



Forschung an der Fakultät für Technische Chemie, Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Selbsterwärmung bzw. Selbstentzündung von Schüttungen reaktiver Feststoffe

Spontaneous ignition of beds of reactive material

Das Phänomen der Selbsterwärmung

Die Selbstentzündung von Schüttungen brennbarer Feststoffe ist ein in Natur und Technik weit verbreitetes Phänomen. Die Selbstentzündung von Heu oder auch von auf Halden gelagerten Brennstoffen, wie etwa Kohle oder Rinde, stellt nur einen kleinen Auszug einer Vielzahl von Beispielen dar. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass sich jedes brennbare Material unter bestimmten Voraussetzungen von selbst entzünden kann.

Bei der Selbsterwärmung bzw. Selbstentzündung spielen vor allem 3 Mechanismen eine zentrale Rolle:

- Die Wärmeproduktion aufgrund exothermer Reaktionen: Je nach Material und Lager- bzw. Betriebsbedingungen sind diese Reaktionen physikalischer (z. B. Kondensation), biologischer (z. B. aerobe bzw. anaerobe mikrobiologische Abbauvorgänge) und/oder chemischer Natur (z. B. chemische Oxidation).
- Der Stofftransport gasförmiger Reaktionspartner (z. B. Sauerstoff) innerhalb der Schüttung durch erzwungene bzw. freie Konvektion sowie Diffusion.
- Der Wärmetransport in der Schüttung.

Ist die Wärmeproduktion in der Schüttung, oder auch nur in einzelnen Bereichen der Schüttung, größer als die Wärmeabfuhr, kommt es zur Selbsterwärmung bzw. zur Bildung sogenannter „hot-spots“ und in weiterer Folge unter Umständen sogar zur Selbstentzündung.

Die Ermittlung des Selbsterwärmungsverhaltens eines Systems

Die für die Selbsterwärmung verantwortlichen Mechanismen hängen nicht nur von den Stoffwerten des untersuchten Materials (z. B. „Reaktivität“) sondern auch von systemspezifischen Parametern ab; z. B. Ausdehnung, Geometrie und Lückengrad der Schüttung, Einlagerungstemperatur, etc. Basierend auf einfachen Laborversuchen zur Ermittlung der stoffspezifischen Parameter ist daher eine sichere Vorhersage über die Selbstentzündungsneigung einer Feststoffschüttung nicht möglich. Versuche im großtechnischen Maßstab unter Berücksichtigung sämtlicher Parameter sind zwar theoretisch denkbar, allerdings zeitaufwendig, teuer und unter Umständen zu riskant. Aus diesem Grund wurden in der Arbeitsgruppe mathematische Modelle entwickelt, welche neben den Stoffwerten des Schüttgutes auch die Lager- bzw. Betriebsbedingungen berücksichtigen. Für das jeweilige Material bzw. System können mit den entwickelten Computerpro-

grammen Parameterstudien durchgeführt werden, indem charakteristische Größen, wie etwa die Schüttungshöhe, der Böschungswinkel, die Verdichtung der Schüttung, Umgebungseinflüsse (Anströmgeschwindigkeit des Windes), etc. variiert werden. Als Ergebnis erhält man für jedes Setup Temperatur- und Strömungsgeschwindigkeitsfelder in Abhängigkeit von der Zeit (siehe Abb.1).

Untersuchte Systeme

In den vergangenen Jahren wurde auf diese Weise das Selbsterwärmungsverhalten verschiedenster Materialien untersucht, beispielsweise von Kohle, Rinde, Sekundärbrennstoffen, Gummi, Tiermehl, Aktivkohle, etc. Meist handelte es sich dabei um Lagerstätten oder Deponien, wie etwa Halden, Bunker oder Silos, aber auch um technische Apparate, wie zum Beispiel um verschiedene Adsorbentypen für die Rauchgas- bzw. Abluftreinigung. Ziel der Untersuchungen war die Erarbeitung von Richtlinien für die sichere Handhabung und Lagerung reaktiver Feststoffe bzw. für den sicheren Betrieb von Anlagen, welche mit derartigen Materialien betrieben werden. Es wurden aber auch Strategien für das Kühlen bzw. Löschen von Glutnestern sowie Bränden entwickelt. Diese Richtlinien beinhalten einerseits sicherheitstechnisch relevante Kenngrößen der untersuchten Systeme, wie z. B. Initialtemperaturen, kritischen Durchströmungsgeschwindigkeiten, maximal zulässige Schüttungshöhen und Lagerdauern, ideale Böschungswinkel und Lückengrade (Verdichtung), andererseits aber auch Einflüsse wie zum Beispiel aufgrund des Windes, der Jahreszeit (Sommer-Winter) oder von am Schüttgut anhaftendem Schmutz.

Ausblick

Um die das Selbsterwärmungs- bzw. Selbstentzündungsverhalten am stärksten beeinflussenden Parameter noch effizienter untersuchen zu können, wird künftig auch auf die Methoden der Bifurkationsanalyse zurückgegriffen werden.

Spontaneous ignition of beds of reactive material

Experience shows that many solids of industrial interest are prone to self-heating. The spontaneous ignition of hay, coal or bark are just three of many examples. Basically 3 mechanisms are responsible for the self-heating behaviour of a bed of reactive material:

- *Heat production due to exothermal processes (chemical oxidation, microbial degradation, condensation, etc.)*
- *Mass transfer of the reactant gas (e. g. oxygen) inside the bed by forced or free convection as well as diffusion*
- *Heat transfer inside the bed*

As soon as the heat production exceeds the dissemination of heat, self-heating occurs. The consequences are temperature rises (formation of "hot-spots") or even spontaneous ignition.

The analysis of the self-heating behaviour of reactive materials is quite complex, since not only material properties need to be considered, e. g. the reactivity of the material, but also system related parameters, like the size and geometry of the bed.

Over the past few years, mathematical models have been developed and numerous parameter studies have been performed. Based on the simulation results, guidelines for the safe storage and handling of various materials were elaborated, e. g. for coal, bark, refuse-derived fuel, rubber, meat and bone meal, activated carbon, etc.

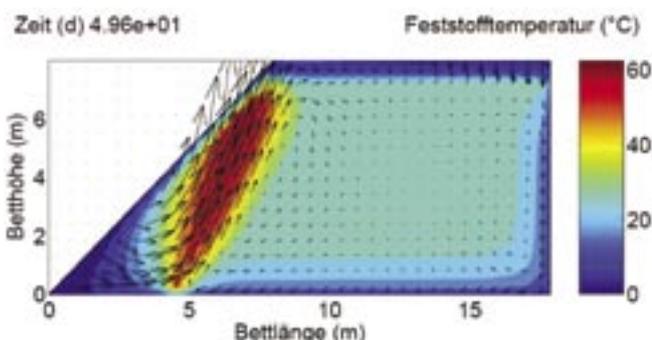


Abb.1: Temperatur- und Geschwindigkeitsprofil in einem Sekundärbrennstofflager nach einer Lagerdauer von 7 Wochen (aus: Endbericht für das FFF-Projekt „Entwicklung neuer Brennstoffqualitäten aus Abfall“ mit Fa. Saubermacher, 2004).