

Prof. Dr. Peter M. Kunz

Behandlung von Schlamm

Vogel Buchverlag

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Entstehung von Schlamm	11
1.1 Ausgangssituation	11
1.2 Definition der Schlammbeurteilung	12
1.3 Grundlegende Erkenntnisse zur Entstehung von Schlamm	15
1.3.1 Elimination von Abwasserinhaltsstoffen	16
1.3.1.1 Elimination ohne Stoffumwandlung	17
1.3.1.2 Elimination mit Stoffumwandlung in die Gasphase	18
1.3.1.3 Elimination mit Stoffumwandlung in die Feststoffphase	18
1.3.2 Umwandlung gelöster in ungelöste Stoffe	21
1.3.3 Umwandlung ungelöster in gelöste Stoffe	21
1.3.4 Zusammenfassung	22
1.4 Grundlagen der Schlammbildung in aeroben biologischen Abwasserreinigungsanlagen	26
1.4.1 Katabolismus, Energiestoffwechsel und Anabolismus	29
1.4.2 Einflußmöglichkeiten auf die biologische Schlammproduktion	30
1.4.3 Flockenbildung und -Zerstörung	38
1.4.3.1 Bakterien (stellvertretend für viele Mikroorganismen)	38
1.4.3.2 Polymerbrücken zwischen den einzelnen Organismenzellen (EPS)	38
1.4.3.3 Mikroorganismen in der Flocke	40
1.4.3.4 Biofilme - Belebtschlammflocken	41
1.4.3.5 Scherkräfte	43
1.4.3.6 Flockenzerstörung	43
1.4.4 Schlamm aus Festbettreaktoren	44
1.5 Schlamm aus dem Fällungsprozeß	44
1.5.1 Fällungs- und Flockungsmechanismen	44
1.5.2 Phosphatfällung	48
1.5.3 Schlammbildung bei der Fällung	50
1.6 Modell der Schlammbildung in aeroben biologischen Belebungsanlagen	50
1.7 Einflußfaktoren auf die Qualität von Schlamm	54
1.7.1 Übersicht der Zusammensetzung von Schlamm	54
1.7.2 Zusammensetzung von Schlamm bezüglich der Nährstoffe	56
1.7.3 Heizwerte von Schlamm	57
1.7.4 Parameter für die Entfeuchtung von Schlamm	58
1.8 Perspektiven für die Schlammproduktion	61
2 Schlammentsorgung	67
2.1 Klärschlamm-Verordnung	67
2.2 TA Siedlungsabfall	70
2.2.1 Kompostierung	71
2.2.2 Vergärung	71
2.2.3 Deponierung	72
2.3 TA Abfall	73

2.3.1	Oberirdische Deponie.	72
2.3.2	Untertagedeponie.	75
2.3.3	Monodeponie.	76
2.4	Sonstige Regelungen.	77
2.4.1	Internationale Vorschriften.	77
2.4.2	Nationale Gesetze.	78
2.4.3	Verordnungen und weitere Vorschriften.	79
2.5	Beurteilung von Schlamm.	81
2.5.1	Probennahme.	83
2.5.2	Wasser- und Trockenmassengehalt.	84
2.5.3	Glührückstand und Glühverlust.	85
2.5.4	TOC und CSB.	86
2.5.5	Heizwert.	86
2.5.6	Fördern.	87
2.5.7	Eindicken.	87
2.5.8	Entwässern.	87
2.5.9	Deponieren.	88
2.5.10	Mikrobiologische Beschaffenheit.	88
2.5.11	Faulen.	89
3	Vorbehandlung von Schlamm.	91
3.1	Konditionierung.	92
3.1.1	Chemische Konditionierung.	93
3.1.1.1	Anorganische Mittel.	95
3.1.1.2	Organische Mittel.	96
3.1.1.3	Kombinationen.	98
3.1.2	Physikalische Schlammkonditionierung.	100
3.1.2.1	Zugabe von inerten Gerüstbildnern.	100
3.1.2.2	Elektrokoagulation.	100
3.1.2.3	Entgasung.	101
3.1.2.4	Kühlung und Gefrierkonditionierung.	101
3.1.2.5	Hitze-konditionierung.	102
3.2	Desintegration von Zellen.	102
3.2.1	Aufgabe und Zieldefinition.	103
3.2.2	Mechanische Verfahren.	103
3.2.3	Anmerkung zu den Desintegrationstechniken.	105
3.2.4	Schlammverminderung durch mechanische Desintegration.	106
3.2.5	Perspektiven.	114
3.2.6	Abgrenzung zu anderen Desintegrationsverfahren.	117
3.3	Enzymatische Behandlung.	118
3.3.1	Enzymzusatz.	118
3.3.2	Großtechnische Untersuchungen.	118
3.3.3	Perspektiven.	121
3.4	Hydrolyse.	122
3.4.1	Grundlagen.	122
3.4.2	Praxis.	126
3.4.3	Perspektiven.	127
3.5	Chemolyse.	128
3.5.1	Saure Chemolyse.	128
3.5.2	Alkalische Hydrolyse.	130
3.5.3	Perspektiven.	132
3.6	Naßoxidationsverfahren.	132
3.6.1	Grundlagen.	132
3.6.2	Praxis.	132

3.6.3	Hydrothermische Hochdruckoxidation	135
3.6.4	Perspektiven	136
3.7	Sonstige Verfahren	136
3.7.1	Chemisches Leaching	136
3.7.2	Strippen von Schwermetall	136
4	Schlammtransport	139
4.1	Fließverhalten von Schlamm	140
4.2	Dickstoffpumpen und Trogkettenfördersysteme	142
5	Statische, mechanische und thermische Entfeuchtung (Schlammwasserabtrennung)	147
5.1	Statische Eindickung	147
5.1.1	Schwerkrafteindicker	147
5.1.2	Flotationseindicker	154
5.2	Mechanische Eindickung	156
5.2.1	Seihsysteme	157
5.2.2	Zentrifugensysteme	159
5.2.2.1	Funktionsweise konventioneller Systeme	160
5.2.2.2	Hochleistungszentrifugen	162
5.3	Entwässerung durch Filtration	163
5.3.1	Unterdruckfiltration	164
5.3.2	Bandfilterpressen	166
5.3.3	Kammerfilter- und Membranfilterpresse	170
5.3.4	Neuere Preßfiltersysteme	175
5.3.4.1	Wring Press	175
5.3.4.2	Pressmaster	175
5.3.4.3	High Intensitiy Press (HIP)	177
5.3.4.4	Continuous Area Press	177
5.3.5	Entwässerungscontainer	177
5.4	Thermische Trocknung	180
5.4.1	Erläuterungen zu den Prinzipien der Trocknungsverfahren	182
5.4.2	Trocknerbauarten	183
5.4.2.1	Scheibentrockner	186
5.4.2.2	Dünnschichttrockner	186
5.4.2.3	Fließbettrockner	186
5.4.2.4	Bandrockner	186
5.4.2.5	Trommeltrockner	186
5.4.2.6	Wirbelschichttrockner	188
5.4.2.7	Etagentrockner	188
5.4.3	Natürliche Trocknung in Trockenbeeten	188
5.4.4	Solare Trocknung	191
5.4.5	Volltrocknung im Kontakttrockner	194
5.4.6	Trocknung durch Umluftbetrieb	194
5.4.7	Niedertemperaturtrocknung in der Wirbelschicht	197
5.4.8	Energiebilanz der Trocknung	197
5.5	Mechanische und thermische Trocknung in einer Maschine	199
5.5.1	Hochleistungszentrifuge mit Konvektionstrockenstufe	200
5.5.2	Kammerfilterpresse mit integrierter Kontakttrocknung	200
5.5.3	Heiße Filtration	202
5.6	Optimierung der Entfeuchtung durch Beeinflussung der Flockenstruktur	204
5.6.1	Trübungsmessung	204
5.6.2	Schlammbildungs-sonde	206
5.6.3	Optimierungsansätze	206
5.7	Behandlung von Trübwasser	208

6 Mineralisierung von organischen Schlammanteilen (Stabilisierung)	211
6.1 Faulung	216
6.1.1 Grundlagen beim anaeroben Abbauprozess	216
6.1.2 Methanisierung	218
6.1.3 Anaerobe Sulfidfällung	219
6.1.4 Kriterien für eine technische Umsetzung	220
6.1.5 Betriebsparameter bei Faulprozessen	221
6.1.5.1 Organische Substanz	221
6.1.5.2 Flüchtige Säuren	222
6.1.5.3 Alkalinität	222
6.1.5.4 Redox-Potential bzw. rH-Wert	222
6.1.6 Faulungssysteme	222
6.1.7 Ergebnisse der Schlammfäulung	226
6.2 Aerobe Stabilisierung	230
6.2.1 Biologische Grundlagen	231
6.2.2 Technik der aerob-thermischen Stabilisierung	232
6.2.3 Kompostierung von Schlamm	235
6.3 Pyrolyse und Konvertierung	236
6.3.1 Grundlage der Pyrolyseverfahren	236
6.3.2 Niedertemperaturkonvertierung von Klärschlamm	236
6.3.3 Verfahrensprinzip	239
6.3.4 Produkte	239
6.4 Thermische Oxidation bzw. Verbrennung	239
6.4.1 Grundlagen der thermischen Oxidation organischer Stoffe	240
6.4.2 Monoverbrennungssysteme von Schlamm	242
6.4.2.1 Wirbelschichtfeuerung	242
6.4.2.2 Verbrennung im Etagenofen	244
6.4.3 Hochtemperaturverbrennung von Schlamm	246
6.4.4 Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken	250
6.4.5 Mitverbrennung in Abfallverbrennungsanlagen	251
6.5 Energetische Betrachtungen	252
7 Entsorgung durch Verwertung und Beseitigung	257
7.1 Ausgangssituation	257
7.2 Konzepte für die Behandlung von Schlamm	257
7.3 Gezielte Denitrifikation - biologische Phosphatelimination	259
7.4 Düngemittel aus Schlamm	259
7.5 Schlammkompost	260
7.6 Futtermittel aus Schlamm	261
7.7 Verwertung bei der Asphaltherstellung	261
7.8 Verwertung in der Zementindustrie	263
7.9 Verwertung von Rückständen aus der Verbrennung	264
7.10 Entsorgung durch Beseitigung	264
Literaturverzeichnis	267
Stichwortverzeichnis	279