

**"Niedertemperaturoxidation und Selbstzündverhalten
von Kohlenwasserstoff-Luft-Gemischen
unter atmosphärischem Druck"**

Von der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften

genehmigte Dissertation

vorgelegt von Diplom-Ingenieur

António Medeiros

aus Ponta Delgada, Açores (Portugal)

Berichter: Univ.-Prof. (em.) Dr.-Ing. Heinrich Köhne
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Herbert Pfeifer

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Juli 2010

Berichte aus der Verbrennungstechnik

Band 33

António Medeiros

**Niedertemperaturoxidation und Selbstzündverhalten
von Kohlenwasserstoff-Luft-Gemischen
unter atmosphärischem Druck**

Shaker Verlag
Aachen 2010

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.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2010)

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 978-3-8322-9615-5

ISSN 1430-9629

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 entstand während meiner Tätigkeit als Projektingenieur an der Oel-Waerme-Institut GmbH in Herzogenrath.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. (em.) Dr.-Ing. Heinrich Köhne für die Förderung dieser Arbeit und seinen fachlichen Rat in wertvollen Diskussionen.

Herrn Univ. -Prof. Dr.-Ing. Herbert Pfeifer von der RWTH-Aachen sei herzlich für die Übernahme des Korreferates gedankt.

Allen Mitarbeitern des Oel-Waerme-Instituts, die durch Rat und Tat zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben, sei ebenfalls recht herzlich gedankt.

Meiner Frau danke ich für Ihre Unterstützung und Rücksichtnahme beim Entstehen dieser Arbeit und meinem Sohn für das unterstützende Lächeln und seinen Weckservice.

Herzogenrath, April, 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Stand der Technik	3
2.1	Zündvorgänge	3
2.1.1	Fremdzündung	3
2.1.2	Selbstzündung.....	4
2.2	Reaktionsmechanismen	6
2.3	Niedertemperaturoxidation	10
2.3.1	Zusammensetzung der Niedertemperaturoxidation.....	10
2.4	Kalte Flammen	14
2.4.1	Dynamisches Verhalten der Kalte Flamme	16
2.4.2	Thermische Stabilität.....	19
2.4.3	Einflussparameter auf die Kalten Flammen.....	23
2.5	Technische Bedeutung der KF und des Zündverhaltens.....	31
2.5.1	Stationäre Verbrennung	32
2.5.2	Motorische Verbrennung	37
2.6	Versuchsanlagen zur Untersuchung der Niedertemperaturoxidation	38
2.6.1	Diskontinuierlich arbeitende Systeme.....	38
2.6.2	Kontinuierlich durchströmte Systeme	39
3	Versuchsapparatur und Messtechnik	41
3.1	Versuchsaufbau	41
3.2	Versuchsablauf.....	43
3.3	Auswertungsmethode.....	45
3.4	Wärmeverlustbestimmung.....	50
3.5	Messtechnik	51
4	Voruntersuchungen am Versuchsreaktor	54
4.1	Untersuchung des Mischers	54
4.2	Untersuchung der Strömungsverhältnisse im Versuchsreaktor.....	56

4.3	Messung der Temperaturprofile	59
5	Untersuchung der Niedertemperaturoxidation.....	63
5.1	Oxidationsphänomene im Rohrreaktor.....	63
5.2	Parametervariation	67
5.2.1	Variation der Temperatur.....	68
5.2.2	Variation des Luftverhältnisses.....	74
5.2.3	Variation des Sauerstoff- Trägergasverhältnisses	79
5.2.4	Variation der Leistung.....	81
5.2.5	Art des Kohlenwasserstoffes	84
5.2.6	Länge des Reaktors	87
5.2.7	Vergleich der experimentellen Ergebnisse mit der numerischen Simulation der Niedertemperaturoxidation	89
6	Zusammenfassung	95
7	Literatur	98
8	Formelzeichen.....	103
	Anhang A: Tabellenverzeichnis	I
	Anhang B: Abbildungsverzeichnis	I