

Herstellung und Einsatz von Recycling-Zement (R-Zement) aus Betonbrechsand

Dr. Peter Stemmermann, Institut für Technische Chemie, KIT
27. Baustoff-Recycling-Tag

24.10.2024

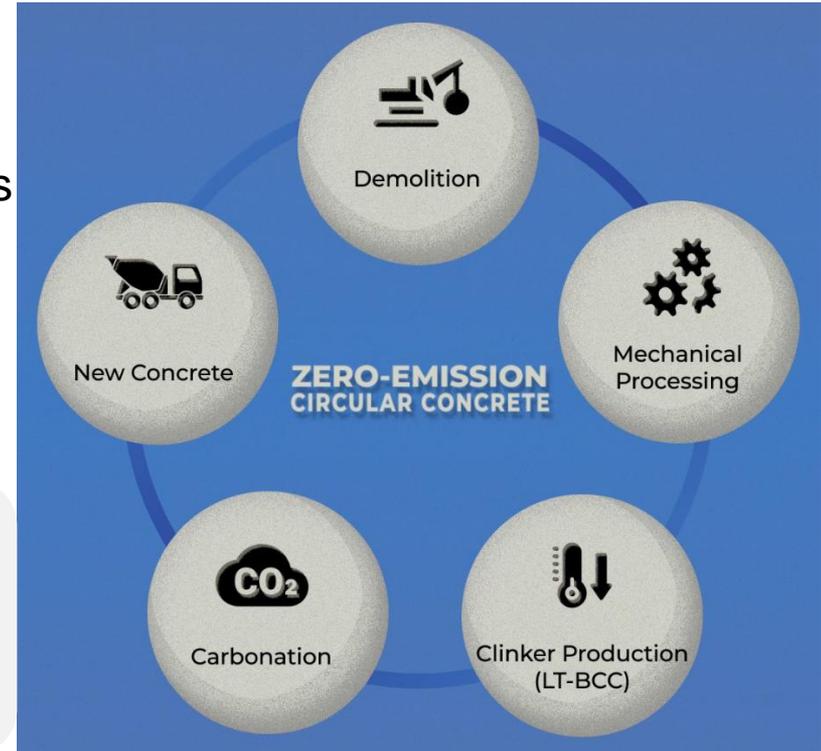


Kreislaufbeton aus recyceltem Zementklinker und recyceltem karbonatisierten Zuschlagstoffen

- Mechanische Aufbereitung von Betonabfällen liefert RC-Gesteinskörnung und Brechsand
- Brechsand wird zusammen mit Kalkstein als Rohstoff für Zementklinker eingesetzt. Prozess CO_2 wird aufgefangen
- Integrierte Sequestrierung von CO_2 in grober Gesteinskörnung durch Karbonatisierung
- Kreislaufbeton aus recyceltem Zementklinker und karbonatisierter Gesteinskörnung

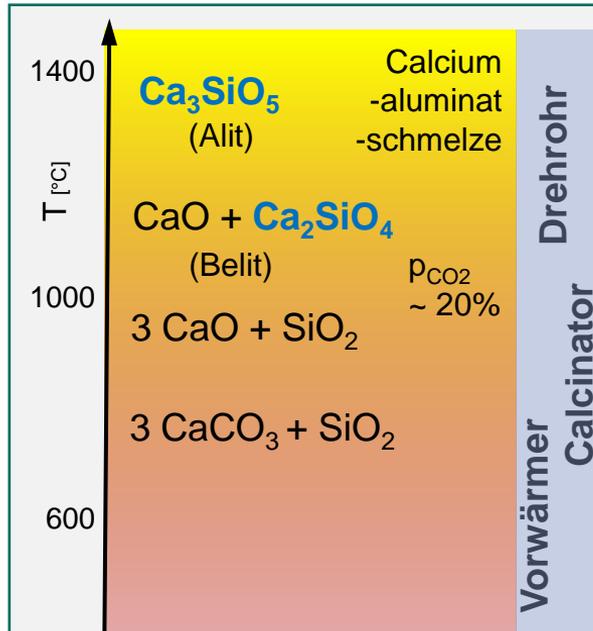
Die CO_2 -Kapazität der Gesteinskörnung reicht nur für **Prozessemissionen**. Für CO_2 Neutralität ist daher eine **Elektrifizierung** des Drehrohrs und die Klinkerherstellung bei **niedriger Temperatur** notwendig

→ **Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Klinkerherstellung**



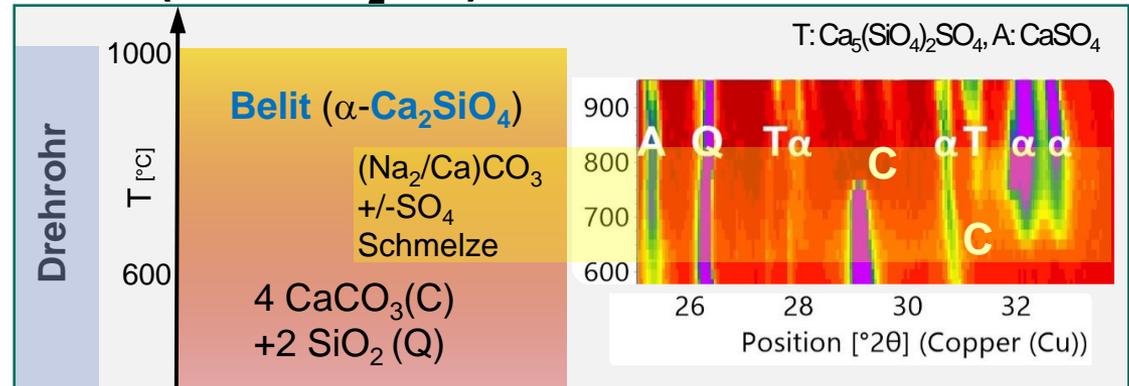
Tieftemperatur - Belit Klinker Prozess

OPC Klinker



LT-Belit Klinker

- Zugabe ca. 2% Flussmittel, z.B. Na_2CO_3
- $p_{\text{CO}_2} \sim 100\%$
- Geringfügig reduzierter CaO Gehalt ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 2$)



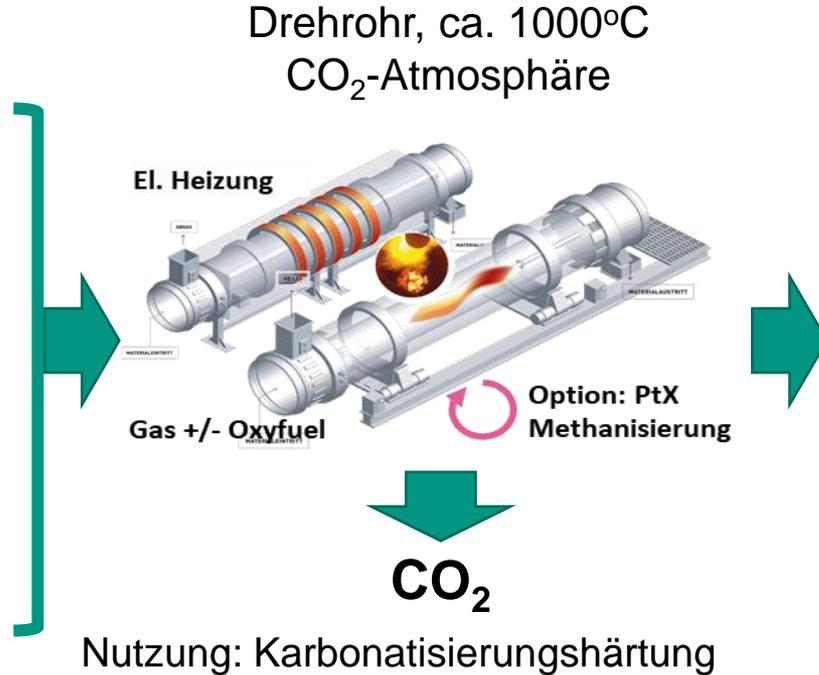
H. Hunsinger et al. (2016) EP 2 880 000 B1

XRD, in-situ

R-Zement: Rohstoffe, Anwendung, Prozesswärme

Reststoffe

- Feinbrechsand aus Altbeton
- Porenbetonbruch
- Faserzement (Cellulose)
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aus Gasreinigung
- + Kalk / Flussmittel



Niedertemperatur

Belit-Klinker

- als Substitut für Zementklinker in
- Zement (Beton)
 - Porenbeton
 -

Grafik: <https://www.ibu-tec.de/anlagen/drehrohrrofen/>

Pilotanlage

- Auslegung für Durchsatz von ca. 10 kg/h
- Getestet mit Durchsatz bis 100 kg/h
- Gesamt-IBN Mai 24 erfolgreich
- Voll bilanzierbar
- Kleinere Nacharbeiten an der CO₂-Versorgung und Abgasreinigung werden derzeit durchgeführt



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT



PTKA
Projekträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie

Demonstration NT-Belitzementklinker aus pd-AAC in der AAC-Produktion

- NT-Belitzementklinker aus verschiedenen Sekundärrohstoffen wie pd-AAC und Altbeton haben in der Herstellung von AAC ähnliche Eigenschaften
- Ein 25%iger Ersatz von Portlandzement durch NT-Belitzementklinker aus einem 1,5-t-Testbrand wurde 2022 im industriellen Maßstab demonstriert.



URBAN: CO₂-reduzierter Beton durch Upcycling von Reststoffen aus der Betonaufbereitung

- Realer Abbruchbeton sowie alternativ Produktionsabfälle (EHL) werden zur Herstellung von LT-Belitklinker eingesetzt
- Ziel: Entwicklung von Kompositzementen mit bis 30% Anteil Belitklinker
 - Belitklinker erhärtet einerseits langsamer als OPC;
 - andererseits könnten aus den heute zur Verfügung stehenden Betonabfällen nur ca. 25% des Klinkerbedarfs gedeckt werden
 - Risikominimierung
- September 2024: 6t Produktion bei Dienstleister für Demonstration in Betonfertigteilwerk EHL

Verbundvorhaben URBAN - CO₂-reduzierter Beton durch Upcycling von Reststoffen aus der Betonaufbereitung und CCU. FKZ 03EE5130A BMWK, 7. Energieforschungsprogramm (2022 bis 2025).



BUILDING TRUST



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

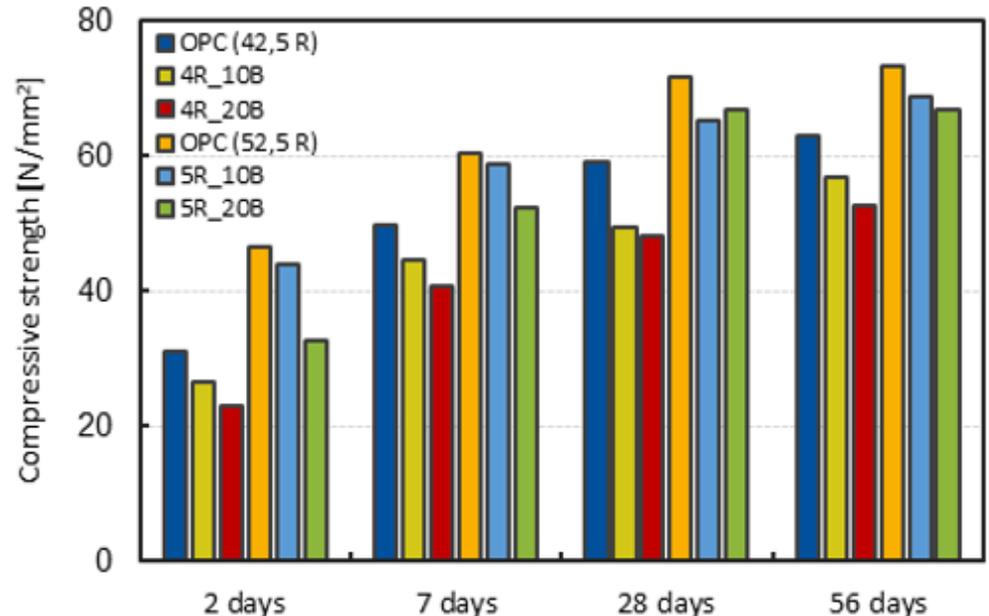
URBAN: Erste Ergebnisse

78TH-RILEM-WEEK-&-RILEM-CONFERENCE-ON-SMART-MATERIALS-AND-STRUCTURES-MEETING-THE-MAJOR-CHALLENGES-OF-THE-21ST-CENTURY-SMS-2024-CONCRETE-WITH-RECYCLED-(BELITE)-CEMENT-CLINKER-A-COMBINATION-OF-CLIMATE-PROTECTION-AND-RESOURCE-EFFICIENCY

Deiters, M.-V.⁽¹⁾, Gerlach, J.⁽³⁾, Schumacher, K.⁽³⁾, Schack, T.⁽¹⁾, Schweike, U.⁽²⁾, Beuchle, U.⁽²⁾, Stapf, D.⁽²⁾, Stemmermann, P.⁽²⁾ and Haist, M.⁽¹⁾

Compressive strength of mortars (w/b = 0.50; paste content = 440 l/m³) with pure OPC (CEM I 42.5 R and CEM I 52.5 R, respectively) and OPC with 10 % (10B) and 20% (20B) RC-Clinker

→ Neues Ziel: 50% Substitution

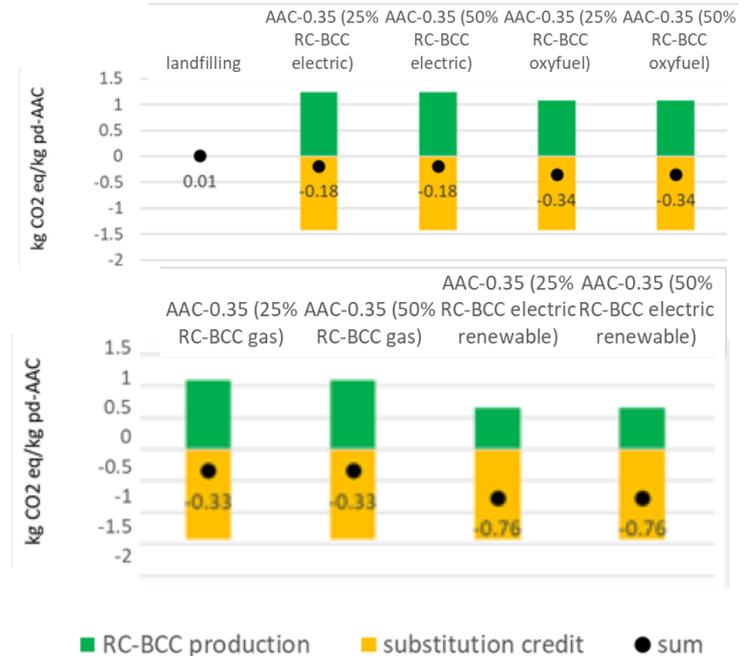


Betrachtung von Nachhaltigkeitsindikatoren und Wirtschaftlichkeit: Bewertung R-Zement aus pd-AAC

Energie / CO₂ Bilanz pro Tonne Klinker

Heat supply		Electric	Oxyfuel	Gas
Thermal efficiency (est.)		60%	50%	60%
Process Heat	MJ/t kWh/t	(1937) 538	2606	3243
Electric Units Ventilation, Control Milling, Oxygen Generation	kWh/t	110	179	110
Total Electricity	kWh/t	648	179	110
Total Energy	MJ/t	2333	3250	3639
CO ₂ fuel + process emissions	kg/t	369	502	540
c(CO ₂)	%	95-100	90-95	~36

GWP Reduktion pro kilo pd-AAC



Stemmermann, P., Volk, R., Steins, J. J. & Beuchle, G. Recycling belite cement clinker from post-demolition autoclaved aerated concrete – assessing a new process. *Resources, Conservation and Recycling* **203**, (2024).

Ausblick: offene Fragen und nächste Schritte

- Fluktuationen
 - der Versorgung mit sekundären Rohstoffen
 - der Zusammensetzung und Homogenität *(DFG-Projekt, BMBF Verbundantrag)*
 - Schadstoffe (Chemische Fixierung – Abtrennung) *(f. Chlor, Sulfat liegen Lsg. vor)*
- Skalierung *(Helmholtz-Antrag)*
 - Elektrisch beheizter Drehrohrofen
 - Wärmerückgewinnung aus CO₂
 - Trocknung / Abscheidung von Wasserdampf
- CO₂ *(mehrere Vorh. mit WW KIT)*
 - Dezentrale Speicherung / Nutzung
 - Grundlagenforschung zur Bildung, Analytik und Thermodynamik von Karbonatschmelzen *(laufend)*

Vielen Dank an die beteiligten Kolleginnen und Kollegen aus dem Institut sowie den wissenschaftlichen und industriellen Partnern.

Die Forschung wurde und wird maßgeblich durch die Helmholtz-Gemeinschaft, die DFG, das Land Baden-Württemberg, das BMBF und das BMWK sowie die EU unterstützt.

