

Kurzfassung zum Schlussbericht 17570 N

Erhöhung der Ziegelscherbenfestigkeit durch Beeinflussung der Korngrößenverteilung

Hintergrund

Die Ziegelindustrie gewinnt große wirtschaftliche Vorteile, wenn das Verständnis über den Einfluss der Ziegelrohstoffe auf die Ziegeleigenschaften verbessert wird. Die Korngrößenverteilung der Rohstoffe ist einer der wichtigsten Parameter für die Verarbeitbarkeit, das Trocknungs- und Brennverhalten sowie für die Bildung des Porengefüges im Ziegelscherben, welches die meisten Ziegeleigenschaften bestimmt. Der komplexe Einfluss der Korngrößenverteilung wurde bisher hauptsächlich empirisch – beispielsweise mit dem Winkler-Diagramm in den drei Größenfraktionen 0 - 2, 2 - 20, >20 μm – untersucht. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde ein neuer Ansatz verfolgt.

Zielsetzung

Ziel war es, die reale Partikelpackung im Ziegel mittels Simulation nachzuahmen. Als Eingangsdaten sollten nahezu stufenlos gemessene Korngrößenverteilungen des Tonrohstoffes und der Zuschlagsstoffe verwendet werden. Als Ausgangsdaten sollte sich die theoretische Packungsdichte berechnen lassen, um die reale Packungsdichte und somit auch die reale Scherbenfestigkeit vorhersagen zu können.

Durchführung

Zunächst wurden verschiedene Messmethoden zur Bestimmung der Korngrößenverteilung miteinander verglichen. Anschließend wurde eine umfassende Literaturrecherche bezüglich Modellansätzen für die Beziehung zwischen Korngrößenverteilung und Packungsdichte, sowie für die Packungsdichteerhöhung durchgeführt. Es wurden für Ziegelrohstoffe geeignete Ansätze ausgewählt und kombiniert (Dinger-Funk-Gleichung und die Simulationssoftware RaSim). Darüber hinaus wurde ein Programm geschrieben, welches automatisch die Mischungsanteile zur bestmöglichen Annäherung an eine beliebige Zielkorngrößenverteilung berechnet.

Um den Einfluss der Korngrößenverteilung auf die Ziegelpackungsdichte und -festigkeit zu erforschen, wurden die Korngrößenverteilungen von Ziegeltonen durch gezielte Beimischung von Zuschlagstoffen (WFFB, WN2), durch Mahlung (WK, WG4) sowie durch Siebung (E250, E125, E45) modifiziert. Die Basismassen W0 und E0, d.h. die Ziegeltonen ohne Veränderung, sowie deren Modifikationen wurden sowohl klassisch mittels Siebung und Sedimentationsanalyse als auch mittels Lasergranulometrie gemessen. Um die theoretischen Simulationsergebnisse mit praktischen Versuchsergebnissen vergleichen zu können, wurden zu jeder Mischung Ziegelprobekörper hergestellt und die physikalischen Eigenschaften der Ziegelrohlinge und -scherben (gebrannten Ziegel) ermittelt. Dabei wurde die reale Packungsdichte durch Kombina-

tion von Heliumpyknometrie und Unterwasserwägung und die Festigkeit mittels Dreipunktbiegezugversuches bestimmt.

Ergebnisse

Die größte Packungsdichtezunahme im Vergleich zur Basismasse wurde durch Verringerung der maximalen Korngröße mittels Siebung erreicht. Sie lag bei +5,3 % (auf 82 %), einhergehend mit der größten Festigkeitssteigerung um 336 %.

Ausschließlich durch Beimischung von Zuschlagsstoffen, konnte die Rohlingspackungsdichte einer weiteren Basismasse um 1,1 % gesteigert werden (WN2). Dennoch verringerte sich in dieser Mischung die Rohlings- und Scherbenfestigkeit. Die Ursache hierfür, ein unterschiedliches Schwindungsverhalten der Mischungskomponenten während der Trocknung und des Brandes, wurde anhand von mikroskopischen Aufnahmen und der Porengrößenverteilungen gefunden.

Die Kombination aus Siebung und Sedimentation führte in der Korngrößenverteilung zum einen zu einem scheinbar unterbesetzten Bereich am Messmethodenübergang und zum anderen zu einem unbekanntem Verlauf der feinsten 20 M-%. Beides wirkte sich negativ auf die Simulationsergebnisse aus. Doch unter Verwendung der Ergebnisse eines Lasergranulometers als Eingangsdaten für die Simulation konnte der Trend der Packungsdichte des Ziegelrohlings erfolgreich prognostiziert werden. In Abbildung 1 ist der Vergleich der experimentellen und simulierten Packungsdichten für die Rohlinge der Versuchsmischungen dargestellt.

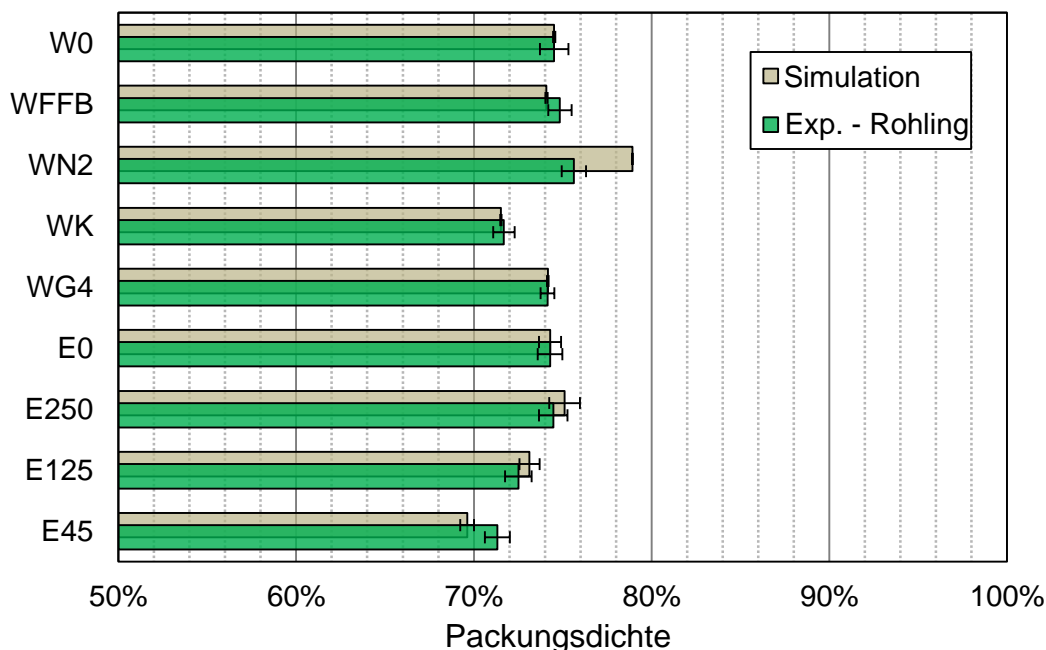


Abbildung 1: Vergleich der experimentellen Packungsdichten der Rohlinge mit den Simulationsergebnissen unter Zuhilfenahme eines pro Basismasse (W-X, E-X) konstanten Korrekturfaktors zur Agglomerationsberücksichtigung

Leicht überschätzt wurde in der Simulation die Packungsdichte der Mischung WN2. Dies liegt an dem bereits erwähnten unterschiedlichen Schwindungsverhalten zwi-

schen Rohton und Ziegelbruch, welches die Packungsdichte der realen Mischung reduziert. Desweiteren kann festgehalten werden, dass von der Rohlingspackungsdichte nicht ohne weiteres auf die Scherbenpackungsdichte geschlossen werden kann, da sich die Packungsdichte während des Brandes, je nach Mischungsbestandteilen und deren Korngrößenverteilungen, unterschiedlich verändern. Daher benötigt die Simulation zur Vorhersage der Scherbenpackungsdichte noch Erweiterungen, welche das unterschiedliche Schwindungs- und Brennverhalten berücksichtigt.

In diesem Projekt wurde gezeigt, dass es bereits möglich ist, den Einfluss der Korngrößenverteilung auf die Rohlingspackungsdichte abzuschätzen. Dies gelingt umso besser, desto homogener die Trockenschwindung stattfindet. Zudem wurde durch praktische Versuche ermittelt, wie die Simulation erweitert werden muss, um auch die Scherbenpackungsdichte vorhersagen zu können. Somit wurden erste wichtige Schritte für folgendes langfristiges Ziel getan: Die Schaffung eines Werkzeuges, mit dem Ziegler ohne aufwändige Vorversuche diejenige Mischung bestimmen können, mit der zuvor frei wählbare Zieleigenschaften, wie beispielsweise die Festigkeit oder Wärmedämmung, optimiert werden können.

Es handelt sich um ein Forschungsprojekt der Forschungsgemeinschaft der Ziegelindustrie e.V. (FGZ). Es wurde vom Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (IZF) von Leonard Raumann, M.Sc. durchgeführt.

Das IGF-Vorhaben 17570 N der Forschungsvereinigung Ziegelindustrie wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

L. Raumann

Essen, den 16.11.2015