

## Getemperte Tone

Einsatz natürlicher getempelter Tone in der österreichischen Zementindustrie

|                                 |  |                        |               |
|---------------------------------|--|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | IWI, IWI, Basisprogramm Ausschreibung 2023 | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.07.2023                                 | <b>Projektende</b>     | 30.06.2024    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2023 - 2024                                | <b>Projektlaufzeit</b> | 12 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 |  |                        |               |

### Projektbeschreibung

Da die Zementherstellung ein sehr ressourcen-, energie- und emissionsintensiver Prozess ist, ist Minimierung das Gebot der Stunde, um den ökologischen Fußabdruck so klein wie möglich zu halten. Eine Option zur Schonung natürlicher Ressourcen und zur Minderung klimawirksamer CO<sub>2</sub>-Emissionen stellt die Verwendung von Zusatzstoffen, sogenannten supplementary cementitious materials (SCMs) als Bindemittelkomponente im Zement dar. Im Gegensatz zu SCMs aus industriellen Nebenprodukten wie Hüttensand oder Flugasche sind getemperte Tone weltweit in ausreichenden Mengen verfügbar und können unter geeigneten Bedingungen bis zu 50 % des Zementklinkers ersetzen. Allerdings müssen Betone mit reduziertem Klinkeranteil ebenso eine entsprechende Verarbeitbarkeit, ausreichende Frühfestigkeiten und eine vergleichbare Dauerhaftigkeit erreichen wie Betone mit am Markt etablierten Zementarten. Auch in Österreich ist zu diesem Thema Handlungsbedarf gegeben, da die Reaktivität der Tone und somit deren Einsatzmöglichkeit stark von deren Mineralogie und somit der Lagerstätte abhängt. Da es sich bei Zement und Beton um regionale Produkte mit kurzen Anliefer- und Transportwegen handelt, sind Untersuchungen mit Tonen aus lokalen, österreichischen Tonlagerstätten dringend notwendig. Das Ziel des gegenständlichen Forschungsprojektes ist es deshalb, praxistaugliche Zementmischungen mit getemperten Tonen aus heimischen Lagerstätten zu entwickeln welche den Ansprüchen an die mechanische Belastbarkeit als auch die Dauerhaftigkeit des Baustoffs Beton genügen. Dazu werden sowohl die puzzolane Effizienz der getemperten Tone, ihre Auswirkungen auf die Hydratation im zementären System als auch der Einfluss auf die Betonrezeptur umfassend untersucht.

### Endberichtkurzfassung

Zement und Beton sind zentrale Bestandteile nachhaltiger Bauwerke mit langer Lebensdauer. Umso wesentlicher ist die Schonung natürlicher Ressourcen im ressourcen-, energie- und emissionsintensiven Prozess der Zementherstellung, um den ökologischen Fußabdruck so klein wie möglich zu halten. Eine vielversprechende Möglichkeit, um Zementklinker und somit auch CO<sub>2</sub> einzusparen, ist die Verwendung von Zusatzstoffen, sogenannten supplementary cementitious materials (SCMs) als Bindemittelkomponente im Zement.

Getemperte Tone stellen eine sehr aussichtsreiche Option dar. Sie sind in Österreich in ausreichenden Mengen verfügbar und können unter geeigneten Bedingungen bis zu 50 % des Zementklinkers in Zementen ersetzen. Die zentrale Herausforderung ist, Zemente mit reduziertem Klinkeranteil so einzusetzen, dass die Anforderungen an Verarbeitbarkeit,

Frühfestigkeitsentwicklungen, Leistungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit in vergleichbarer Weise erreicht werden wie mit Betonen, die mit heute am Markt etablierten Zementsorten hergestellt wurden.

Im Zuge des Projekts wurden Literaturdaten zu den Eigenschaften unterschiedlicher Tonminerale gesammelt, neue Studien zur Temperaturbehandlung von Tonen und zur Auswirkung auf die Reaktivität wurden genauso wie erste Ergebnisse in die Behandlung der Tone für die neu hergestellten Zemente miteinbezogen. Da es sich bei Zement und Beton um regionale Produkte mit kurzen Anliefer- und Transportwegen handelt, waren Untersuchungen mit Tonen aus lokalen, österreichischen Tonlagerstätten dringend notwendig. Detaillierte Versuche waren unumgänglich, um praxistaugliche Zementmischungen mit reduziertem Klinkeranteil zu entwickeln, welche den Ansprüchen an die mechanische Belastbarkeit, Dauerhaftigkeit und somit Nachhaltigkeit des Baustoffs Beton genügen.

Die Tone wurden im Laufe des Projekts charakterisiert, getempert und gemahlen und zu Zement verarbeitet. Daraus wurden Mörtel und Betone hergestellt und schließlich deren Eigenschaften untersucht. Betrachtet wurden mögliche Korrelationen zwischen den Charakteristika der einzelnen Tone und den Eigenschaften der hergestellten Mörtel und Betone. Zusätzlich wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie der Einfluss des Temperprozesses auf die unterschiedlichen Tonsorten untersucht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es in Folge einer thermischen Behandlung zu einer Entwässerung von Schichtsilikaten kommt, was mit einer Umstrukturierung von einer ursprünglich kristallinen Struktur in eine amorphe Struktur verbunden ist. Besonders kaolinhaltige Tone zeigten optisch starke Veränderungen der Partikeloberflächenstrukturen.

Weiters wurden die Ausgasungsprodukte untersucht, um Einsicht in das Emissionsverhalten der einheimischen Tone zu bekommen. Es gab einzelne Tone, die sowohl besonders hohe Anteile an Organik aufwiesen, als auch besonders hohe anorganische Anteile an flüchtigen Stoffen. Der Großteil der getesteten Tone wies jedoch moderate Werte auf.

Weitere Charakterisierungsmethoden waren die thermogravimetrische Analyse, Röntgenfluoreszenzanalyse und Spurenelementanalysen. In einem ersten Schritt wurden Untersuchungen unter Verwendung aller Tonsorten durchgeführt. Nach Prüfung des Aktivitätsindexes wurden anschließend sechs Tone ausgewählt und zu Zementen verarbeitet.

Mit den hergestellten Zementmischungen wurden zunächst unterschiedliche Mörtelprüfungen und danach Frisch- und Festbetonprüfungen sowie Dauerhaftigkeitsuntersuchungen durchgeführt. Zudem wurde das Versinterungspotential der Betone erforscht sowie der Einfluss der Mahlung.

Die Frischbetonuntersuchungen ergaben, dass ein höherer Kalksteingehalt im Zement sich mitunter positiv auf die Verarbeitbarkeit auswirkt. Die Chloriddiffusion konnte durch den Einsatz von Tonen mit hohem Kaolinitgehalt bei der Zementsorte CEM II/A verringert werden. Weiters konnte bei einigen Betonsorten ein positiver Einfluss des Einsatzes von getemperten Tonen mit hohen Kaolingehalten auf die Druckfestigkeit beobachtet werden. Bei den Untersuchungen des Einflusses der Mahlhilfe hatten die verwendeten Tonsorten einen starken Einfluss auf das Ergebnis. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass mit getemperten Tonen hergestellte Zemente unterschiedlich im Einsatz in den untersuchten Betonsorten reagierten. Ein höherer Kaolinitgehalt im Mineralbestand war meist von Vorteil, was Festigkeitsentwicklung und Dauerhaftigkeitsparameter betrifft.

## **Projektpartner**

- Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie