

# Grundlagen für den Betrieb von Belebungsanlagen mit gezielter Stickstoff- und Phosphorelimination

## 4. Auflage

Neu-  
auflage

*Peter Baumann, Thomas Bosler,  
Martin Eschenhagen, Christian Locher,  
Peter Maurer, Ralf Schneider*

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3	
Einführung	5	
<b>1</b>	<b>Stickstoff- und Phosphorverbindungen im Abwasser – Herkunft und Auswirkungen</b>	<b>13</b>
1.1	Einführung in die Thematik	14
1.2	Gesetzliche Forderungen	14
1.2.1	Abwasserabgabengesetz	15
1.2.2	Abwasserverordnung	15
1.2.3	Eigenkontrollverordnung	16
1.2.4	Weitere Entwicklung	17
1.3	Chemische Grundlagen	17
1.3.1	Wesentliche Elemente und Verbindungen	17
1.3.2	Begriffserklärungen	19
1.3.3	Säurekapazität	22
1.3.4	Angaben nach der Trinkwasserverordnung	23
1.4	Abwasserinhaltsstoffe und ihre Auswirkungen im Gewässer	24
1.4.1	Allgemeiner Überblick	24
1.4.2	Stickstoff-Komponenten	24
1.4.3	Phosphor-Komponenten	26
1.4.4	Kohlenstoffkreislauf und Photosynthese	28
1.4.5	Stickstoff	29
1.4.6	Phosphor	34
1.5	Die Löslichkeit von Sauerstoff im Abwasser	40
1.6	Hinweise zur Betriebsanalytik	42
1.6.1	Allgemeines	42
1.6.2	Fehlerquellen	43
1.6.3	Messwerte und Qualitätssicherung	45

<b>2</b>	<b>Grundlagen der Stickstoffelimination</b>	<b>53</b>
2.1	Gesetzliche Anforderungen	54
2.2	Stickstoffverbindungen an der Abwasseranfall- stelle und im Zulauf zur Kläranlage	56
2.2.1	Abwasseranfallstelle	56
2.2.2	Vorgänge im Kanal – Stickstoffverbindungen im Zulauf zur Kläranlage	58
2.3	Elimination von Stickstoff in der Kläranlage	60
2.3.1	Prozesse zur Stickstoffelimination	60
2.3.2	Vorgänge in der mechanischen Reinigung	61
2.3.3	Einbau von Stickstoff in die Biomasse	61
2.3.4	Biologische Reinigung mit Nitrifikation	63
2.3.5	Biologische Reinigung mit Nitrifikation und Denitrifikation	66
2.3.6	Kläranlagen mit separater Schlammwasserbehandlung	68
2.4	Bilanzierung der Stickstoffelimination	70
<b>3</b>	<b>Technische Möglichkeiten der Nitrifikation/Denitrifikation</b>	<b>77</b>
3.1	Forderungen des Gesetzgebers	78
3.2	Nitrifikation	78
3.3	Denitrifikation	88
3.3.1	Zweck der Denitrifikation	88
3.3.2	Vorgänge	88
3.3.3	Vorgeschaltete Denitrifikation	90
3.3.4	Intermittierende Denitrifikation	94
3.3.5	Simultane Denitrifikation	95
3.4	Beispiel: Vorgeschaltete Denitrifikation	98
3.5	Kontrolle von Nitrifikation und Denitrifikation	99

<b>4</b>	<b>Betriebliche Aspekte bei Anlagen mit Nitrifikation</b>	<b>103</b>
4.1	Einführung	104
4.2	Aerobes Schlammalter	105
4.2.1	Bestimmung des Schlammalters	105
4.2.2	Mindestschlammalter	107
4.2.3	Betriebliche Einflussnahme auf das Schlammalter	107
4.2.4	Vor- und Nachteile eines höheren Schlammalters	109
4.3	Sauerstoffversorgung	110
4.4	Säurekapazität	112
4.5	Nitrifikationszeit	115
4.6	Stickstoffstoßbelastungen	119
4.7	Überschussschlammabzug	125
4.8	Nitrifikationshemmende Stoffe	126
4.9	Erhöhte Nitritkonzentrationen im Ablauf	130
<b>5</b>	<b>Betriebliche Aspekte bei Anlagen mit Denitrifikation</b>	<b>133</b>
5.1	Einführung	134
5.2	Ursachen für erhöhte Nitratkonzentrationen im Ablauf	135
5.3	Belastung mit oxidiertem Stickstoff	136
5.3.1	TKN-Spitzen im Zulauf	136
5.3.2	Oxidierter Stickstoff im Zulauf	137
5.4	Sauerstoffzufuhr in den Denitrifikationsteil	138
5.5	Schlammgehalt in der Denitrifikationszone	143
5.6	BSB:N <sub>ges</sub> -Verhältnis im Zulauf zur Biologie	145
5.6.1	Allgemeines	145
5.6.2	Verkleinerung der Vorklärung	147
5.6.3	Rechen- und Siebgutwäsche sowie Sandwäsche	149
5.6.4	Dosierung von kohlenstoffhaltigem Konzentrat	149
5.7	Denitrifikationszeit	153

5.8	Rückführverhältnis bei vorgeschalteter Denitrifikation	156
5.9	Mischwasserzufluss und erhöhter Fremdwasserzufluss	159
5.10	Schlussbemerkungen	161
<b>6</b>	<b>Grundlagen der Phosphatelimination</b>	<b>163</b>
6.1	Gesetzliche Grundlagen	164
6.2	Abkürzungen	167
6.3	Entnahme der Phosphorverbindungen	168
6.4	Gezielte biologische Phosphatelimination	171
6.5	Chemische Phosphatelimination	177
6.5.1	Fällung/Flockung	177
6.5.2	Wirkungsmechanismen bei Metallverbindungen	178
6.5.3	Wirkungsmechanismen bei Kalkhydrat	179
6.5.4	Chemische Konkurrenzreaktion	180
6.5.5	Molverhältnis ( $\beta_{\text{Fall}}$ -Wert)	181
6.5.6	Veränderung der Säurekapazität	186
6.5.7	Schlammfall durch chemische Fällung	187
6.5.8	Suspensa-Entnahme	189
6.5.9	Aufsalzung	189
6.5.10	Aufgabe 3 – Beispielrechnung zur chemischen Phosphatelimination	190
6.5.11	Lösungen	192
<b>7</b>	<b>Technische Möglichkeiten der Phosphatelimination</b>	<b>199</b>
7.1	Verfahren	200
7.1.1	Vorfällung	200
7.1.2	Simultanfällung	202
7.1.3	Nachfällung	203
7.2	Messtechnik	205
7.3	Steuern und Regeln	206
7.4	Fällmittel	206

<b>8</b>	<b>Betriebliche Erfahrungen mit der chemischen Fällung</b>	<b>209</b>
8.1	Planung neuer Fällmittelstationen	210
8.1.1	Fällmittelauswahl	211
8.1.2	Auslegung der Lagertanks	211
8.1.3	MSR-Technik der Lagertanks	212
8.1.4	Die Phosphat-Messung	213
8.1.5	Dosierstation	215
8.2	MSR-Technik für die Fällmittel-Dosierung	217
8.2.1	Anbindung der Fällmittelstation an die bestehende MSR-Technik	219
8.2.2	Einfluss der Denitrifikation auf die Phosphatelimination	220
<b>9</b>	<b>Zukunft der Nährstoffelimination/ Ausblick</b>	<b>223</b>
9.1	Forderungen des Gesetzgebers	224
9.2	Maßnahmen bei Punktquellen	225
9.2.1	Verringerung des Sauerstoffbedarfs	226
9.2.2	Verringerung der Nährstoffe (ortho-Phosphat)	227
9.2.3	Chemischer Zustand (Spurenstoffe)	227
	Autorenverzeichnis	229