

# Minderung des Trocknungsenergiebedarfs durch den Einsatz von Hilfsmitteln auf Basis von synthetischen Polymeren zur Steigerung der Feuchteleitfähigkeit plastischer Massen der Grobkeramik

## **Kurzfassung zum Schlussbericht IGF-Vorhaben 21443 N**

Essen, den 17. Juli 2023

## 1 HINTERGRUND

Die Trocknung feuchter Ziegelrohlinge ist ein energieintensiver und langwieriger Prozess, weshalb der Minderung des für die Extrusion notwendigen Anmachwasserbedarfs eine große Bedeutung zukommt. Eine gängige Maßnahme um dieses Ziel zu erreichen, ist die Verwendung von Magerungsmitteln wie z.B. Sand. Dadurch wird aber die Menge der Tonminerale in der Masse reduziert, was negative Auswirkungen auf die Bindigkeit der Masse und die Festigkeit der getrockneten und gebrannten Ziegel hat. Mit chemischen Additiven lässt sich der gleiche Effekt ohne diese Nachteile erzielen.

## 2 ZIELSETZUNG

Ziel dieses Forschungsvorhabens war der Einsatz chemischer Additive zur Verringerung des Anmachwasserbedarfs und Erhöhung der Feuchteleitfähigkeit (FLF). Ein geringerer Anmachwasserbedarf führt unmittelbar zur Energieersparnis, da weniger Wasser verdampft werden muss. Eine höhere FLF beschleunigt die Trocknung und minimiert den Feuchtegradienten im Rohling, was zu einer gleichmäßigeren Schwindung und somit weniger Trockenrissen führt.

## 3 DURCHFÜHRUNG

Es wurden je zwei Betriebsmassen für Vormauerziegel, Hintermauerziegel und Dachziegel ausgewählt. Von diesen Massen wurden die mineralogische und chemische Zusammensetzung bestimmt und die Korngrößenverteilung, das Zeta-Potential und die Kationenaustauschkapazität gemessen. Anschließend wurde mittels Pfefferkorn-Stauchversuch die Auswirkung acht verschiedener chemischer Additive auf die einzelnen Betriebsmassen untersucht. Für jede Betriebsmasse wurde das jeweils beste Additiv (welches die Stauchhöhe am meisten senkte) ausgewählt. Es wurden Probekörper extrudiert, jeweils mit Additiv und der Nullmasse als Referenz. Der Einfluss der Additive auf die Formgebungseigenschaften wurde untersucht durch Bestimmung des Presskopfdrucks und Messung des viskoelastischen Verhaltens mit einem Rotationsrheometer im Platte-Platte-Aufbau. An den feuchten Probekörpern wurde die FLF mit und ohne Additiv gemessen. Um den Einfluss der Additive auf die Farbe der Grundmasse zu bestimmen, wurden die  $L^*a^*b^*$ -Werte der getrockneten und gebrannten Probekörper mit einem Farbmessgerät gemessen. Der Einfluss der Additive auf den Trocknungsverlauf wurde dem Programm ZiTro simuliert, das am Institut für Ziegelforschung in dem IGF-Projekt 13015 N entwickelt wurde. Parallel dazu wurden Versuche in einem Klimaschrank durchgeführt, bei denen Temperatur und Luftfeuchtigkeit variiert wurden. Dabei wurden der Gewichtsverlust und die Schwindung über die Zeit aufgezeichnet. An den gebrannten Probekörpern wurden die Brennschwindung mittels Dilatometer und die Biegezugfestigkeit ermittelt.

#### 4 ERGEBNISSE

Bei der Auswahl der Additive zeigte sich, dass nicht vorausgesagt werden kann, wie eine Ziegelmasse auf die Zugabe eines Additivs reagiert. Selbst wenn Messwerte wie Mineralogie, Korngrößenverteilung, Kationenaustauschkapazität oder Zeta-Potential vorliegen, so ist das Zusammenspiel dieser Faktoren der-

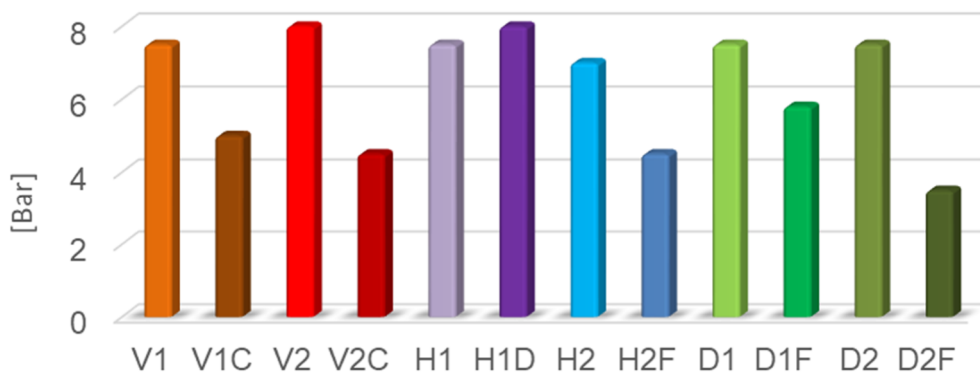


Abb. 1: Presskopfdruck aller Betriebsmassen mit und ohne Additiv

art komplex, dass nur empirische Versuche Aufschluss über die genaue Wirkung geben können. Teilweise konnte die Pressfeuchte stark reduziert werden, was bedeutet, dass bei der Trocknung weniger Wasser verdampft werden muss und somit Zeit und Energie gespart werden kann. Eine weitere bedeutsame Erkenntnis war, dass bei fast allen Massen mit Additiven der Presskopfdruck stark abnahm (siehe Abb. 1). Rheologische Untersuchungen haben gezeigt, dass dieser Effekt wahrscheinlich nicht auf eine Verbesserung der Plastizität zurückzuführen ist, sondern auf einer Schmierwirkung der Additive beruht, die die

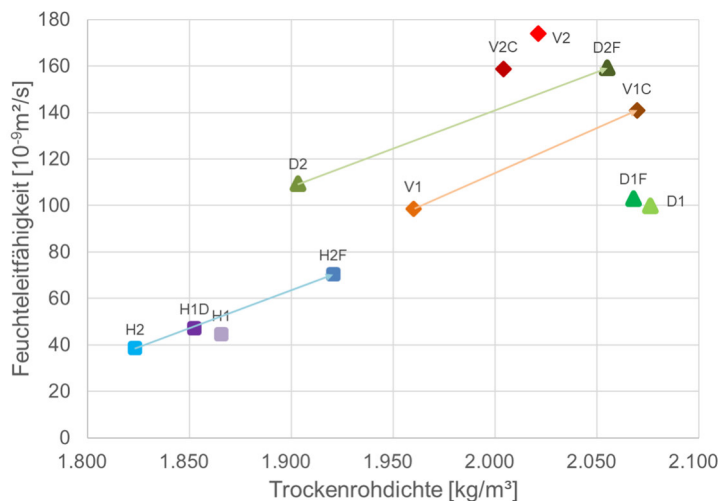


Abb. 2: Einfluss der FLF auf die Rohddichte der getrockneten Probekörper

Reibung innerhalb der Presse reduziert. Das bedeutet, dass der Wasserbedarf für die Extrusion sogar noch weiter reduziert werden kann. Die FLF verbesserte sich nur bei drei Betriebsmassen signifikant. Bei diesen Massen erhöhte sich auch die Trockenrohddichte (siehe Abb. 2).

Die Additive wirken sich bei allen Massen positiv auf die Festigkeit der trockenen Rohlinge aus, da sie wahrscheinlich beim Trocknen teilweise an die Oberfläche transportiert werden und dort einen Film bil-

den, der die Zugfestigkeit erhöht (siehe Abb. 3). Für die Ziegelhersteller ist die Erhöhung der Oberflächenfestigkeit von großer Bedeutung, da gerade oberflächliche Risse oder Abplatzer an Ecken und Kanten ein Problem darstellen. Diese entstehen, wenn die Rohlinge transportiert und auf die Ofenwagen gesetzt

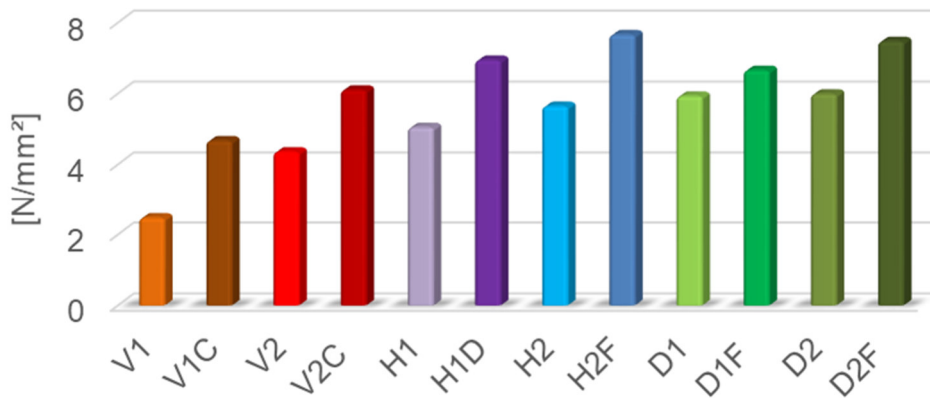


Abb. 3: Biegezugfestigkeit der getrockneten Probekörper mit und ohne Additiv

werden. Da diese Schäden häufig nicht erkannt werden, werden diese Ziegel gebrannt und müssen nachher als Brennbruch entsorgt werden, da sie die Produkthanforderungen nicht erfüllen. Die ganze Energie, die in den Herstellungsprozess geflossen ist, wäre somit unnötig aufgebracht worden. Die Anreicherung löslicher Produkte auf der Oberfläche führt allerdings auch dazu, dass sich die Farbe sowohl des getrockneten als auch des gebrannten Produkts ändert, was bei Vormauer- und Dachziegeln ein Problem darstellt (siehe Abb. 4). Klassische Ausblühungen konnten hingegen nicht nachgewiesen werden.

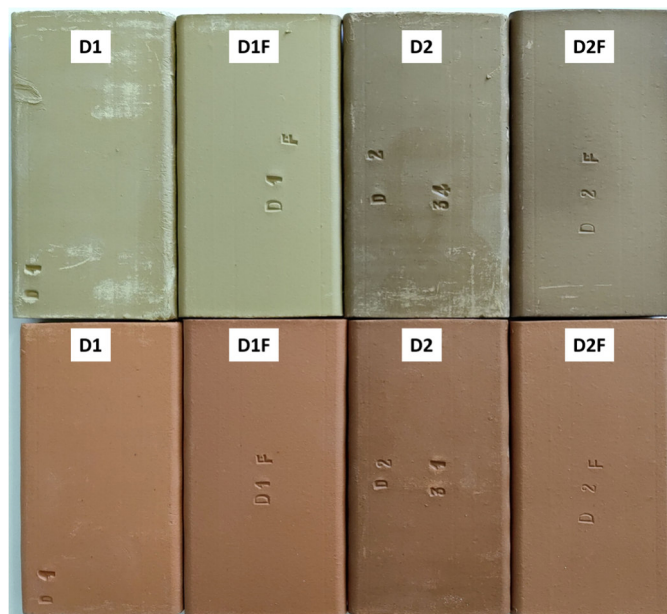


Abb. 4: Einfluss der Additive auf die Farbe der getrockneten und gebrannten Probekörper

Durch die Verringerung der Pressfeuchte verkürzt sich die Trocknungszeit der Rohlinge, was den Energiebedarf reduziert. Es konnte aber sowohl mit der Simulation als auch empirisch nachgewiesen werden, dass sich durch die Additive auch die FLF verbessert. Dieser Effekt wirkt sich allerdings erst bei größeren

Rohlingsdicken aus, wie z.B. Vormauerziegel. Denn erst, wenn größere Mengen Wasser im 2. Trocknungsabschnitt verdampft werden müssen, gewinnt die FLF an Bedeutung, da sie den 1. Trocknungsabschnitt verlängert.

Um den Zusammenhang zwischen Schwindung und FLF sichtbar zu machen, wurden Bigot-Diagramme erstellt (siehe Abb. 5). Bei dieser Darstellung wird die Schwindung der Probekörper in Bezug zu ihrer Feuchte gesetzt. In den Diagrammen wird deutlich, dass die Schwindung nur von der Feuchteabnahme abhängt und nicht von den Trocknungsbedingungen, da die Kurven für 40 % rF, 35 °C und 65 % rF, 25 °C nahe beieinander liegen. Auch bei der Masse H2, wo besonders die Schwindung durch die in der Masse vorhandenen Porosierungsmittel variiert, liegt der Knickpunkt der Schwindung bzw. der Übergang vom 1. zum 2. Trocknungsabschnitt für alle Probekörper bei der gleichen Feuchte. Bei der Masse D2 sind die Kurven sogar nahezu deckungsgleich. Nur bei dem dicken Probekörper der Masse V fand eine Verschiebung des Knickpunkts hin zu niedrigerer Feuchte statt, was beweist, dass

- a) das Additiv tatsächlich eine Auswirkung auf die FLF hat und
- b) diese Auswirkung umso größer ist, je dicker der Rohling ist.

Daher macht der Einsatz von chemischen Additiven zur Steigerung der FLF primär bei solchen Produkten Sinn. Die Effekte der verminderten Pressfeuchte und der besseren Schmierwirkung bei der Extrusion lassen den Einsatz von Additiven aber generell bei allen Ziegeln interessant erscheinen. Ein Einfluss der Additive auf den Sinterprozess und die damit verbundenen Eigenschaften ist nicht zu erkennen. Schwindung, Rohdichte und Biegefestigkeit sind bei allen Massen auf ähnlich hohem Niveau.

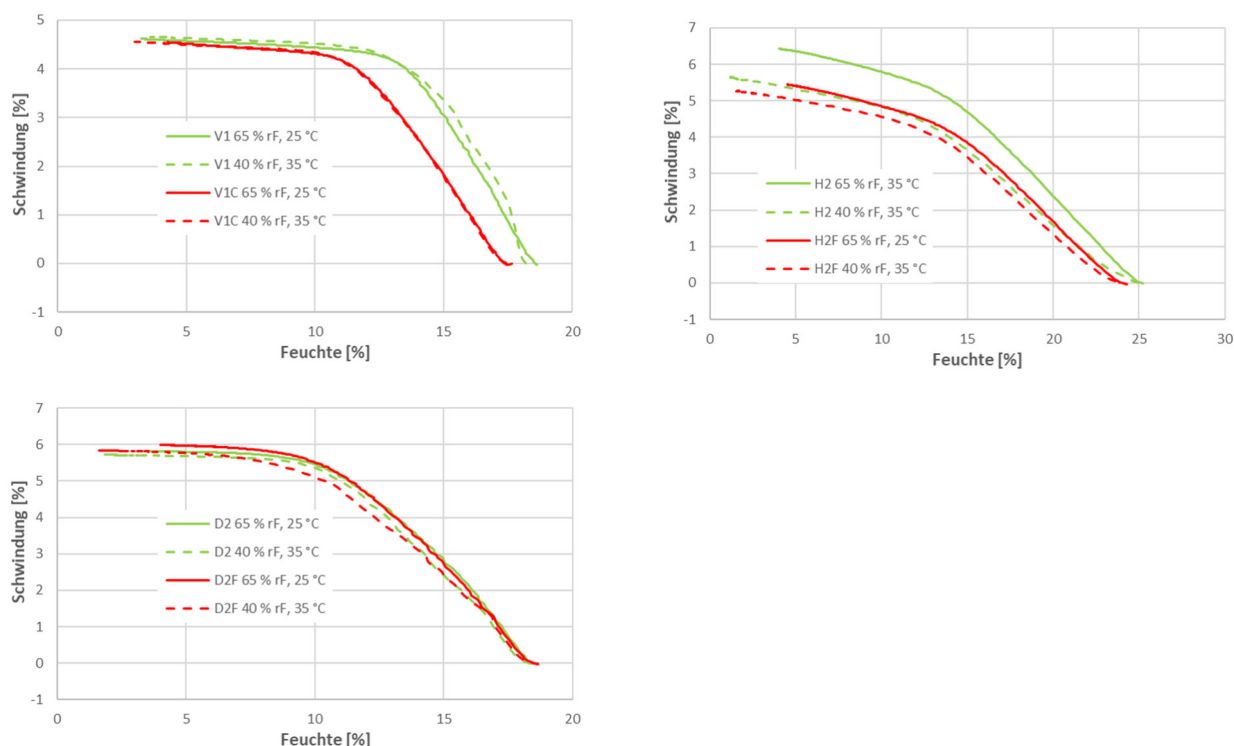


Abb. 5: Bigot-Kurven einer Vormauerziegelmasse (V1), einer Hintermauerziegelmasse (H2) und einer Dachziegelmasse (D2) mit und ohne Additiv bei verschiedenen Trocknungseinstellungen

Es handelt sich um ein Forschungsprojekt der Forschungsgemeinschaft der Ziegelindustrie e.V. (FGZ) und wurde vom Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (IZF) durchgeführt. Das IGF-Vorhaben 21443 N der Forschungsvereinigung Ziegelindustrie wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klima aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.