

Beiträge zur Katalysatorverkapselung im Sprühverfahren

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

Dr.-Ing.

vom Fachbereich Bio- und Chemieingenieurwesen der Universität Dortmund
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Markus Koch

aus

Gelsenkirchen

Tag der mündlichen Prüfung: 22.07.2003

1. Gutachter: Prof. Dr. techn. P. Walzel

2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. A. Górak

Dortmund 2003

Schriftenreihe Mechanische Verfahrenstechnik

Band 6

Markus Koch

**Beiträge zur Katalysatorverkapselung
im Sprühverfahren**

D 290 (Diss. Universität Dortmund)

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.: Dortmund, 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 3-8322-2244-8

ISSN 1618-2855

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 während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik und Apparatechnik der Universität Gesamthochschule Essen sowie am Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik der Universität Dortmund.

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. techn. P. Walzel bedanken, der die Anregung zu dieser Arbeit gegeben hat und mich während meiner gesamten Tätigkeit fachlich unterstützte. Für die Übernahme des Korreferates bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. A. Górák.

Ein besonderer Dank gilt auch den Technikern beider Lehrstühle, die einen großen Anteil zum aufwendigen experimentellen Aufbau meiner Versuchsanlage beigetragen haben. Ich danke auch den Studien- und Diplomarbeitern sowie den studentischen Hilfskräften für ihre tatkräftige Mithilfe sowie meinen Assistentenkollegen für die stets angenehme Arbeitsatmosphäre und der vorhandenen Diskussionsbereitschaft.

Mein Dank für die finanzielle Unterstützung gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Zu guter Letzt bedanke ich mich bei meiner Frau Gerlinde, meinen beiden Kindern Felina und Lisa sowie meinen Eltern und meinem Bruder, die mir stets viel Geduld und Verständnis entgegengebracht haben und so manche Stunde auf mich verzichten mussten.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
1.1. Problemstellung	1
1.2. Zielsetzung der Arbeit, Stand der Forschung	1
2. Untersuchungen zum Verkapselungsverhalten von Sprühpartikeln	5
2.1. Grundlagen der Trocknungstechnik	6
2.2. Ausbildung von Kapillarradiengradienten bei der Trocknung von feinkörnigen Suspensionstropfen	10
2.3. Migration gelöster bzw. kolloidaler Bestandteile	13
2.3.1. Sol-Gel-Technologie	15
2.3.2. Sol-Gel-Umwandlung an Polykieselsäuren	16
2.3.3. Einfluss des Krümmungsradius auf die Löslichkeit in Wasser	17
2.3.4. Partikelwachstum	19
2.3.5. Vernetzung von Kolloidpartikeln	19
2.4. Versuchsanordnung Labortrocknungskammer	21
2.5. Ergebnisse an der Labortrocknungskammer	25
2.5.1. Migrationsvorgänge ohne PSA	26
2.5.1.1. Beobachtungen an Glaskugelsuspensionen	26
2.5.1.2. Beobachtungen an Bariumsulfatsuspensionen	31
2.5.2. Migrationsvorgänge mit PSA	34
2.5.3. Einfluss des Indikatorfarbstoffs auf die PSA-Migration	42
2.5.4. Strukturen in der Rand- und Kernzone	43
2.5.5. Zeitlicher Verlauf der Trocknung	44
2.5.6. Reproduzierbarkeit der Messungen in der Labortrocknungskammer	45
3. Technische Umsetzung der Verkapselung in der Sprühtrocknung	47
3.1. Strahlerfall newtonscher Fluide im Schwerfeld	47
3.2. Strahlerfall newtonscher Fluide im Rotationsfeld	50
3.2.1. Herleitung der idealen "scheinbaren Beschleunigung"	52
3.2.2. Einfluss der Luftreibung auf die "scheinbare Beschleunigung"	53
3.2.3. Einfluss der Austrittsgeschwindigkeit der Fluidstrahlen auf die "scheinbare Beschleunigung"	59
3.2.4. Zerfall quer angeströmter Fluidstrahlen	63

3.3. Versuchsanordnung LAMROT	65
3.4. Ergebnisse zum Strahlzerfall am LAMROT	66
3.4.1. Einfluss der Umgebungsluft	66
3.4.2. Strahlableitung im Rotationsfeld	67
3.4.3. Strahlzerfallslängen im Rotationsfeld	70
3.4.4. Tropfengrößen im Rotationsfeld	72
3.5. Ausbeuteerhöhung durch Optimierung der Lufteinleitung am Trockner	74
3.5.1. Strömungsführung in Sprühtürmen	74
3.5.2. Versuchsanordnung Polykieselsäureherstellung und Sprühturm	75
3.5.3. Ergebnisse zur Ausbeuteerhöhung durch gezielte Lufteinleitung	80
3.5.3.1. Vergleich zwischen Messungen und Simulation der Luftströmung im Sprühturm	80
3.5.3.2. Auswirkung der Lufteinleitung auf die Produktausbeute	90
3.6. Eigenschaften der verkapselten Katalysatorpartikeln	93
4. Zusammenfassung	95
5. Literaturverzeichnis	97
6. Anhang	100