

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](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Zusammenfassung

Die Verbrennung flüssiger Kohlenwasserstoffe trägt wesentlich zur Deckung des weltweiten Energieverbrauches bei. Den Hauptanteil dieser Brenn- und Kraftstoffe machen fossile Produkte auf Erdölbasis aus, deren weltweite Vorräte begrenzt sind.

Der sparsame und effiziente Umgang mit diesen Brennstoffen erhält jedoch aus umweltpolitischen sowie Kostengründen einen wachsenden Stellenwert bei der Entwicklung moderner Verbrennungssysteme.

In der vorliegenden Arbeit wird die Niedertemperaturoxidation in einem kontinuierlich durchströmten Rohrreaktor für flüssige Kohlenwasserstoff-Luft-Gemische unter atmosphärischem Druck untersucht. Innerhalb des Niedertemperaturbereichs treten Reaktionen auf, die als Kalte Flamme bekannt sind.

Das als „Kalte Flamme“ Verdampfungskonzept führt potenziell zu besseren Mischungsverhältnissen, da hauptsächlich eine gasförmige „vorgemischte“ Mischung produziert wird. Diese verbesserte Mischung hat ökologische Vorteile gegenüber der konventionellen Flüssigbrennstoffverbrennung, da so eine Emissionsverringerung von Ruß,  $\text{NO}_x$ , CO und unverbrannten Kohlenwasserstoffen erreicht werden kann.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Parameter zu untersuchen, welche das Verhalten der Kalte Flamme in einem Quasi-Kolbenstromreaktor beeinflussen, um ein besseres Verständnis der Prozesse zu erlangen und die Auslegung technischer Verdampfer zu verbessern.

Der Einfluss der Randbedingungen des Reaktors auf die Energiefreisetzung der Kalten Flamme wird analysiert. Hierzu werden das Kohlenwasserstoff-Luft-Verhältnis, die Eingangstemperatur, die Leistung, die Art des Kohlenwasserstoffes und die Länge des Reaktors variiert und diese experimentellen Ergebnisse werden mit von Hermanns durchgeführten numerischen Berechnungen des Reaktors verglichen [Herman. 09].

Eine maximale Wärmefreisetzung wurde bei einer Gemischtemperatur von  $\vartheta \approx 425 \text{ °C}$  ermittelt. Von  $\vartheta = 425 \text{ °C}$  bis  $\vartheta = 500 \text{ °C}$  nimmt die Wärmefreisetzung mit steigender Temperatur ab.

Bei der Variation des Luftverhältnisses von  $\lambda = 0,1$  bis  $\lambda = 2,4$  sind die Hauptumsatzreaktionen innerhalb einer Verweilzeit von  $t_v = 0,1 \text{ s}$  bis  $t_v = 0,15 \text{ s}$  abgeschlossen. Die Versuche mit einem Luftverhältnis von  $\lambda = 0,1$  bis  $\lambda = 0,6$  weisen, auf Grund einer Verweilzeit  $t_v \geq 0,6 \text{ s}$ , ein instabiles Verhalten mit der Tendenz zur HT-Zündung auf.

Für die Auslegung eines Kalte-Flammen-Verdampfers mit der gleichen Geometrie und den gleichen thermischen Randbedingungen wie bei dem hier verwendeten Rohreaktor sollte eine minimale Verweilzeit der Mischung im Reaktor von  $t_{min} = 0,15$  s und eine maximale Verweilzeit von  $t_{max} = 0,6$  s geplant werden.

Die Versuchsergebnisse zeigen eine maximale Wärmefreisetzung  $\dot{R}_{max}$  bei  $\lambda = 1,7$ .

Mit dem Anstieg des Sauerstoffanteils  $\psi$  nimmt die Wärmefreisetzung ab und für  $\psi_{O_2} > 23$  % findet unmittelbar nach Zufuhr des Oxidators eine Hochtemperaturzündung statt.

Die Erhöhung der Leistung hat eine Verkürzung der Verweilzeit in der Hauptumsatzzone und damit eine Erhöhung der volumenbezogenen Wärmefreisetzung in der Hauptumsatzzone zur Folge, was dem Konzept eines idealen Kolbenstromreaktors widerspricht. Der Anstieg der Leistung führt zu einem proportionalen Anstieg der Wärmefreisetzung. Die Kalte-Flamme-Reaktion hängt nicht nur vom zeitlichen Ablauf, sondern auch von der Versuchsanordnung ab.

Bei der Variation der Kohlenwasserstoffe wurden n-Heptan, schwefelarmes Heizöl EL, aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe und Mischungen aus den letzten beiden eingesetzt. Die Aromaten sind nicht an der Niedertemperaturreaktion beteiligt und wirken als inerte Masse. Die Erhöhung des Aromatenanteils des Kohlenwasserstoffes hat den Anstieg der Initiierungstemperatur zur Folge.

Mehrere Diskrepanzen zwischen den experimentellen und den numerischen Ergebnissen wurden beobachtet. Die Kalte Flamme befindet sich in der gebrochenen Reaktionszone des modifizierten Borghi-Diagramms und kann nicht durch die Annahme eines idealen Kolbenstromreaktors ohne Berücksichtigung der Turbulenz modelliert werden.