

**Heterogene Explosionen in Gas/Flüssigkeitssystemen
mit ruhender Oberfläche:
charakteristische Eigenschaften des
Explosionsverhaltens und Mechanismen**

vorgelegt von
Diplom-Ingenieur
Jörg Dengel
aus Berlin

Von der Fakultät III - Prozesswissenschaften
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften
-Dr.-Ing.-

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Berichter: Prof. Dr.-Ing. J. Steinbach
Berichter: Priv.-Doz. Dr. rer. nat. B. Plewinsky

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 04.07.2005

Berlin 2005

D 83

Kurzfassung

In dieser Arbeit wurde erstmalig das Explosionsdiagramm des heterogenen Systems Diethylketon/Sauerstoff-Stickstoff in Abhängigkeit vom Gasvordruck und vom Stoffmengenanteil des Sauerstoffs erstellt. Nach den bei Raumtemperatur in einer Rohrstrecke erhaltenen Ergebnissen existieren fünf Bereiche unterschiedlichen Explosionsverhaltens: Pseudogasdeflagrationen, Pseudogasdetonationen, Oberflächendeflagrationen, Oberflächendetonation und ein schmaler Bereich in dem keine Zündung des Systems möglich war.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit bestand darin, den Mechanismus von Oberflächenexplosionen zu untersuchen. Durch Explosionsuntersuchungen am heterogenen System Diethylketon/Sauerstoff-Stickstoff wurde dabei festgestellt, dass sich in dem Bereich, in dem Oberflächendeflagrationen entstehen, nach der Zündung eine Diffusionsflamme ausbildet, welche sich auf der Flüssigkeitsoberfläche durch das Rohr bewegt. Bei hohen Sauerstoffkonzentrationen findet eine deflagrative Verbrennung im gesamten Gasraum statt. Solche Oberflächendeflagrationen werden durch die Zerstäubung des Brennstoffes infolge von Stoßwellen mit geringer Intensität hervorgerufen. Bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen in der Gasphase folgt dem Diffusionsflammenstadium ein Abbrandstadium. Durch den Einsatz der laserinduzierten Fluoreszenz konnte die früher von Hofmann publizierte These, dass ein Stofftransport durch die Flammen hindurch stattfindet, für eindimensionale Oberflächenexplosionen widerlegt werden.

Experimentelle Untersuchungen am heterogenen System Methanol/Sauerstoff haben gezeigt, dass Oberflächendetonationen ebenfalls durch eine Zerstäubung des Brennstoffs als Folge der Wechselwirkung einer intensiven Gasströmung beziehungsweise der Wechselwirkung von Stoßwellen geringer Intensität mit der Flüssigkeitsoberfläche verursacht werden. Die dadurch gebildeten Aerosole befinden sich nur in einem schmalen Bereich über der Flüssigkeitsoberfläche. Es wurde festgestellt, dass sich die Detonationsfront nur in diesem schmalen Bereich über der Flüssigkeit durch das Rohr bewegt. Berechnungen der Einwirkung einer horizontal über die Flüssigkeit laufenden Stoßwelle bestätigen dieses Modell. Oberflächendetonationen sind außerdem dadurch gekennzeichnet, dass periodische Sekundärexplosionen auftreten. Solche oszillierenden Explosionen entstehen, da die im System befindlichen Reaktanden Sauerstoff und Lösemittel nicht beim ersten Durchlauf der Detonationswelle vollständig umgesetzt werden.

Die bei den Explosionsversuchen durchgeführten Druckmessungen haben darüber hinaus gezeigt, dass Detonationen im heterogenen System mit explosionsfähiger Gasphase (Pseudogasdetonationen) sicherheitstechnisch gefährlicher sind als Gasdetonationen.