



issa

INTERNATIONAL SOCIAL SECURITY ASSOCIATION
ASSOCIATION INTERNATIONALE DE LA SÉCURITÉ SOCIALE
ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA SEGURIDAD SOCIAL
INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SOZIALE SICHERHEIT

Kurfürsten-Anlage 62
D-69115 Heidelberg
Deutschland

T: +49 6221 523460 / 597
F: +49 6221 523 593
E: nschurreit@bgchemie.de

Sektion für Prävention in der chemischen Industrie

www.issa.int/prevention-chemistry



issa

INTERNATIONAL SOCIAL SECURITY ASSOCIATION
ASSOCIATION INTERNATIONALE DE LA SÉCURITÉ SOCIALE
ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA SEGURIDAD SOCIAL
INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SOZIALE SICHERHEIT

Dynamostraße 7-11
D-68165 Mannheim
Deutschland

T: +49 (0)621 - 44 56 - 2213
F: +49 (0)621 - 44 56 - 2190
E: scholl@ivss.org

Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit

www.issa.int/prevention-machines

IVSS-Workshop „Explosionsschutz“ am 13. und 14. Mai 2009 in Frankfurt am Main

**Jörg Schoßig,
BAM, Deutschland**

„Validierung von formalkinetischen Größen aus der adiabaten Warmlagerung“

Kurzfassung

In porösen Schüttungen von brennbaren Feststoffen besteht häufig die Gefahr der Selbstentzündung. Zur Charakterisierung des Selbstentzündungsverhaltens werden üblicherweise isoperibole Warmlagerungsversuche nach DIN EN 15188 [1] durchgeführt. Diese sind jedoch sehr material-, arbeits- und zeitaufwendig, da die Erfassung der Abhängigkeit der Selbstentzündungstemperaturen vom Volumen/ Oberflächenflächen- Verhältnis sowie der sukzessiven Annäherung an die kritische Temperatur zahlreiche Einzelversuche erfordern. Als Ergebnis erhält man die Selbstentzündungstemperaturen (SET) des untersuchten Feststoffes als Funktionen des Volumen/ Oberflächen- Verhältnisses. Durch entsprechende Auswertemethoden lassen sich darüber hinaus die formalkinetischen Reaktionsparameter scheinbare Aktivierungsenergie E_A und Frequenzfaktor k_0 bestimmen.

Die Vorhersage des Selbstentzündungsverhaltens realer Schüttungen kann entweder durch empirische Extrapolation [1] oder durch numerische Simulation erfolgen, wobei hier die im Versuch gemessenen formalkinetischen Größen als Eingabeparameter dienen.

Die gesuchten Reaktionsparameter lassen sich ebenso aus nur einem adiabatisch geführten Warmlagerungsversuch ermitteln [2]. Hierbei wird die Temperatur der Umgebung der im Probeninnern nachgeführt, so dass im Idealfall keine Wärme aus der Probe ein- bzw. ausgetragen wird. Bisher bestehen jedoch keine ausreichenden Kenntnisse über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der adiabaten Warmlagerungsversuche. Dies betrifft sowohl die Versuchsführung als auch die Auswertemethoden.

In dieser Arbeit wird gezeigt, dass schon geringe Abweichungen in der adiabaten Reaktionsführung zu erheblichen Unterschieden in den formalkinetischen Reaktionsparameter führen können.

Es werden verschiedene Methoden der Auswertung vorgestellt und miteinander verglichen. Des Weiteren wird gezeigt mit welcher statistischen Zuverlässigkeit sich die formalkinetischen Parameter aus nur einem adiabaten Warmlagerungsversuch bestimmen lassen.

Die adiabatischen Warmlagerungsversuche wurden mit Korkmehl, Braunkohle und einem PVP- Polymer in äquidistanten Zylindern mit verschiedenen Probenvolumina und Starttemperaturen durchgeführt. Es konnte ermittelt werden, dass die Ergebnisse unabhängig von der Starttemperatur des Ofens und vom Probenvolumen sind.

Ein Vergleich der ermittelten Reaktionsparameter aus der adiabaten Warmlagerung mit denen aus den isoperibolen Warmlagerungsversuchen ergab eine gute Übereinstimmung.

Die Auswirkungen des Abweichens von den adiabaten Bedingungen auf die formalkinetischen Parameter wurde untersucht, indem man während des gesamten Versuches die Ofentemperatur der Probentemperatur mit konstanter Differenz vor- bzw. nachführt. Dadurch erhält man entweder zu niedrigerer oder zu großer formalkinetischer Parameter, was wiederum dazu führt, dass man zu niedrigerer oder zu hoher SET's ermittelt. Letzteres kann dazu führen, dass man bei der Festlegung von sicheren Lagerbedingungen (Lagergeometrie, Lagerungsdauer) für großvolumige Schüttungen auf der unsicheren Seite liegt.

Anhand der statistischen Auswertung der Ergebnisse wurde gezeigt wie zuverlässig sich die Aktivierungsenergie und der Frequenzfaktor aus nur einem adiabaten Warmlagerungsversuch ermitteln lassen. Dabei wurde ermittelt mit welchen Abweichungen zu rechnen ist und wie sich diese auf die SET und auch auf den Zeitraum für eine sichere Lagerung auswirken. Dafür wird ein von Krause *et al.* [3] entwickeltes mathematisches Modell verwendet, welches durch Lösen gekoppelter differentieller Wärme- und Massentransportgleichungen das Vorhersagen des Selbstentzündungsverhaltens beliebiger realer Schüttungen erlaubt.

J. Schoßig; M. Schmidt; U. Krause, J. Steinbach

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin Deutschland

TU Berlin, Berlin, Deutschland

Literatur

- [1] DIN EN 15188: 2007: Bestimmung des Selbstentzündungsverhaltens von Staubschüttungen, Beuth Verlag, Berlin, 2007
- [2] Löffler, U.; Sonderfall: adiabatische Induktionszeit, in Steen H. (Hrsg.): Handbuch des Explosionsschutzes, Wiley-VHC Verlag, Weinheim 2000, S. 271-276
- [3] Krause, U.; Schmidt, M.; Lohrer, C.; A numerical model to simulate smouldering fires in bulk materials an dust deposits, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 19 (2006) S. 218-226

*Kontakt: Jörg Schoßig, E-mail: joerg.schossig@bam.de