

**Enzymatisch-katalysierte Konversion von Stärkeschlichte aus der
Baumwollvorbehandlung zur Generierung von Bleichflotten
und
Konzepte zur Enzymimmobilisierung
an textilen Trägermaterialien**

Von der Fakultät für Naturwissenschaften
der Universität Duisburg-Essen (Standort Duisburg)
zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Naturwissenschaften

genehmigte Dissertation

von

Klaus Opwis

aus

Kevelaer

Referent: Prof. Dr. E. Schollmeyer

Korreferent: Prof. Dr. H.-C. Flemming

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Juli 2003

Berichte aus der Chemie

Klaus Opwis

**Enzymatisch-katalysierte Konversion von
Stärkeschlichte aus der Baumwollvorbehandlung
zur Generierung von Bleichflotten
und
Konzepte zur Enzymimmobilisierung
an textilen Trägermaterialien**

Shaker Verlag
Aachen 2003

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.: Duisburg-Essen, Univ., Diss., 2003

Copyright Shaker Verlag 2003

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-1954-4

ISSN 0945-070X

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

Die vorliegende Arbeit wurde am Deutschen Textilforschungszentrum Nord-West e.V. (DTNW), Institut an der Universität Duisburg-Essen, in Krefeld unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. E. Schollmeyer im Zeitraum von August 1998 bis April 2003 angefertigt.

Danksagungen

Herr Prof. Dr. Schollmeyer danke ich für die Themenstellung und die wissenschaftliche Förderung dieser Dissertation. Ferner bedanke ich mich für die Bereitstellung eines Arbeits- und Laborplatzes am Deutschen Textilforschungszentrum Nord-West e. V. (DTNW).

Herrn Prof. Dr. Flemming danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Bei Herrn Dr. Priv.-Doz. Knittel bedanke ich mich für seine stetige Inspiration und konstruktive Kritik in zahllosen wissenschaftlichen Kaffeepausen.

Der Zentralen Analytik Duisburg danke ich für die Erstellung der Elementaranalysen.

Meinen Kollegen danke ich für die fruchtbare Zusammenarbeit und die schöne Zeit am DTNW. Bei den Damen der Verwaltung bedanke ich mich für die Versorgung mit Bleistiften und guter Laune. Ein besonderer Dank gilt meiner Kollegin Frau Derksen für die quantitativen Metallanalysen mit Hilfe der Atomabsorptionsspektroskopie. Bei meinem Kollegen und Freund Torsten möchte ich mich für die kritische Durchsicht dieser Arbeit bedanken, vor allem aber für viele kurzweilige Stunden innerhalb und außerhalb der Arbeitszeit.

Meinem Vater danke ich dafür, dass er mein Studium stets begrüßt und in jeder Hinsicht unterstützt hat.

Meiner Tochter Emma möchte ich für die Erkenntnis danken, dass es im Leben wichtige und weniger wichtige Dinge gibt.

Meinem Sohn Theo (geb. 26. Juli 2003) danke ich dafür, dass er mir durch seine Geduld eine stressfreie Prüfung ermöglicht hat.

Meiner Frau Marina gilt meine aufrichtige Liebe.

Für Vati

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzüberblick.....	7
2	Einleitung.....	9
3	Stand der Forschung.....	11
4	Motivation.....	29
4.1	ENZYMATISCHE STÄRKEKONVERSION.....	29
4.2	ENZYMIMMOBILISIERUNG AN TEXTILEN TRÄGERMATERIALIEN.....	29
4.3	ZIELSETZUNG.....	30
5	Grundlegende Ansätze.....	31
5.1	ENZYMATISCHE STÄRKEKONVERSION.....	31
5.2	ENZYMIMMOBILISIERUNG AN TEXTILEN TRÄGERMATERIALIEN.....	34
6	Experimentelles.....	39
6.1	TEIL I – ENZYMATISCHE STÄRKEKONVERSION.....	39
6.1.1	Enzyme.....	39
6.1.2	Enzymsubstrate.....	39
6.1.3	Gewebe.....	40
6.1.4	Gebrauchskemikalien.....	40
6.1.5	Versuchsbedingungen.....	41
6.1.5.1	Stärkeabbau.....	41
6.1.5.2	Glucoseoxidation.....	42
6.1.5.3	Bleiche am Jigger.....	42
6.2	TEIL II – ENZYMIMMOBILISIERUNG AN TEXTILEN TRÄGERMATERIALIEN.....	43
6.2.1	Enzyme.....	43
6.2.2	Trägermaterialien.....	43
6.2.3	Immobilisierung von Katalase an Baumwolle.....	44
6.2.4	Immobilisierung von Katalase an Polyamid 6.....	44
6.2.5	Immobilisierung von Glucoseoxidase an textilen Trägern.....	45
6.2.6	Immobilisierung von Amyloglucosidase an textilen Trägern.....	45
6.2.7	Enzymsubstrate und Umsetzungen mit freien und immobilisierten Enzymen.....	46
6.3	AKTIVITÄTSBESTIMMUNG DER VERWENDETEN ENZYME MIT DER HPLC.....	47
6.3.1	HPLC zur Bestimmung der Reaktionsprodukte aus den enzymatischen Umsetzungen.....	47
6.3.2	Aktivitätsbestimmung der verwendeten Enzyme.....	48

6.3.2.1	Enzymatische Stärkekonversion.....	48
6.3.2.2	Enzymimmobilisierung an textilen Trägermaterialien.....	48
6.4	WEITERE ANALYSEGERÄTE UND -VERFAHREN	49
7	Ergebnisse und Diskussion	53
7.1	TEIL I – ENZYMATISCHE STÄRKEKONVERSION	53
7.1.1	Vorbereitende Versuche.....	53
7.1.2	Zu den vorbereitenden Versuchen	57
7.1.3	Entschlichtung	58
7.1.3.1	Entschlichtung mit Amyloglucosidasen.....	58
7.1.3.2	Kombination von α -Amylasen und Amyloglucosidasen - Der enzymatische Abbau von Carboxymethylstärke	60
7.1.4	Zur Entschlichtung.....	64
7.1.5	Enzymatische Oxidation von Glucose mit Glucoseoxidase	65
7.1.5.1	Optimierung der Glucoseoxidation mit Glucoseoxidase	65
7.1.5.2	Generierbare Wasserstoffperoxidmenge in Abhängigkeit von der Katalasenebenaktivität der verwendeten Glucoseoxidase	71
7.1.5.3	Einfluss von Cyclodextrinen auf die Glucoseoxidaseaktivität in Gegenwart des anionischen Tensids Na-Dodecylsulfat (NaDS)	74
7.1.6	Zur Enzymatischen Oxidation von Glucose mit Glucoseoxidase.....	76
7.1.7	Bleiche mit enzymatisch generiertem Wasserstoffperoxid	77
7.1.8	Zur Bleiche mit enzymatisch generiertem Wasserstoffperoxid	80
7.2	TEIL II – ENZYMMOBILISIERUNG	81
7.2.1	Vorbereitende Versuche.....	81
7.2.2	Zu den vorbereitenden Versuchen	84
7.2.3	Immobilisierung von Katalase an einem nativen Polymer - Baumwolle	84
7.2.3.1	Baumwolle	84
7.2.3.2	Adsorptive Enzymimmobilisierung	85
7.2.3.3	Einführung eines Reaktivankers – Cyanurchlorid	87
7.2.3.4	Kovalente Enzymimmobilisierung	94
7.2.3.5	Erhöhung der immobilisierbaren Enzymmenge durch zusätzliche Quervernetzung.....	97
7.2.3.6	Vergleich der Immobilisierungsmethoden von Katalase an Baumwolle.....	101

7.2.4	Zur Immobilisierung von Katalase an einem nativen Polymer – Baumwolle.....	113
7.2.5	Immobilisierung von Katalase an einem synthetischen Polymer – Polyamid 6.....	114
7.2.5.1	Polyamid 6.....	114
7.2.5.2	Einführung eines Reaktivankers - Glutardialdehyd.....	115
7.2.5.3	Vergleich der Immobilisierungsmethoden von Katalase an Polyamid 6.....	118
7.2.6	Zur Immobilisierung von Katalase an einem synthetischen Polymer – Polyamid 6.....	124
7.2.7	Immobilisierung von Glucoseoxidase und Amyloglucosidase an textilen Trägermaterialien	125
7.2.7.1	Glucoseoxidase	126
7.2.7.2	Amyloglucosidase.....	132
7.2.8	Zur Immobilisierung von Glucoseoxidase und Amyloglucosidase an textilen Trägermaterialien.....	137
8	Zusammenfassung	139
9	Literatur	147