

Untersuchungen zu Schwelbränden in Feststoffschüttungen verursacht durch Glimmnester und eingeschüttete heiße Gegenstände

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktoringenieur (Dr.-Ing.)

von Dipl.-Ing. Martin Schmidt

geb. am 02.05.1971 in Magdeburg

genehmigt durch die Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Kurzfassung

Schwelbrände sind eine heimtückische Brandform, die im Inneren poröser, brennbarer Feststoffe abläuft. Sie sind durch niedrige Reaktionstemperaturen und –ausbreitungsgeschwindigkeiten gekennzeichnet. Im Vergleich zu Flammenbränden, die Temperaturen von über 1000°C aufweisen, liegen die typischen Temperaturen eines Schwelbrandes zwischen 150 und 400°C. Schwelbrände, die weit innerhalb einer Schüttung ablaufen, sind mit den üblicherweise eingesetzten Methoden zur Branderkennung (Temperaturmessungen und Detektion der Brandgase außerhalb der Schüttung) nicht zu erkennen. Von Schwelbränden gehen verschiedene Gefährdungen aus: die Freisetzung toxischer Brandgase, der Übergang der Schwelbrände in Flammenbrände und das Auslösen von Schwelgas- oder Staubexplosionen.

Das erfolgreiche frühzeitige Detektieren und das Bekämpfen von Schwelbränden ist nur mit Kenntnis des Schwelbrandverhaltens möglich. Das Ziel dieser Arbeit besteht daher darin, die charakteristischen Eigenschaften von Schwelbränden (Schwelbrandtemperatur und –ausbreitungsgeschwindigkeit) sowohl experimentell als auch theoretisch zu untersuchen. Der erste Teil der Arbeit beschreibt die experimentellen Untersuchungen. So wurde das Verhalten von Schwelbränden im Inneren von Schüttungen verschiedener Stäube in Abhängigkeit vom Volumen / Oberflächen – Verhältnis der Schüttung, der Staubfeuchte und der Anfangstemperatur experimentell untersucht. Die Beschränkung der an den Reaktionsherd gelangenden Sauerstoffmenge lieferte Informationen über die Art der ablaufenden Reaktionen und stellte gleichzeitig in der Praxis vorkommende Bedingungen nach. Neben Versuchen im Labormaßstab (Volumina von 1,6 bis 200 l) wurde das Schwelbrandverhalten in einer 2 m³-Schüttung untersucht.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die Berechnung der Schwelbrändeigenschaften in Schüttungen vorgestellt. Für die numerische Simulation mehrdimensionaler Wärme- und Transportvorgänge gekoppelt mit der Reaktion des Schüttgutes wurde ein mathematisches Modell entwickelt und in ein Finite – Elemente – Programm eingearbeitet. Der Vergleich der experimentell ermittelten Schwelbrandtemperaturen mit den Ergebnissen der Berechnung zeigte eine gute Übereinstimmung. Mit Hilfe der Berechnungen soll es zukünftig möglich werden, eine Vielzahl von praktischen Problemen numerisch zu untersuchen, deren experimentelle Untersuchung (z.B. Schwelbrandverhalten großer Schüttungen) nur noch mit erheblichem finanziellen und zeitlichen Aufwand durchzuführen sind.

Abschließend werden aus den Untersuchungen abgeleitete Schlußfolgerungen für die Branderkennung, -vermeidung und –bekämpfung dargelegt.