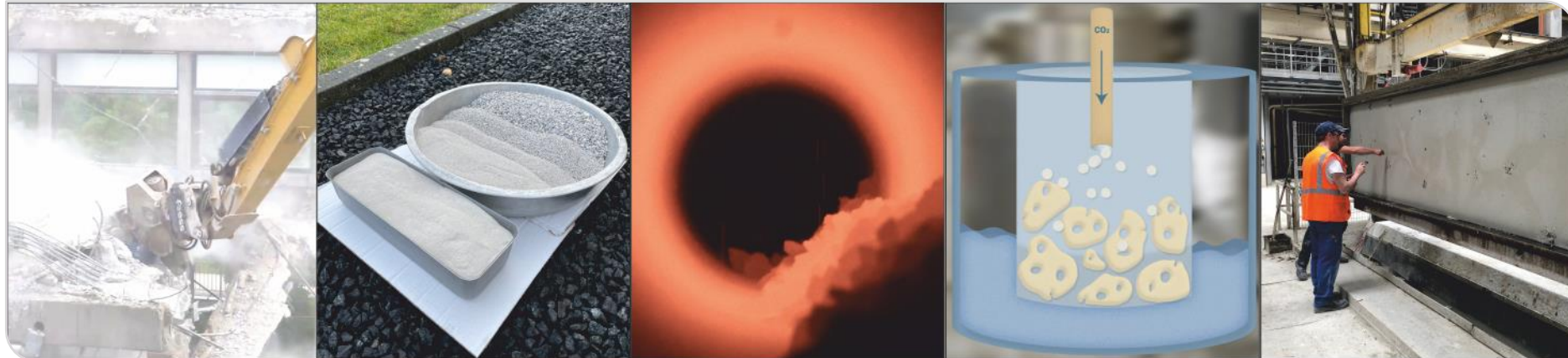


# Herstellung und Einsatz von Recycling-Zement (R-Zement) aus Betonbrechsand

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

24.10.2024

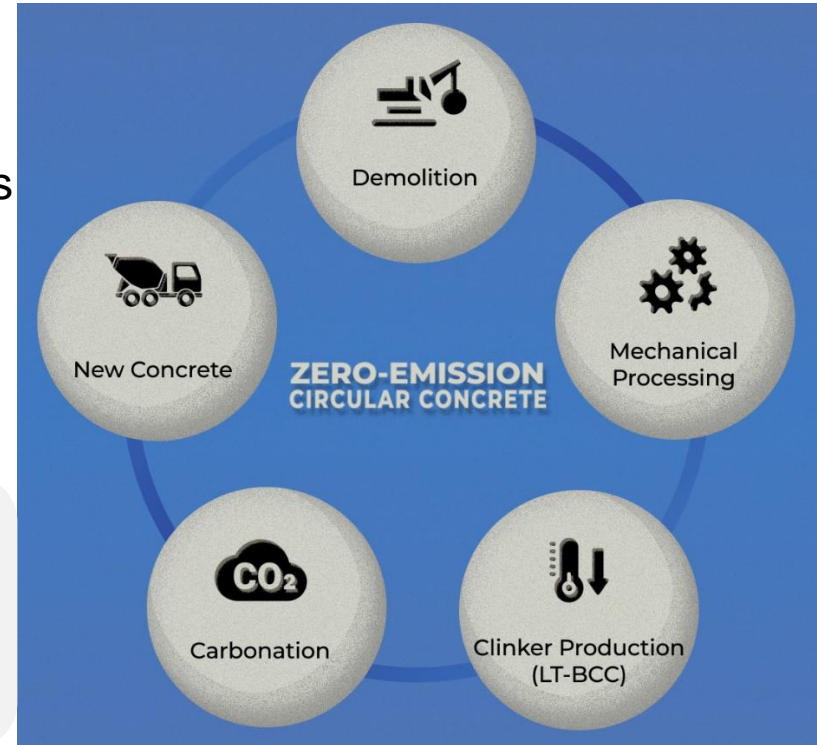


# Kreislaufbeton aus recyceltem Zementklinker und recyceltem karbonatisierten Zuschlagstoffen

- Mechanische Aufbereitung von Betonabfällen liefert RC-Gesteinskörnung und Brechsand
- Brechsand wird zusammen mit Kalkstein als Rohstoff für Zementklinker eingesetzt. Prozess  $\text{CO}_2$  wird aufgefangen
- Integrierte Sequestrierung von  $\text{CO}_2$  in grober Gesteinskörnung durch Karbonatisierung
- Kreislaufbeton aus recyceltem Zementklinker und karbonatisierter Gesteinskörnung

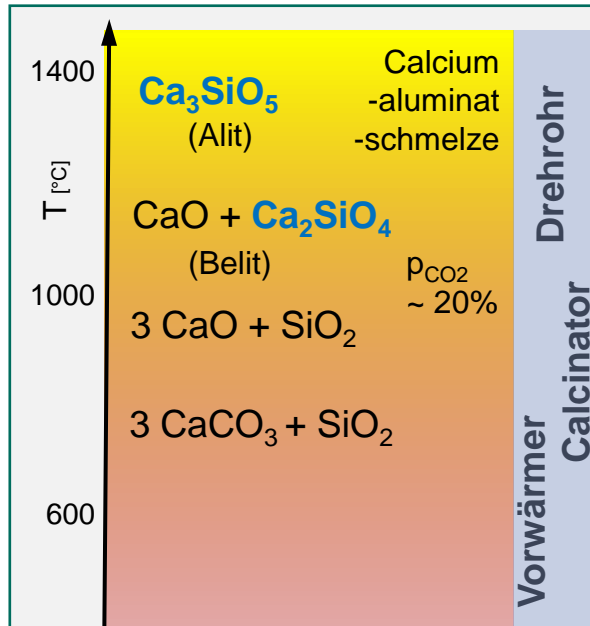
Die  $\text{CO}_2$ -Kapazität der Gesteinskörnung reicht nur für **Prozessemissionen**. Für  $\text{CO}_2$  Neutralität ist daher eine **Elektrifizierung** des Drehrohrs und die Klinkerherstellung bei **niedriger Temperatur** notwendig

→ **Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Klinkerherstellung**



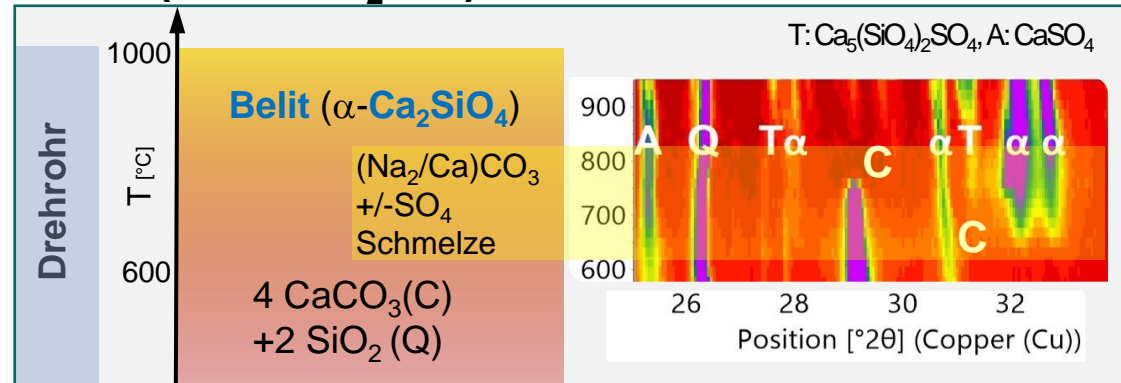
# Tieftemperatur - Belit Klinker Prozess

## OPC Klinker



## LT-Belit Klinker

- Zugabe ca. 2% Flussmittel, z.B.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- $\text{p}_{\text{CO}_2} \sim 100\%$
- Geringfügig reduzierter CaO Gehalt ( $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 2$ )



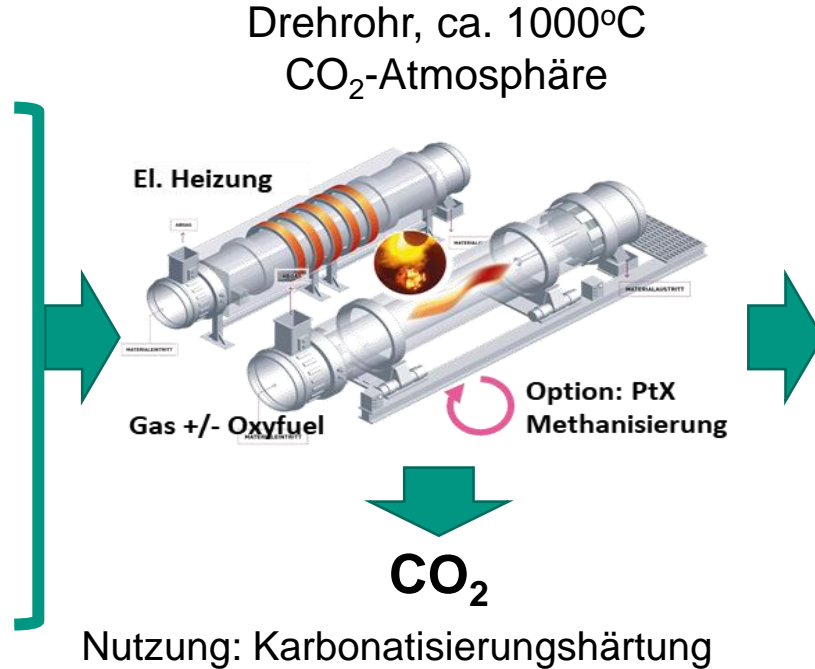
H. Hunsinger et al. (2016) EP 2 880 000 B1

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 CO<sub>2</sub>-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: CO<sub>2</sub>-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 - CO<sub>2</sub>-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

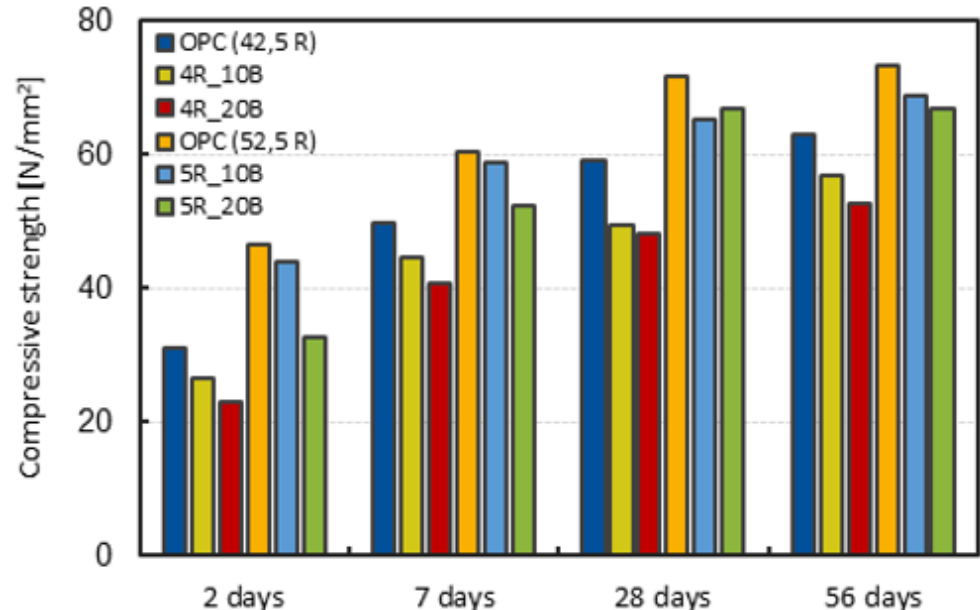
# URBAN: Erste Ergebnisse

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.<sup>(1)</sup>, Gerlach, J.<sup>(3)</sup>, Schumacher, K.<sup>(3)</sup>, Schack, T.<sup>(1)</sup>, Schweike, U.<sup>(2)</sup>, Beuchle, U.<sup>(2)</sup>, Stapf, D.<sup>(2)</sup>, Stemmermann, P.<sup>(2)</sup> and Haist, M.<sup>(1)</sup>

Compressive strength of mortars (w/b = 0.50; paste content = 440 l/m<sup>3</sup>) 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



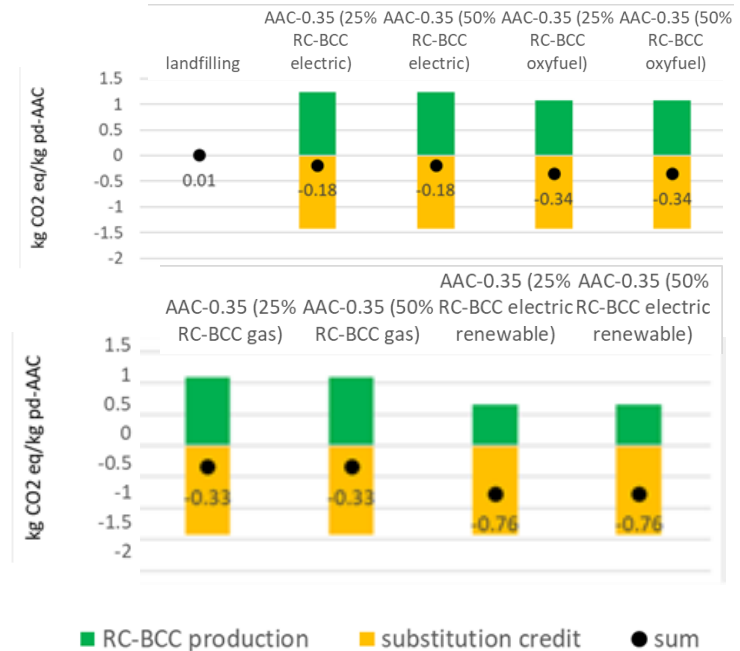


# Betrachtung von Nachhaltigkeitsindikatoren und Wirtschaftlichkeit: Bewertung R-Zement aus pd-AAC

## Energie / CO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> fuel + process emissions	kg/t	369	502	540
c(CO <sub>2</sub> )	%	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**
  - Elektrisch beheizter Drehrohrofen *(Helmholtz-Antrag)*
  - Wärmerückgewinnung aus CO<sub>2</sub>
  - Trocknung / Abscheidung von Wasserdampf
- **CO<sub>2</sub>**
  - Dezentrale Speicherung / Nutzung *(mehrere Vorh. mit WW KIT)*
  - 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.**

