

**Chemisch-oxidative Vorbehandlung von diglymehaltigen
Prozessabwässern**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktoringenieurin (Dr. Ing.)

genehmigt durch die

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät
(Ingenieurwissenschaftlicher Bereich)
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von

Dietlinde Großmann

geboren am 12.05.1972 in Leipzig

Dekan der Fakultät: Prof. Dr.-Ing. H. Altenbach

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. H. Köser

Prof. Dr.-Ing. T. Hahn

Prof. Dr.-Ing. A. Vogelpohl

Halle/Saale, 16. Februar 2005

Beiträge zum Umweltschutz

Band 3/2005

Dietlinde Großmann

**Chemisch-oxidative Vorbehandlung von
diglymehaltigen Prozessabwässern**

Shaker Verlag
Aachen 2005

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Halle, Univ., Diss., 2005

Copyright Shaker Verlag 2005

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4103-5

ISSN 1611-8057

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Zeitraum vom April 1999 bis September 2004 am Institut für Umwelttechnik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Für die wissenschaftliche Betreuung dieser Arbeit bedanke ich mich sehr herzlich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. H. Köser.

Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. T. Hahn danke sehr herzlich für die wertvollen Beiträge und die hilfreiche Diskussion.

Herrn Prof. (em.) Dr.-Ing. habil. A. Vogelpohl danke ich für die freundliche Übernahme des Koreferates.

Renate Kretschmer, Marlis Porobin und Birgit Schubert danke ich für die großzügige Unterstützung während der praktischen Arbeiten im Labor. Ingwelde Misselwitz danke ich besonders für die Durchführung der Ozonversuche.

Mein Dank gilt ferner allen Studenten, die im Rahmen von Projektarbeiten einen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet haben, stellvertretend möchte ich mich besonders bei Martin Ziegler und Sandra Bierögel bedanken.

Allen jetzigen und ehemaligen Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Umweltschutztechnik danke ich für die herzliche Zusammenarbeit und die aufgeschlossene Arbeitsatmosphäre. Mein besonderer Dank gilt Görgе Baltin, Dr. Carsten Cuhls, Dr. Holger Brüggemann, Heike Lehmann, Dr. Manfred Jank, Katrin Lehrack, Dr. Werner Hauthal (†), Bernd Schneider und Heike Jakob.

Meiner Familie danke ich für den moralischen Rückhalt. Ganz besonders möchte ich mich bei Uli und Bernd Weisbrich für das schnelle unkomplizierte Korrekturlesen bedanken.

Tilmann Häupl danke ich für seine Geduld, Toleranz und wertvolle Unterstützung während der Promotionszeit.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Hintergrund – industrielle Abwässer	1
1.2	Aufgabenstellung	2
2	Die Modellsubstanz Diglyme – ein Vertreter der Glykolether	4
2.1	Chemisch-physikalische Eigenschaften von Glykolethern und deren Verhalten in der Umwelt	4
2.1.1	Eigenschaften und Verwendung von Glykolethern	4
2.1.2	Toxikologie von Glykolethern	6
2.1.3	Verhalten in der Umwelt	8
2.2	Stand der Literatur/Forschung zur Reinigung diglymehaltiger Abwässer	10
2.3	Fazit	12
3	Grundlagen der chemischen Oxidationsverfahren zur Abwasserreinigung	14
3.1	Fortschrittliche chemische Oxidationsverfahren (Advanced oxidation processes)	14
3.2	Oxidationsmittel	16
3.3	Oxidation mit Fentons Reagenz	18
3.4	Oxidation mit Ozon	24
3.4.1	Stoffübergang	24
3.4.2	Ozonung	28
3.4.3	Peroxonung	33
4	Materialien und Methoden	36
4.1	Oxidation mit Fentons Reagenz	36
4.1.1	Versuchsaufbau	36
4.1.2	Versuchsbeschreibung	37
4.2	Oxidation mit Ozon bzw. Ozon/ Wasserstoffperoxid	38
4.2.1	Versuchsaufbau	38
4.2.2	Versuchsbeschreibung	40
4.3	Vorversuche	41
4.4	Analytischen Methoden	42
4.5	Charakteristika des untersuchten Prozessabwassers	45

5	Ergebnisse zum Modellabwasser	46
5.1	Voruntersuchungen zur chemischen Oxidation niedrigkonzentrierter Modellabwässer	46
5.2	Oxidation mit Fentons Reagenz am Modellabwasser	51
5.2.1	Entfernung von Diglyme aus Modellabwässern mit Konzentrationen bis zu 1 g/l	51
5.2.2	Einfluss Diglymekonzentrationen größer 1 g/l auf den Fentonprozess – kinetische Betrachtungen	53
5.2.3	Einfluss der Dosierung von Eisen(II)ionen und Wasserstoffperoxid auf den Fentonprozess	58
5.2.4	Vergleich zwischen Eisen(II)- und Eisen(III)salz	62
5.3	Oxidation mit Ozon im Modellwasser	65
5.3.1	Ergebnisse der Ozonung in Abhängigkeit vom pH-Wert	65
5.3.2	Der Einfluss von Wasserstoffperoxid auf die Ozonung	69
5.3.3	Einfluss der Diglymekonzentration auf die Oxidation mit Ozon- Betrachtungen zum Stofftransport	73
5.4	Vergleichende Diskussion	79
6	Ergebnisse zum Prozessabwasser	85
6.1	Übertragung der Modelluntersuchungen auf das Prozessabwasser - Verfahrensauswahl	85
6.2	Behandlung des Prozessabwassers mit Fentons Reagenz	86
6.3.	Biologische Abbaubarkeit der oxidativ vorbehandelten diglymehaltigen Abwässer	93
6.4	Technische Umsetzung	98
6.4.1	Verfahrensschaltung	98
6.4.2	Chemikalienbedingte Behandlungskosten	100
6.4.4	Alternative Verfahren zur Behandlung diglymehaltiger Abwässer	102
7	Zusammenfassung/Summary	107
8	Literaturverzeichnis	112
9	Anhang	120