

Themenvorschlag für Master's Thesis

TUM School of
Engineering and Design
Lehrstuhl für Massivbau

Nachhaltiges Bauen mit Beton – Strategien und Entwurfsempfehlungen für den Einsatz CO₂-reduzierter (hochfester) Betone

**Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Dipl.-Wirt. Ing.
Oliver Fischer**

Theresienstraße 90
Gebäude N6
80333 München
Germany

Fachliche Betreuung:

Betreuer: Johannes Fröse, M.Sc.
Raum: N1604
Tel.: +49.89.289.23050
E-Mail: Johannes.Froese@tum.de

Tel +49.89.289.23050
Fax +49.89.289.23030

johannes.froese@tum.de
www.cee.ed.tum.de/mb

Beginn: ab sofort

Hintergrund

Aktuell befindet sich das gesamte Bauwesen in einer Transformation zu klimagerechterem Bauen mit neuen Materialien und innovativen, automatisierten Herstellverfahren. Neben einer anspruchsvollen, menschengerechten Architektur ist der nachhaltige Einsatz von Ressourcen und Materialien sowie die Reduzierung der CO₂-Emissionen in Zukunft zwingend erforderlich. Beton, der weltweit am häufigsten verwendete Baustoff, nimmt dabei eine entscheidende Rolle ein.

Beton enthält als Bindemittel Zement. Allein die Herstellung dieses Bestandteils verursacht etwa 6-7 % der weltweiten Treibhausgasemissionen, etwa viermal so viel wie der gesamte globale Flugverkehr [1]. Der Grund: Für die Herstellung von Zement wird Zementklinker benötigt, der aus Kalkstein, Sand und Ton bei hohen Temperaturen unter hohem Energieeinsatz gebrannt wird. Die dabei ablaufenden chemischen Reaktionen verursachen den größten Teil der CO₂-Emissionen. Bei der Entsäuerung des Kalksteins entstehen unvermeidbare, rohstoffbedingte Treibhausgasemissionen. Die Reduktion dieses chemisch gebundenen CO₂ ist ein wesentlicher Schlüssel für die nachhaltige Anwendung von Beton.

Was ist CO₂-reduzierter Beton?

CO₂-reduzierte Betone oder RCC-Betone (Reduced Carbon Concrete) sind Betone, die im Vergleich zu Standardbetonen ein geringeres Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) aufweisen. Bei herkömmlichen Betonen stammen ca. 80 % der Treibhausgasemissionen aus dem verwendeten Portlandzementklinkeranteil [2,3]. Bei hochfesten Betonen (HPC) steigen der Klinkeranteil und damit die Treibhausgasemissionen weiter an. Der größte Hebel zur Reduzierung des GWP liegt in der Reduzierung bzw. Substitution des Zementklinkeranteils. Vielversprechende Potenziale liegen in Verfahren zur

- Reduzierung des Zementgehalts im Beton
- Einsatz klinkerreduzierter Zemente
- Einsatz alternativer Bindemittel mit geringem Treibhauspotenzial

In den letzten Jahren wurden vielversprechende Konzepte wie kalzinierte Tone, BC-SA-Zemente, Celitement, Mehlkornbeimischung sowie zugfeste Fasern erforscht. Mit diesen Ansätzen lassen sich die Treibhausgasemissionen deutlich reduzieren und gleichzeitig auf die nur begrenzt verfügbaren Nebenprodukte energieintensiver Industrien wie Flugasche, Hüttensand oder Silicastaub verzichten. Weiterhin werden derzeit verschiedene Verfahren untersucht, um das während des Klinkerbrennprozesses entstehende CO₂

abzuscheiden und entweder weiter zu nutzen oder sicher zu speichern („Carbon Capture and Utilization“, kurz CCU und „Carbon Capture and Storage“ kurz CCS) [4].

Hochfeste Betone zeichnen sich darüber hinaus durch eine hohe Dichte aus, die ihnen hervorragende Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften verleiht. Sie ermöglichen eine Reduktion des Materialeinsatzes und dadurch eine zusätzliche Verbesserung der CO₂-Bilanz. Durch die Kombination mit einem reduzierten Zementgehalt, einem verringerten Klinkeranteil und der Nutzung alternativer Bindemittel mit geringem Treibhauspotenzial ist Hochfester Beton ein wichtiger Baustein für nachhaltiges Bauen.

Ziele und Vorgehen

Wesentliches Ziel dieser Arbeit besteht darin, Strategien und Entwurfsempfehlungen für den Einsatz von CO₂-reduzierten Betonen zu entwickeln, wobei der Fokus auf Hochfesten Betonen liegt. Zunächst werden die aktuellen Entwicklungen im Bereich der CO₂-reduzierten Betone in einer umfassenden Literaturübersicht zusammengefasst und geeignete Rezepturen in einer Rezeptdatenbank erfasst. Das Global Warming Potential (GWP) dieser Rezepturen soll mithilfe geeigneter Verfahren bewertet und klassifiziert werden, wobei die Rezepturen auf Basis ihrer Bestandteile analysiert werden. Darüber hinaus werden geeignete Mischungen umgesetzt, ebenso wie die Quantifizierung der wesentlichen Frisch- und Festbetoneigenschaften. Auf Basis von Mischungsvariationen und -optimierungen werden Entwurfsempfehlungen erarbeitet, die eine gezielte Verbesserung der Betonqualität und der Nachhaltigkeit ermöglichen. Diese Empfehlungen berücksichtigen sowohl die technischen Anforderungen als auch die ökologischen Aspekte, um die Effizienz und Leistungsfähigkeit der CO₂-reduzierten Betone zu maximieren.

Die Arbeit bietet tiefgreifende Einblicke in die experimentelle Forschung im Bereich des nachhaltigen Massivbaus und ermöglicht eigenverantwortliches wissenschaftliches Arbeiten, stets jedoch in enger fachlicher Abstimmung und Betreuung. Mit Abschluss der Arbeit wird eine gemeinsame Veröffentlichung der Ergebnisse angestrebt.

Das Vorgehen lässt sich wie folgt gliedern:

- Literaturstudie zu CO₂-reduzierten Betonen, GWP, etc.
- Aufbau einer Rezepturdatenbank
- Bewertung und Klassifizierung auf Basis des GWP
- Vorbereitung und Betonage ausgewählter Rezepturen im Labor
- Quantifizierung wesentlicher Frisch- und Festbetoneigenschaften
- Mischungsvariation und Mischungsoptimierung
- Ausarbeitung von Entwurfsempfehlungen
- Erstellung der Schriftfassung

Vorkenntnisse:

- Motivation und Interesse am Thema
- Vertiefte Kenntnisse im Massivbau
- Eigenständige Arbeitsweise

Quellen

- [1] VDZ, Hrsg. Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien: Eine CO₂-Roadmap für die deutsche Zementindustrie. Düsseldorf, 2021. Verfügbar unter: <https://vdz.info/dekarbonisierung>
- [2] InformationsZentrum Beton GmbH: Umwelt Produktdeklaration InformationsZentrum Beton GmbH – Beton der Druckfestigkeitsklasse C 25/30. Erkrath, 2023., Verfügbar unter: <https://www.beton.org/betonbau/planungshilfen/umweltproduktdeklarationen/>
- [3] InformationsZentrum Beton GmbH: Umwelt Produktdeklaration InformationsZentrum Beton GmbH – Beton der Druckfestigkeitsklasse C 50/60 . Erkrath, 2023, Verfügbar unter: <https://www.beton.org/betonbau/planungshilfen/umweltproduktdeklarationen/>
- [4] Pressemitteilung Heidelberger Materials: <https://www.heidelbergmaterials.de/de/media/taufachpresse/baufortschritt-catch4climate>