

Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG)

Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütewirtschaft

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Tobias Morck

Stickstoffelimination aus Schlammwasser mittels Ionenaustausch und Elektrodialyse

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xvii
Tabellenverzeichnis	xxi
Symbolverzeichnis	xxiii
1 Einleitung	1
1.1 Problematik	1
1.2 Zielstellung der Arbeit	3
1.3 Aufbau der Arbeit	5
2 Grundlagen und Stand des Wissens	7
2.1 Rückläufe aus der Schlammbehandlung	7
2.1.1 Schlammwasseranfall	7
2.1.2 Beschaffenheit der Schlammwässer	8
2.1.3 Verfahren zur separaten Schlammwasserbehandlung	10
2.2 Natürliche Zeolithe als Sorptionsmaterialien	13
2.2.1 Allgemeines	13
2.2.2 Zusammensetzung und Struktur natürlicher Zeolithe	14
2.2.3 Sorptionseigenschaften natürlicher Zeolithe	15
2.2.4 Natürliche Zeolithe in der Abwassertechnik	17
2.3 Beschreibung von Sorptionsphänomenen	20
2.3.1 Sorptionsgleichgewicht	20
2.3.2 Sorptionskinetik	24
2.3.3 Durchbruchsverhalten in Sorptionsfiltern	27
2.4 Elektrodialytische Verfahren zur Ionentrennung	30
2.4.1 Prinzip der Elektrodialyse	30
2.4.2 Ionen austauschermembranen	31
2.4.3 Grenzstromdichte	32
2.4.4 Elektrodialyseverfahren mit Ionenaustauschern	35
3 Material und Methoden	37
3.1 Charakterisierung des Schlammwassers	37
3.2 Charakterisierung des Sorbens	38
3.2.1 Mineralogische Untersuchungen	38
3.2.2 Bodenphysikalische und bodenchemische Untersuchungen	38
3.2.3 PC-Zeolith	39

3.3 Durchführung der Batchversuche	43
3.4 Durchführung der Filterversuche	47
3.5 Durchführung der Versuche zur elektrodialytischen Regeneration	50
3.5.1 Versuchsanlagen	50
3.5.2 Bestimmung der Grenzstromdichte	53
3.5.3 Versuche zur diskontinuierlichen elektrodialytischen Regeneration	54
3.6 Analytik	55
4 Ergebnisse und deren Interpretation	59
4.1 Sorptionsverhalten von Ammonium an PC-ZEOLITH	59
4.1.1 Sorptionsgleichgewichte	59
4.1.1.1 Einfluss der Sorptivausgangskonzentration	59
4.1.1.2 Einfluss konkurrierender Kationen	61
4.1.1.3 Einfluss des pH-Wertes	62
4.1.1.4 Einfluss der Abwasserzusammensetzung	64
4.1.1.5 Einfluss der SorbenskorngroÙe	65
4.1.1.6 Einfluss der Kontaktzeit	67
4.1.2 Sorption im Festbett	67
4.1.2.1 Einfluss der SorbenskorngroÙe	67
4.1.2.2 Einfluss des Volumenstroms	69
4.1.2.3 Einfluss der Abwasserzusammensetzung	71
4.2 Regenerationsverhalten ammoniumbeladener PC-ZEOLITHE	75
4.2.1 Regeneration im Batchexperiment	75
4.2.2 Regeneration im Filterbetrieb	78
4.3 Wiederbeladung regenerierter Austauscher im Batchexperiment	80
4.4 Elektrodialytische Regeneration	81
4.4.1 Grenzstromdichte	81
4.4.2 Einfluss der Stromdichte	83
4.4.3 Einfluss der SorbenskorngroÙe	86
4.4.4 Einfluss der Abwasserzusammensetzung	89
4.4.5 Wiederbeladung elektrodialytisch regenerierter Austauscher .	93
5 Diskussion	95
5.1 Sorptionsverhalten von Ammonium an PC-Zeolith	95
5.2 Elektrodialytische Regeneration	98
5.3 Verfahrenstechnische Optimierungsmöglichkeiten	102

6 Zusammenfassung	105
A Anhang	107
Literatur	117
Schriftenreihe SWW - Karlsruhe	133