

Veröffentlichungen des Institutes für
Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der
Universität Hannover

Nitrifikation in Teich-Bodenfilteranlagen

INSTITUT WAR — Bibliothek —
Wasserversorgung, Abwassertechnik
Abfalltechnik und Raumplanung
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt
TEL. 0 61 51/16 36 59 + 16 27 48
FAX 0 61 51/16 37 58

Katrin Kayser

Hannover 2003

INHALTSVERZEICHNIS**Abbildungsverzeichnis****Tabellenverzeichnis****Abkürzungsverzeichnis**

1	EINLEITUNG	1
2	DERZEITIGER KENNNTISSTAND ZUR ABWASSERBEHANDLUNG MIT NATURNAHEN VERFAHREN	2
2.1	Abwasserteiche	2
2.1.1	Geschichtliche Entwicklung.....	2
2.1.2	Verfahrensvarianten.....	4
2.1.3	Dimensionierung von Teichanlagen.....	5
2.1.4	Wirkungsmechanismen und Reinigungsleistung.....	6
2.2	Pflanzenkläranlagen - Bewachsene Bodenfilter	10
2.2.1	Geschichtliche Entwicklung und Begriffsdefinitionen.....	10
2.2.2	Verfahrensvarianten von bewachsenen Bodenfiltern.....	12
2.2.3	Dimensionierung von bewachsenen Bodenfiltern.....	13
2.2.4	Wirkungsmechanismen und Stoffumsatz im Filterkörper.....	14
2.2.4.1	Kohlenstoffabbau.....	16
2.2.4.2	Phosphorelimination.....	16
2.2.4.3	Stickstoffumsatz.....	16
2.2.4.4	Räumliche Verteilung der Abbauprozesse.....	21
2.2.5	Reinigungsleistung von bewachsenen Bodenfiltern.....	21
2.2.6	Einsatz von Bodenfiltern bei weitergehenden Anforderungen an die Nährstoffelimination.....	23
2.2.7	Einsatz von Bodenfiltern zur Nachreinigung und Mischwasserbehandlung...	27
2.2.8	Betriebssicherheit und Betriebskontrolle von Bodenfiltern.....	28
2.3	Zusammenfassung des Kenntnisstandes	30
3	ZIELSETZUNG UND AUFBAU DER ARBEIT	32
4	BODENPHYSIKALISCHE UND -CHEMISCHE GRUNDLAGEN	36
4.1	Wasserbewegung in der ungesättigten Bodenzone	36
4.2	Lufthaushalt im Boden	39
4.3	Redoxverhältnisse im Bodenkörper	43
4.3.1	Grundlagen und Begriffsdefinitionen.....	43
4.3.2	Redoxpotenziale in Böden.....	45
4.3.3	Einflussfaktoren auf das Redoxpotenzial im Boden.....	46
5	MATERIAL UND METHODEN	49
5.1	Beschreibung der Teich-Bodenfilteranlage "Ettenbüttel"	49
5.2	Untersuchungsprogramm	53

5.2.1	Betrieb des Bodenfilters	53
5.2.2	Messung und Bilanzierung der Stoffumsetzungen in der Teich- Bodenfilteranlage	54
5.2.3	Untersuchungen zur Verlagerung der Stoffumsetzungen im Bodenfilter	58
5.2.4	Auswertung der online-Daten - Wartung der online-Messgeräte	59
5.2.5	Untersuchungen zum Bodenlufthaushalt	60
5.2.6	Untersuchungen des Filtersubstrates	61
5.2.7	Weitere Untersuchungen	62
5.3	Laboruntersuchungen an Bodensäulenversuchsanlagen	63
5.3.1	Orientierende Untersuchungen zur maximalen Nitrifikationsleistung verschiedener Sande	63
5.3.2	Untersuchungen zur Verlagerung des Nitrifikationshorizontes und Beschreibung der Prozesse im Filterkörper	65
5.3.3	Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit des Entwässerungsverhaltens	67
6	ERGEBNISSE	69
6.1	Teich-Bodenfilteranlage Ettenbüttel	70
6.1.1	Wassermengen	70
6.1.2	Reinigungsleistung und Stoffumsatz in den Teichen	71
6.1.3	Stoffliche Belastung des Bodenfilters im Untersuchungszeitraum	78
6.1.4	Entwicklung der Reinigungsleistung des Bodenfilters	79
6.1.5	O ₂ -Konzentration, pH-Wert, Redoxpotenzial und NH ₄ -N-Konzentration in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen	81
6.1.6	Entwässerungsdynamik des Bodenfilters - Zusammenhänge zwischen Redoxpotenzial, Temperatur und Abflussverhalten	89
6.1.7	Stoffumsatz im Vertikalfilter	94
6.1.7.1	TKN-Umsatzleistung und N _{org} -Elimination des Vertikalfilters in Abhängigkeit verschiedener Einflussgrößen	94
6.1.7.2	CSB-Umsatzleistung des Vertikalfilters in Abhängigkeit verschiedener Einflussgrößen	102
6.1.7.3	Verlauf der Stoffumsetzungen über die Tiefe des Bodenfilters unter verschiedenen Betriebsbedingungen	104
6.1.8	Zeitliche Veränderung der Bodenluftzusammensetzung über die Filtertiefe	108
6.1.9	Bodenuntersuchungen	111
6.1.10	Bewirtschaftung der kombinierten Teich-Bodenfilteranlage und erzielter Stoffumsatz	114
6.1.11	Resümee der Ergebnisse „Teich-Bodenfilteranlage Ettenbüttel“	118
6.2	Vergleichende Betrachtung der Vertikalfilter „Wiedersberg“ und „Quarzbichl“	121
6.2.1	Beschreibung der Anlagen	121
6.2.2	Nitrifikationsleistung des Vertikalfilters „Wiedersberg“	123
6.2.3	Nitrifikationsleistung des Vertikalfilters „Quarzbichl“	125

6.3 Bodensäulenversuchsanlage	127
6.3.1 Ermittlung maximaler TKN-Umsatzleistungen verschiedener Substrate - orientierende Untersuchungen	127
6.3.2 Zeitliche und räumliche Verlagerung des Nitrifikationshorizontes im Filterkörper.....	129
6.3.3 Entwässerungsdynamik in Abhängigkeit von der Temperatur	136
6.3.4 Resümee der Ergebnisse der Bodensäulenversuche.....	140
6.4 Bilanzierung des Sauerstoffhaushaltes für den Bodenfilter „Ettenbüttel“ sowie für die Bodensäulenversuche	141
6.4.1 Berechnungsgrundlagen und Annahmen	141
6.4.2 O ₂ -Bilanz des Vertikalfilters in Ettenbüttel	142
6.4.3 O ₂ -Bilanz der Bodensäulenversuche.....	144
7 DISKUSSION	147
7.1 Leistungsfähigkeit und Leistungsgrenzen der Teichanlage.....	149
7.2 Leistungsfähigkeit und Leistungsgrenzen vertikal durchströmter Bodenfilter	157
7.2.1 Kohlenstoffabbau und Feststoffrückhalt	157
7.2.2 Nitrifikation	158
7.2.2.1 Temperatureinfluss.....	159
7.2.2.2 Einfluss der stofflichen und hydraulischen Belastung.....	161
7.2.3 Denitrifikation	167
7.2.4 Resümee der Erkenntnisse zur Leistungsfähigkeit und Leistungsgrenzen von vertikal durchströmten Bodenfiltern	168
7.3 Leistungsfähigkeit der Teich-Bodenfilteranlage und Besonderheiten der Verfahrenskombination.....	169
7.4 Prozesse im Filterkörper.....	172
7.4.1 Abbau- und Umsatzprozesse während der Filterpassage	172
7.4.2 Entwässerungsdynamik und Sauerstoffversorgung des Filterkörpers.....	176
7.5 Abbildung des Filterzustandes über das Redoxpotenzial.....	182
7.6 Anwendung von Redoxpotenzialmessungen in der Abwassertechnik - Grundlagen, Erfahrungen und vergleichende Betrachtung.....	187
7.7 Möglichkeiten der Betriebskontrolle und Betriebssteuerung von Bodenfiltern über das Redoxpotenzial	190
7.8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für Bemessung und Betrieb... ..	194
8 ZUSAMMENFASSUNG	200
9 LITERATURVERZEICHNIS	203

ANHANG: Kennblätter der untersuchten Filtersubstrate