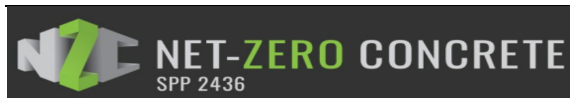


R-ClinkerControl – KI-gestütztes Regelmodell zur Aussteuerung fluktuierender Recyclingabfälle in Karbonatschmelz-basiertem Klinkerrohmehl für Recyclingzement

Peter Stemmermann, Dr. rer. nat.
Angela Ullrich, Dr. rer. nat.
(Mitverantwortliche Antragstellerin)
Institut für Technische Chemie (ITC)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Michael Haist, Prof. Dr.-Ing.
Corinna Rozanski, Dr. rer. nat.
(Mitverantwortliche Antragstellerin)
Institut für Baustoffe (IfB)
Leibniz University Hannover



[Link DFG SPP 2436](#)

Einführung Die Synthese von C_2S reichen Zementklinker bei reduzierten Temperaturen ($<1000\text{ }^\circ\text{C}$) könnte die CO_2 -Emissionen im Vergleich zu gewöhnlichem Portlandzement (OPC) erheblich senken. Mineralisierende Zusätze wie Na_2CO_3 und $CaCl_2$, kombiniert mit einer hohen ($>90\%$) CO_2 -Konzentration im Ofengas, beschleunigen die Reaktionsraten durch die Bildung von Karbonatschmelzen signifikant. Diese beschleunigen die CaO -Lösung und die Klinkerphasenbildung. In-situ-Röntgenuntersuchungen (XRD) zeigen, dass die C_2S -Bildung bereits bei $650\text{ }^\circ\text{C}$ beginnt und unterhalb von $1000\text{ }^\circ\text{C}$ abgeschlossen ist. Diese niedrigeren Temperaturen ermöglichen den Einsatz konventioneller elektrischer Heizungssysteme aus erneuerbarem Strom. Die Zugabe von $CaCO_3$ kann dazu beitragen, die niedrigen Calcium zu Silizium-Verhältnisse (C/S) in gemischten Bauschutt (MCW) auszugleichen. Die Mechanismen der Schmelzbildung im Niedertemperatur-Karbonatschmelz-Zementklinker und der Einfluss von Verunreinigungen in MCW auf die Klinkersynthese erfordern jedoch weitere Untersuchungen."

Projektziele Das Projekt zielt auf die Weiterentwicklung eines skalierbaren, niedertemperatur-basierten Karbonatschmelzprozesses ($<1000\text{ }^\circ\text{C}$) zur Synthese von CO_2 -minimierten "R-Zementen" aus MCW als kohlenstofffreiem Rohmehl ab. Es wird sich mit den Herausforderungen der natürlichen Variabilität der chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Eigenschaften von MCW auseinandersetzen, indem sensorgesteuerte, maschinelle Lernverfahren zur Stabilisierung der Zementqualität eingesetzt werden.

Ziele

1. MCW-Zusammensetzungsanalyse:
Bewertung typischer MCW-Zusammensetzungen, einschließlich zerkleinertem Beton, Mauerwerk, Glas und Sulfaten, unter Identifizierung von Schwankungen in der Elementarzusammensetzung und deren Auswirkungen auf die Klinkersynthese. Dies beinhaltet die Festlegung chemischer Grenzen für die Verwendung von MCW als Klinkerrohmehl, als Zementzusatz (SCM) oder als Füllstoff, sowie die Entwicklung von Strategien für den Umgang mit Haupttypen von MCW (z. B. kalkhaltig oder kieselsäurehaltig).
2. Niedertemperatursynthese von Klinker:
Untersuchung der Klinkersynthese bei 600 bis $1000\text{ }^\circ\text{C}$ unter Verwendung von MCW mit minimalem Kalkgehalt unter Berücksichtigung der stark variierenden Zusammensetzung und geringfügiger Verunreinigungen. Fokus auf die Klinkersynthese in einer CO_2 -gesättigten Umgebung unter Bildung von Calcium-Natrium-Karbonatschmelzen zur Verbesserung der Reaktionskinetik und der C_2S -Phasenentwicklung. Die Studie wird auch Spurrit als intermediäre Mineralphase untersuchen.
3. Leistungsevaluation von Klinkern:
Analyse von Frisch- und Festbeton mit synthetisierten Klinkern zur Bewertung von Rheologie, mechanischen Eigenschaften und Dauerhaftigkeit. Strategien zur Minderung von Leistungsschwankungen werden die Anpassung der Klinkerfeinheit, die Verwendung von Beschleunigern und Hochleistungsverflüssigern umfassen. Die Wechselwirkung von R-Klinker mit anderen SCMs wird ebenfalls untersucht, um eine Leistungsdatenbank für maschinelle Lernmodelle aufzubauen.
4. Entwicklung eines ganzheitlichen Regelmodells:
Integration von Daten aus vorherigen Zielen in ein Regelmodell, das die MCW-Verwendung in umweltfreundlichen Bindemitteln maximiert und gleichzeitig eine gleichbleibende technische Leistung und minimale CO_2 -Emissionen gewährleistet. Das Modell wird optimierte Rohmehlzusammensetzungen und Klinkerungsbedingungen für verschiedene MCW-Ströme und Gegenmaßnahmen für Schwankungen, wie $CaCO_3$ -Zusätze für kieselsäurehaltige Einsatzstoffe, festlegen.