

# Energieeinsparung durch den Abbrand von kohlenstoffhaltigen Bestandteilen zur Kompensation endothermer Zersetzungsreaktionen beim Brennen von Hochlochziegeln.

FV-Nr. / IGF-Nr.: 15410 N

Die beim Brennprozess von energetisch hochbefruchteten Ziegelrohlingen frei werdenden spezifischen – auf die Ziegelmasse bezogenen – Verbrennungswärmen haben oftmals die gleiche Größenordnung wie der spezifische Energieaufwand, der beim Betrieb der Tunnelöfen erforderlich ist. Unter energetischen Gesichtspunkten wird die Zugabe organischer Stoffe als hochwillkommen und ökologisch – da es sich um nachwachsende Rohstoffe handelt – sinnvoll angesehen. In der Aufheizung im Temperaturbereich von 250 bis 650 °C kommt es aufgrund pyrolytischer Reaktionen der eingeziegelten organischen Bestandteile zu Zersetzungs Vorgängen. Die dabei frei werdenden Pyrolyse- oder Schwelgase verbrennen entweder bereits innerhalb des Rohlings und führen zu einer Selbstaufheizung, oder sie entweichen in die Ofenatmosphäre, wo sie ebenfalls weitgehend oxydiert werden. Im Rohling verbleibt nach diesem Verschweilungsvorgang ein zunächst noch unverbrannter Restkohlenstoff, der erst bei höheren Temperaturen verbrennt. Oberhalb von 500 °C findet sowohl die Zersetzung von einigen Tonmineralen unter Kristallwasserabgabe als auch die CO<sub>2</sub>-Abspaltung aus den carbonathaltigen Mineralen statt. Diese endothermen Reaktionen überlagern den Verbrennungsvorgang (Schwelprozess) in der Endphase der Entgasung und den anschließenden Abbrand der Kohle bzw. des Restkohlenstoffes.

Es ist das Ziel dieses Forschungsprojektes, für den Brennprozess von hochwärmedämmenden Ziegeln diejenigen rohstoffseitigen Voraussetzungen und brenntechnischen Erfordernisse zu erarbeiten, die notwendig sind, um die durch organische Porosierungsstoffe eingeziegelte Rohstoffenthalpie und die damit verbundene Freisetzung von Verbrennungswärme zur Einsparung von, über Brenner zugeführte Energie, effizienter nutzbar zu machen. Hierbei ist von Bedeutung, inwieweit und in welchem Maße durch die Gestaltung der Brennführung und der atmosphärischen Bedingungen die vom jeweiligen Ziegelroh- und Zusatzstoff abhängigen exothermen und endothermen Reaktionen so zu beeinflussen sind, dass für die Umsetzung der Rohstoffenthalpie ein möglichst hoher Wirkungsgrad erreicht werden kann.

Durch eine, beim Brennprozess von energiereichen Ziegelrohlingen aus kalkhaltigen Rohstoffen auf die Ziegelmasse angepasste Brennführung (Bild 1) wird der Abbrand von kohlenstoffhaltigen Bestandteilen in höhere Temperaturbereiche verlagert, in denen auch die energieverbrauchende Zersetzung der carbonathaltigen Mineralen stattfinden. Neben einer effizienteren Nutzung der Rohstoffenthalpie zur Selbstaufheizung der Ziegelrohlinge wird dadurch ein beachtlicher Anteil, des für die endothermen Zersetzungsreaktionen notwendigen Energiebedarfs, aufgebracht. Die Zugabe von Koks unterstützt diesen Prozess und wirkt sich zudem mindernd auf die Schwelgasemission aus.

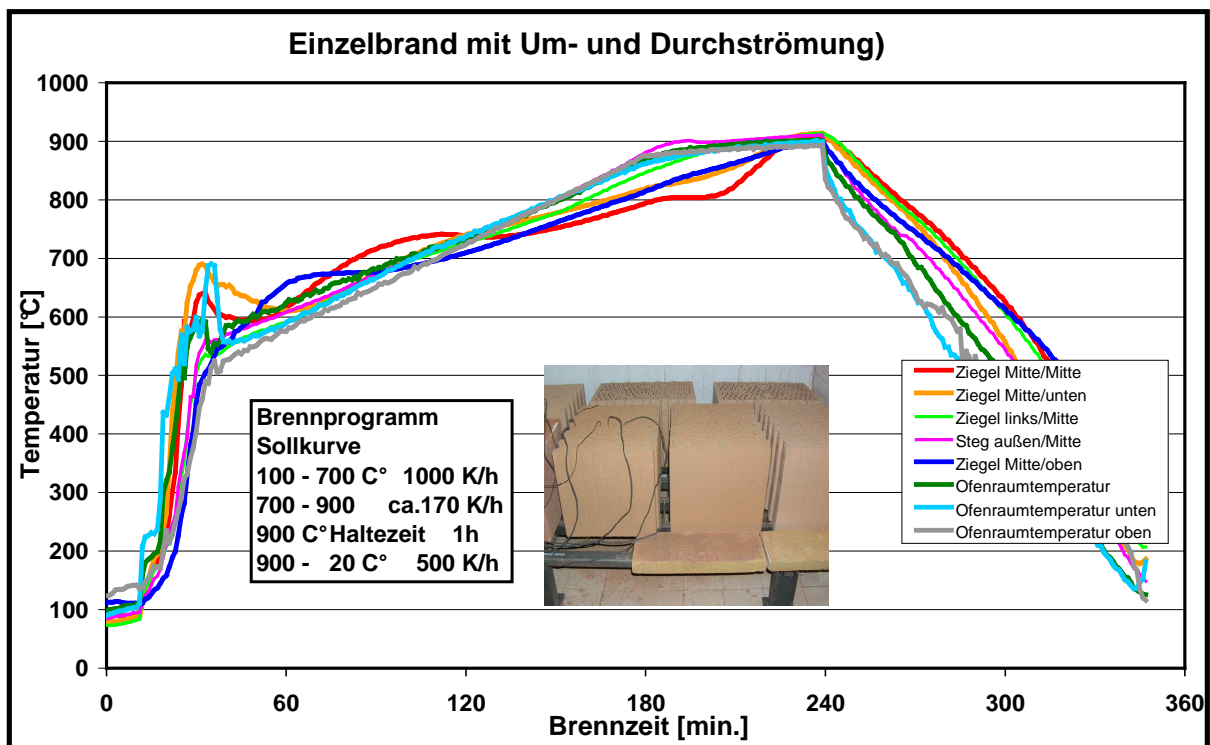


Bild 1: Einlagenbrand von energiereichen Hochlochziegelrohlingen mit Um- und Durchströmung, Ablauf exothermer und endothermer Reaktionen

Maßgeblich hierfür ist die Kenntnis über die Kopplung von Wärme- und Stoffübergang mit der chemischen Kinetik beim Ablauf derartiger Prozesse (Bild 2). Die endotherme Zersetzung carbonathaltiger Minerale und der exotherme Abbrand kohlenstoffhaltiger Bestandteile sind mit der Entwicklung von Reaktionsgasen verbunden, die unterschiedliche Atmosphärenbedingungen in den Poren- und Hohlräumen des Ziegelscherbens und in der den Scherben umhüllenden Grenzschicht schaffen. Das bei der  $\text{CO}_2$ -Abspaltung entstehende Gasvolumen kann die, für die Kohlenstoffverbrennung notwendige Zufuhr von Luftsauerstoff aus der Ofenatmosphäre behindern. Folglich werden die unter Bildung von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid ansonsten schon bei niedrigeren Temperaturen ablaufenden Verbrennungsreaktionen in höhere Temperaturbereiche verschoben. Die Bereitstellung von Luftsauerstoff führt dann zu einer Oxidation von Kohlenstoff und Kohlenmonoxid unter Freisetzung der Verbrennungswärme, die der Rohlingsaufheizung zugutekommt und zum Ablauf der vorangehenden Zersetzungsreaktionen energetisch nutzbar ist.

## Gesetzmäßigkeiten der Wärme- und Stoffübertragung und chemischen Kinetik

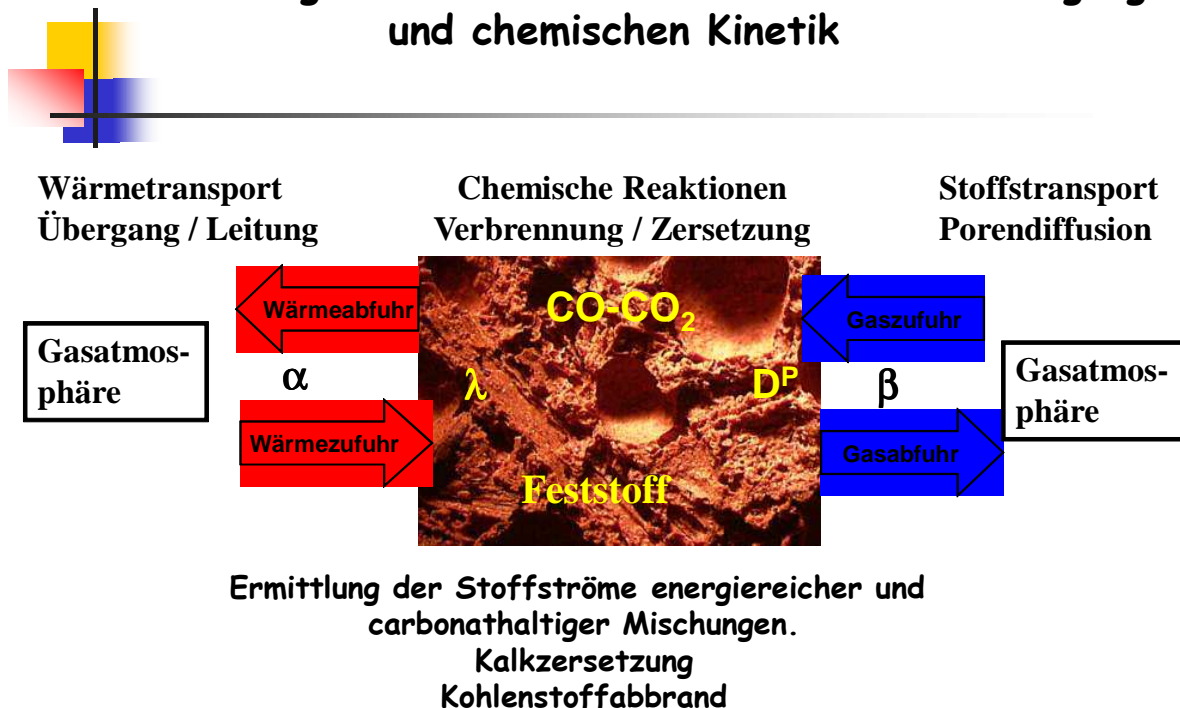


Bild 2: Kinetische Vorgänge bei Gas – Feststoff – Reaktionen

Die Umsetzung der Forschungsergebnisse auf den betrieblichen Tunnelofenprozess setzt einen Brennprozess voraus, der durch eine entsprechende Ausstattung in den unterschiedlichen Temperaturbereichen regelbar ist. Hierzu zählen insbesondere verfahrenstechnische Maßnahmen beispielsweise Umwälzeinrichtungen oder Hochgeschwindigkeitsbrenner, durch die eine Vergleichmäßigung der über den Besitz verteilten Ziegeltemperaturen und der Ofenatmosphäre bewerkstelligt werden kann. Der Abbau von Temperaturdifferenzen erlaubt neben der verbesserten Regelbarkeit des Brennprozesses einen schnelleren Brand und hat zudem einheitlichere Produktqualitäten zur Folge. Für die schon vereinzelt in der Ziegelindustrie betriebenen Flachbrandöfen ist der Praxisbezug der im Rahmen dieses Vorhabens erarbeiteten massespezifischen und brenntechnischen Maßnahmen gegeben. Hierbei sind die Vorgänge der Um- und Durchströmung der zu brennenden Ziegelrohlinge zu berücksichtigen.

Es handelt sich um ein Forschungsprojekt der Forschungsgemeinschaft der Ziegelindustrie e.V. (FGZ). Es wurde unter der Nummer AiF 15410 N vom BMWi über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. AiF gefördert und vom Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (IZF) unter der Projektleitung von Dipl.-Ing. Michael Ruppik durchgeführt.