

## WoC3

Workability of Calcined Clay Concrete - Verarbeitbarkeitsoptimierung von Beton mit getempertem Ton als Zementbestandteil

<b>Programm / Ausschreibung</b>	IWI 24/26, IWI 24/26, Basisprogramm Ausschreibung 2024	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.10.2024	<b>Projektende</b>	30.09.2025
<b>Zeitraum</b>	2024 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	12 Monate
<b>Keywords</b>			

### Projektbeschreibung

Die Verwendung von Zumahlstoffen stellt eine vielversprechende Möglichkeit dar, den Klinkergehalt des Zements zu reduzieren bzw. die Gesamtmenge an zu produzierendem Klinker zu verringern. Insbesondere seitens der Bauwerkseigner:innen bzw. der Infrastrukturbetreiber:innen wird jedoch die Forderung gestellt, dass neue, klinkerreduzierte Zemente bzw. damit hergestellte Betone ausreichende Festigkeiten und vergleichbare Dauerhaftigkeitseigenschaften wie herkömmliche, etablierte Sorten aufweisen. Klassische Zumahlstoffe wie beispielsweise Flugasche und/oder Hüttensand sind diesbezüglich ausreichend erforscht und ihre Eigenschaften bekannt. Aufgrund tiefgreifender Veränderungen sowohl in der Strom- als auch in der Stahlproduktion sind diese industriellen Nebenprodukte nicht mehr in ausreichender Menge verfügbar bzw. die Mengen sind stark rückläufig. Eine Option stellt die Verwendung von getemperten Tonen als Zumahlstoff dar. Dieser ist in Österreich aber auch weltweit in ausreichender Menge verfügbar. Die prinzipielle Eignung von getemperten Stoffen wurde bereits in einem seitens der FFG geförderten Projekt Getemperte Tone (Projektnr. 907685) erforscht und positiv beurteilt. Im Zuge der Projektabwicklung wurden jedoch unzureichende verarbeitungstechnische Eigenschaften der mit getempertem Ton als Zementzumahlstoff hergestellten Betone festgestellt. Es zeigte sich, dass die Verarbeitung über den seitens der Betonhersteller:innen und der Verwender:innen des Betons (=Baugewerbe/Bauindustrie) geforderten Zeitraum, selbst bei moderaten Labor-Temperaturbedingungen, bei Verwendung herkömmlicher Betonzusatzmittel nicht eingehalten werden kann.

Das wesentliche Ziel des gegenständlichen Forschungsprojekts ist demgemäß, die praktische Anwendbarkeit der Zemente mit getemperten Tonen in der Betonproduktion und -verarbeitung sicherzustellen. Zur Erforschung und Entwicklung von Lösungsansätzen sind umfassende, grundlegende Untersuchungen in den Bereichen der Zementherstellung und Bauchemie (Zusatzmittel) vorgesehen. Auch die Wechselwirkungen aller verwendeten Ausgangsstoffe ist einer ganzheitlichen Beurteilung zu unterziehen. Insbesondere die Sicherstellung der Verarbeitungseigenschaften bei wechselnden Produktions- und Einbaubedingungen (Sommer, Winter) stellt ein zentrales Ziel des Projektes dar.

### Endberichtkurzfassung

Das Bauwesen und insbesondere der Betonbau stellt einerseits einen sehr bedeutenden Faktor sowohl im nationalen als auch im europäischen Wirtschaftsraum dar, trägt aber andererseits stark zur Emission von Treibhausgasen - speziell CO<sub>2</sub> -

bei. Aus diesem Grund erarbeitete und veröffentlichte die österreichische Zementindustrie ihre CO<sub>2</sub>-Roadmap zur Dekarbonisierung bis 2050. Besonders die Herstellung von klassischem Portlandzementklinker führt zu hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Reduzierung des Klinkeranteils in Zementen und die Ausweitung des Marktanteils solcher Zemente tragen wesentlich dazu bei, die angestrebten Klimaziele zu erreichen. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Veränderung der Zusammensetzung von Zementen durch die Reduktion des Klinkeranteils weitreichende Auswirkungen auf die Eigenschaften des Betons wie die Verarbeitbarkeit des Frischbetons und das Erstarrungsverhalten, aber auch auf die Dauerhaftigkeit von Bauwerken und deren Lebensdauer haben kann.

Die Verwendung von getemperten Tonen als Zumahlstoff stellt eine Herausforderung dar. Die prinzipielle Eignung von getemperten Stoffen wurde bereits in einem seitens der FFG geförderten Projekt - Getemperte Tone (Projektnr. 881671, 891630, 899528, 907685) - erforscht und positiv beurteilt. Im Zuge der Projektabwicklung wurden jedoch unzureichende verarbeitungstechnische Eigenschaften der mit getempertem Ton als Zementzumahlstoff hergestellten Betone festgestellt. Die praktische Anwendbarkeit der Zemente mit getemperten Tonen in der Betonproduktion muss verbessert und sichergestellt werden. Diese Gegebenheit stellt die Grundlage für das vorliegende Projekt dar.

Bei getemperten Tonen steht vor allem der erhöhte Wasseranspruch der damit hergestellten Kompositzemente und die dadurch zumeist schwierige Verarbeitbarkeit und verkürzte Konsistenzhaltung im Fokus. Eine besondere Herausforderung des Forschungsprojekts stellt dabei insbesondere die schwierige Verarbeitbarkeit der im Projekt eingesetzten CEM II/C-Zemente mit 30 m% Ton als Zementzumahlstoff dar.

Im Zuge des Projektes werden heimische Tone als Rohstoffe verwendet und deshalb maßgeschneiderte Lösungen für die lokale Industrie erarbeitet. Das Forschungsvorhaben stellt daher einen wichtigen Baustein für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Zementbranche dar. In Ergänzung zur maßgeblichen Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der künftigen Zementproduktion ist der Erhalt und die Sicherung der Arbeitsplätze in der Branche ein weiteres bedeutendes Ziel.

#### Durchgeführte Arbeiten

Eine Literaturrecherche zu den Eigenschaften von Zementen mit getemperten Tonen sowie zu Betonzusatzmitteln wurde durchgeführt. Die Ergebnisse der Literaturrecherche unterstützten direkt die Planung der Auswahl der verfügbaren Zusatzmittel und der Durchführung der Versuche. Daten der Materialcharakterisierung, wie beispielsweise die Reaktivität der einzelnen Tone, konnten zur Planung der weiteren Versuche genutzt werden, um eine möglichst diverse Versuchsmatrix zu gewährleisten. Ergebnisse aus den Mörtelprüfungen wurden wiederum zur genaueren Planung der Mikrobetonversuche verwendet.

Zur Entwicklung von Lösungsansätzen erfolgte eine umfassende Charakterisierung der Ausgangsstoffe (Tone, Fließmittel, Mahlhilfsmittel, Zemente, Gesteinskörnungen). Die beiden Tone unterscheiden sich sowohl chemisch als auch mineralogisch deutlich voneinander. Die im Projekt eingesetzten Tone wurden bei unterschiedlichen Temperaturen getempert und nach Findung einer optimalen Temperatur für die höchste Reaktivität mit diesen tonhaltigen Zementen bei 800 °C hergestellt. Für den Einsatz der Tone als Zementzumahlstoff mussten diese auf die benötigte Zielfeinheit von 100 % < 63 µm gemahlen werden. Allgemein konnte gezeigt werden, dass Mahlhilfen einen durchaus beträchtlichen Effekt zur Erhöhung des

Ausbreitmaßes beitragen können. An den Zementen wurden grundlegende Versuche zu den (Verarbeitungs-)Eigenschaften durchgeführt und Wechselwirkungen hinsichtlich der Bauchemie (Zusatzmitteleinsatz) untersucht. Dabei zeigt sich ein deutlicher Unterschied hinsichtlich der Reaktivitäten der beiden Tone. Der Wasserbedarf der einzelnen Zemente wurde ermittelt. Die tonhaltigen Zemente haben dabei erwartungsgemäß einen höheren Wasseranspruch als die Referenz.

Erste Versuche mit Mikrobeton zur Findung optimaler Zusatzmittelformulierungen wurden durchgeführt. Der Einsatz von Mikrobetonen dient dazu, Material und damit CO<sub>2</sub> einzusparen und später geplante Makrobetonversuche möglichst zielgerichtet auf Basis der Mikrobetondaten zu designen. Die im ersten Forschungsjahr durchgeführten Arbeiten bilden eine Grundlage für die in den Folgejahren geplanten Betonversuche. Die Wechselwirkungen aller verwendeten Materialien werden ganzheitlich beurteilt. Insbesondere die Sicherstellung der Verarbeitungseigenschaften der Betone war im Fokus der Versuche.

Bei den weiteren Versuchen zeigten sich speziell bei einem Zement mit höherem Tongehalt schwierige Verarbeitungseigenschaften sowie ein hoher Konsistenzverlust innerhalb der ersten 45 Minuten. Eine Optimierung ist diesbezüglich in weiteren Versuchen durchzuführen, um eine ausreichende Verarbeitbarkeit für die Betonversuche zu erhalten.

Die Erkenntnisse aus dem vorliegenden Projekt werden direkt in das zweite Forschungsjahr des Projektes WoC3 einfließen.

## **Projektpartner**

- Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie