

**Entwicklung und Optimierung pneumatischer
Mikrozerstäuber für den verbesserten Probeneintrag in der
Plasmaemissionsspektrometrie AES**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

Dr.-Ing.

vom Fachbereich Bio- und Chemieingenieurwesen der Universität Dortmund
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Sascha Groom

aus

Marl

Tag der mündlichen Prüfung: 30.11.2006

1. Gutachter: Prof. Dr. Walzel

2. Gutachter: Prof. Dr. Fahlenkamp

Dortmund 2006

Schriftenreihe Mechanische Verfahrenstechnik

Band 11

Sascha Groom

**Entwicklung und Optimierung
pneumatischer Mikrozerstäuber für den
verbesserten Probeneintrag in der
Plasmaemissionsspektrometrie AES**

D 290 (Diss. Universität Dortmund)

Shaker Verlag
Aachen 2007

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.: Dortmund, Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2007

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6594-6

ISSN 1618-2855

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

Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik im Fachbereich Bio- und Chemieingenieurwesen der Universität Dortmund entstanden.

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Personen und Organisationen bedanken, die mich auf unterschiedlichste Art und Weise in meinem Promotionsvorhaben unterstützten.

Zunächst geht mein Dank an Herrn Prof. Dr. Walzel, der die thematische Anregung zu dieser Dissertation gab und mir mit großem Engagement eine hervorragende wissenschaftliche Betreuung bot. Die Zeit am Lehrstuhl war auch auf Grund der abwechslungsreichen Themenstellungen äußerst lehrreich. Für die Übernahme des Korreferats bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Fahlenkamp.

Des Weiteren haben die Lehrstuhlmitarbeiter, die studentischen Hilfskräfte und die Studien- und Diplomarbeiten einen großen Anteil zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen, wofür ich mich hier herzlich bedanken möchte. Für die fachliche Einführung in die zunächst fremde Thematik der Plasmaspektroskopie und den zahlreichen wertvollen Gesprächen möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Chem. Gerd Schaldach bedanken. Dem Institut für Spektrochemie und angewandte Spektroskopie Dortmund (ISAS), und hier im Besonderen Herrn Prof. Berndt, danke ich für die experimentelle Unterstützung im Bereich der Spektroskopie. Meinen Assistentenkollegen danke ich für die außerordentliche Hilfsbereitschaft und die angenehme Diskussionsatmosphäre am Lehrstuhl.

Mein Dank für die finanzielle Unterstützung gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

“*Last but not least*“ möchte ich dem wichtigsten Menschen, meiner Frau Yvonne, danken, die mich in dieser anstrengenden Zeit mit großer Geduld und unendlichem Verständnis unterstützte. Meine Familie, und hier im Besonderen auch unsere lieben Kinder Ian Bennet und Phil Louis, musste so manche Stunden auf mich verzichten, so dass ich ihnen gerne diese Arbeit widmen möchte.

KAPITEL 1	EINLEITUNG	1
	1.1 Problemstellung	1
	1.2 Zielsetzung	3
KAPITEL 2	PRINZIPIEN UND VERFAHREN DES PROBENEINTRAGS DER ATOMSPEKTROMETRIE	5
	2.1 Die Atomemissionsspektrometrie AES/OES	6
	• <i>Aufbau und Funktionsweise</i>	7
	• <i>Das Emissionssignal</i>	8
	• <i>Auswirkung der Tropfengrößenverteilung des Aerosols auf das Emissionssignal</i>	8
	• <i>Signal- und Hintergrundrauschen</i>	8
	• <i>Die Nachweisgrenze (LOD)</i>	9
	2.2 Der Probeneintrag in der Plasmaspektroskopie	10
	• <i>Grundlagen zum pneumatischen Zerstäuben</i>	11
	• <i>Dimensionslose Kennzahlen für das pneumatische Zerstäuben</i>	12
	• <i>Ausströmvorgänge des Gases an pneumatischen Zerstäubern</i>	13
	• <i>Die Abscheidekammer</i>	16
	2.3 Stand der Technik- Übersicht der wissenschaftlichen Beiträge	19
	• <i>Konzentrische Zerstäuber (Meinhardzerstäuber)</i>	20
	• <i>Crossflow-Zerstäuber</i>	24
	• <i>Babington-Zerstäuber</i>	26
	• <i>Hildebrand-Zerstäuber</i>	31
	• <i>Ultraschalzerstäuber</i>	32
	• <i>Thermospray-Zerstäuber</i>	34
	• <i>Prallkörper-Zerstäuber (Jet Impact Nebulizer)</i>	36
	• <i>Single Bore High Pressure Pneumatic Nebulizer</i>	37
	• <i>Rotationszerstäuber (RDN)</i>	38
	• <i>Direct Injection High Efficiency Nebulizer</i>	39

KAPITEL 3	UNTERSUCHUNGEN AN MIKROZERSTÄUBERN	41
3.1	Auswahl und Anfertigung der Mikrozerstäuber	41
	• Prefilming-Dralldüse (PFDD)	41
	• Pneumatische Ziehdüse (PEN)	43
3.2	Modell zur Berechnung der Strahldehnung in Pneumatischen Ziehdüsen	45
	• Herleitung des Modells	45
	• Überprüfung des Modellansatzes	50
3.3	Vergleichende Untersuchung der Probenzerstäuber	55
	• Versuchsbeschreibung und Versuchsaufbau	57
	• Versuchsergebnisse mit dem Laserbeugungsspektrometer (LDS)	58
	• Empirischer Ansatz zur Abschätzung der mittleren Tropfengröße	59
	• Versuchsergebnisse mit dem Laser-Phasen-Doppler-Anemometer (LPDA)	73
3.4	Untersuchungen an vergrößerten Modellzerstäubern	87
	• Modellversuche an Prefilming-Dralldüsen (PFDD)	88
	• Modellversuche an pneumatischen Ziehdüsen (PEN)	93
3.5	Untersuchungen mit dem optimierten PEN-Zerstäuber an einem Plasmaemissionspektrometer (AES/OES)	104
	• Der optimierte PEN-Zerstäuber	104
	• Ergebnisse der spektroskopischen Untersuchung	106
KAPITEL 4	ZUSAMMENFASSUNG	109
KAPITEL 5	LITERATURVERZEICHNIS	113