

Klassieren feiner Partikel in Altpapiersuspensionen nach ihren Sedimentationseigenschaften

Vom Fachbereich Maschinenbau
an der Technischen Universität Darmstadt

ZUR

Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte

D i s s e r t a t i o n

von

Dipl.-Ing. Jörg Wagner

aus Trier

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel
Mitberichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Hermann Nirschl

Tag der Einreichung: 28. September 2009
Tag der mündlichen Prüfung: 11. Dezember 2009

Darmstadt 2009

JÖRG WAGNER
HRSG. SAMUEL SCHABEL

KLASSIEREN FEINER PARTIKEL IN ALTPAPIERSUSPENSIONEN NACH IHREN SEDIMENTATIONSEIGENSCHAFTEN

FORTSCHRITT-BERICHTE
PAPIERTECHNIK

7

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2009

Copyright Shaker Verlag 2010

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9450-2

ISSN 1865-7419

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von Januar 2004 bis September 2009 am Fachgebiet Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik im Fachbereich Maschinenbau der Technischen Universität Darmstadt angefertigt.

Ein besonderer Dank gilt dem Berichterstatter und Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel für die Stellung des Themas, die fachliche Unterstützung bei der Beantragung und Abwicklung von begleitenden Forschungsprojekten zum Thema und schließlich die Hinweise und Diskussionen bei der Erstellung von Veröffentlichungen bzw. der Doktorarbeit. Auch dem Mitberichtersteller Herrn Prof. Dr.-Ing. Hermann Nirschl (Universität Karlsruhe) sei für sein Engagement um unser gemeinsames Forschungsprojekt wie auch um meine Dissertation gedankt.

Dank gilt auch allen Kollegen und Mitarbeitern am Fachgebiet, insbesondere den Herren Dr.-Ing. Hans-Joachim Putz und Dr.-Ing. Jukka Valkama und dem Labor-Team, die immer offen für Diskussionen waren und mit Ratschlägen zur Seite gestanden haben. Auch den studentischen Hilfskräften und Studien- und Diplomarbeitern, insbesondere Herrn Georg Hirsch, sei auf das Herzlichste gedankt. Besonders angenehm und hilfreich war auch die Unterstützung bei Organisation, Korrektur und Format durch Frau Marion Krebs, herzlichen Dank!

Die Internationale Forschungsgemeinschaft Deinking-Technik (INGEDE) e.V., die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) sowie der Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) mit seinem Förderprogramm INFOR haben die wissenschaftliche Tätigkeit zu dieser Arbeit finanziert. Ihnen gilt ebenfalls ein besonderer Dank für die großzügige Unterstützung und den Austausch mit den Projektbegleitern aus der Industrie, unter anderen Martin Kemper von Voith in Ravensburg.

Meinen Eltern, die mein Studium stets mit viel Interesse verfolgten, möchte ich für das Vertrauen in mich, die finanzielle Unterstützung und die häufigen Aufmunterungen für mich danken. Meinem während meines Studiums verstorbenen Vater widme ich diese Dissertation in stillem Gedenken.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Frau Bianca für ihr Verständnis, ihre Geduld und die zahlreichen motivierenden Gespräche.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Überschrift	Seite
1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	These	3
2	Stand des Wissens und Vorarbeiten	4
2.1	Trennprozess, Sedimentation von Altpapiersuspensionen Physikalisch-chemische Wechselwirkungen zwischen anorganischen und organischen Feinstoffen	5
2.1.1		9
2.1.2	Elektrochemische Grundlagen	10
2.2	Messtechnik	13
2.2.1	Partikelgröße	13
2.2.2	Zusammensetzung anorganisch-organisch	16
2.3	Simulationsrechnung zur Sedimentation von Feinstoffen in Altpapiersuspensionen	16
2.3.1	Stokessche Betrachtung	17
2.3.2	Hydrodynamische Interaktion in Mehrphasenströmungen	18
2.3.3	Sphärizität organischer Feinstoffe Auswirkungen der Fließ- und Kompressionseigenschaften auf den Anlagenbau	25
2.3.4		25
3	Entwicklung des Trennprozesses, der Messtechnik und der Simulationsrechnung	27
3.1	Trennprozess	28
3.1.1	Anforderungen an den Trennprozess Beprobung von Papierfabriken – Positionen in Stoffaufbereitungen von Papierfabriken für den Trennprozess	28
3.1.1.1		29
3.1.1.2	Entwicklung von Modellsuspensionen	47
3.1.2	Erwartungen an die Trennbraikeit	50
3.1.2.1	Erwartungen, abgeleitet aus Mikroskopie-Untersuchungen	51
3.1.2.2	Erwartungen, abgeleitet aus Vorversuchen Auswahl eines Sedimentationsprozesses und	54
3.1.3	Realisierung eines Versuchsaufbaus im Labormaßstab	59
3.1.3.1	Laboraufbau, Versuchsbeschreibung, Auswertung	62
3.1.3.2	Optimierung	66
3.1.3.3	Überprüfung der Wiederholbarkeit	72
3.1.4.1	Trennversuche mit modellierten Altpapiersuspensionen	73
3.1.4.2	Trennversuche mit realen Altpapiersuspensionen	77

3.2	Messtechnik	80
3.2.1	Dispergierung	80
3.2.2	Ergebnisse zum Vergleich der Messverfahren	82
3.3	Simulationsrechnung	92
4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	93
4.1	Vorteile durch das Verfahren	93
4.2	Quantifizierung erreichbarer Verbesserungen	95
4.3	Investitionen für die Applikation des Verfahrens	96
4.4	Amortisation des Verfahrens	97
5	Ausblick	98
6	Zusammenfassung	100
7	Literaturverzeichnis	102