnisse	145
Kapitel 6:	Anwendungsgebiete in kommunalen und industriellen Bereichen	147
6.1	Kommunale Abwasser-und Schlammbehandlung	147
6.1.1	Aerobe biologische Abwasserreinigung	147
6.1.1.1	Belebtschlammverfahren im kontinuierlichen Durchlaufbetrieb	147
6.1.1.1.1	Nitrifikation in Durchlaufanlagen	149
6.1.1.1.2	Denitrifikation bei Durchlaufanlagen	152
6.1.1.1.3	Verfahrensweisen der Durchlaufanlagen	153
6.1.1.1.3.1	Vorgeschaltete Denitrifikation DN	153
6.1.1.1.3.2	Kaskaden- Denitrifikation	154
6.1.1.1.3.3	Simultane Denitrifikation	155
6.1.1.1.3.4	Intermittierende Denitrifikation	156
6.1.1.1.3.5	Alternierende Denitrifikation	157
6.1.1.1.3.6	Nachgeschaltete Denitrifikation	158
6.1.1.2	SBR- Verfahren	159
6.1.1.2.1	Verfahrensbeschreibung	159
6.1.1.2.2	Stickstoff- und Phosphorelimination	163
6.1.1.2.3	SBBR- Verfahrenstechnik	166
6.1.1.3	Naturnahe Verfahren (Belüftete Teiche)	174
6.1.1.3.1	Verfahrensschema	175
6.1.1.3.2	Dimensionierungshinweise	176
6.1.1.3.3	Belüftung	177

6.1.1.3.4	Leistungsfähigkeit belüfteter Teiche	182
6.1.1.3.5	Weitergehende Reinigung	182
6.1.2	Biofiltration	188
6.1.2.1	Abgrenzung und Definition	188
6.1.2.2	Grundlagen	188
6.1.2.2.1	Eigenschaften von Biofilmen zur Abwasser- reinigung	188
6.1.2.2.2	Verfahrenstechnische Merkmale	190
6.1.2.2.3	Signifikante Unterschiede zum Belebtschlamm- verfahren	191
6.1.2.3	Systematisierung von Biofiltrationssystemen	192
6.1.2.4	Verfahrensaufbau	197
6.1.2.4.1	Vorbehandlung	199
6.1.2.4.2	Trägermaterialien	200
6.1.2.4.3	Belüftung	201
6.1.2.4.4	Spülprozesse	202
6.1.2.4.5	MSR- Technik	206
6.1.2.4.6	Dimensionierungshinweise	207
6.1.2.4.6, 1	Einflussgrößen	207
6.1.2.4.6, 2	Filtergeschwindigkeit	208
6.1.2.4.6, 3	Biologische Umsatzleistungen	209
6.1.2.4.6, 3.1	Nitrifikationsumsatzleistung	210
6.1.2.4.6, 3.2	Denitrifikationsumsatzleistung	210
6.1.2.4.6, 3.3	Überblick über Raumumsatzleistungen	211
6.1.2.4.6, 4	Feststoffrückhalt	213
6.1.2.4.6, 5	Phosphatelimination	213
6.1.2.4.6, 6	Dynamische Berechnungsmodelle	214
6.1.3	Anaerobe biologische Abwasserbehandlung (Bio-P-Elimination)	216
6.1.3.1	Mechanismen der erhöhten biologischen P- Elimination	216
6. 3.2	Einflussfaktoren	218
6. 3.3	Verfahren der erhöhten biologischen P-Elimination	219
6. 3.4	Vermehrte biologische Phosphorelimination in Biofilmanlagen	221
.3.4.1	Grundlagen	221
.3.4.2	Verfahrenstechnik	222

6.1.4	Stabilisierung biologischer Schlämme	226
6.1.4.1	Aerobe Schlammstabilisierung	227
6.1.4.2	Anaerobe Schlammstabilisierung	228
6.2	Industrielle und gewerbliche Abwasser- und Schlammbehandlung	231
6.2.1	Grundlagen	231
6.2.2	Abwasser-/Schmutzwasseranfall	232
6.2.3	Schmutzwasserbeschaffenheit	235
6.2.3.1	Schmutzwässer überwiegend anorganischer Art	235
6.2.3.2	Schmutzwässer überwiegend organischer Art	236
6.3	Abwasserreinigungsverfahren für organische, ab- baubare Inhaltsstoffe (hohe Kohlenstoffgehalte) - Anaerober Abbau	238
6.3.1	Grundlagen und Wirkungsweise	238
6.3.2	Verfahrenstechnische Grundlagen	240
6.3.2.1	Abwasserinhaltsstoffe	241
6.3.2.2	Temperatur	243
6.3.2.3	pH-Wert	244
6.3.3	Verfahrensvarianten	244
6.3.3.1	Einstufige Verfahrensweise	244
6.3.3.2	Zweistufige Verfahrensweise	246
6.3.4	Verfahrenstechnik	252
6.3.5	Einsatzmöglichkeiten	253
6.4	Stabilisierung biologischer Schlämme aus der industriellen Abwasserreinigung	255
6.4.1	Auswirkungen der Klärschlamm- desintegration per Hochleistungsultraschall	255
6.4.1.1	Verbesserung der Sedimentationseigenschaften/ Reduzierung der Bläh- und Schwimmschlamm- bildung	255
6.4.1.2	Einfluss auf das Entwässerungsverhalten der Überschussschlämme	257
6.4.1.3	Einsatz des Desintegrates als H-Quelle für die Denitrifikation	259
6.4.1.4	Reduzierung von Schaumproblemen in Faul- behältern	260
6.4.1.5	Rückbelastung auf den Kläranlagenzulauf	260

Kapitel 7:	Vergleich der Leistungsfähigkeit mit anderen technischen Systemen.	263
7.1	Biofilm-/Belebtschlammverfahren	263
7.2	Desintegrationsverfahren	272
Kapitel 8:	Dimensionierungshinweise.	287
8.1	Dimensionierungshinweise für Biofilmverfahren.	287
8.1.1	Sessile Biologie auf Trägermaterial	287
8.1.2	Kombinierte Verfahren	288
8.2	Dimensionierungshinweise für Desintegrationsverfahren	293
8.3	Beispielbemessung für den Sanierungs-/Erweiterungsfall einer kommunalen Kläranlage	294
	Anhang	301
	Literaturverzeichnis	311
	Stichwortverzeichnis.	323