



www.kit.edu

Verbundprojekt NAPOS

Gliederung:

- Problemstellung
- Motivation
- Struktur des Verbundes
- Ansatz des Verbundprojekts/ Umsetzung und Zusammenarbeit
- Ergebnisse
- Fazit
- Ausblick

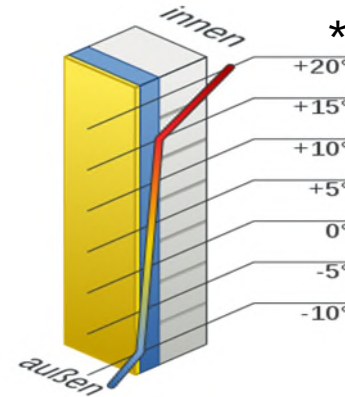
Problemstellung



- Im Lebenszyklus eines Gebäudes entfällt der größte Energieverbrauch auf die Nutzungsphase.
- Für Raumwärme in Gebäuden wurden in Deutschland im Jahr 2015 ca. 27 % des gesamten Endenergieverbrauchs aufgewendet. Weitere knapp 7 % entfielen auf die Bereiche Warmwasser und Raumkühlung. (Umweltbundesamt 06.2017)

Motivation

- **Wärmdammverbundsysteme**
- **Porenbeton**



Porenbeton ist ein leichter, hochporöser, mineralischer Baustoff auf der Grundlage von Quarzsand, Kalk-, Kalkzement- oder Zementmörtel, der durch Blähen porosiert und grundsätzlich einer Dampfhärtung unterzogen wird (Wikipedia 2015).

- Vorteile Porenbeton:**
- Diffusionsoffen
 - Brandklasse A1
 - Leichter zu rezyklieren

Motivation

Stand der Technik:

Vorteile:

- Hoch wärmedämmend ($\lambda_{design} = 0,07 \text{ W/(mK)}$)
- Monolithisch

Nachteile

- Keine Druckfestigkeitsklasse P2
 - Nicht für Erdbebengebiete geeignet
- Zulassungsprodukt/ kein Normprodukt



Gesucht monolithischer mineralischer Dämmstein.

- Druckfestigkeitsklasse P2 ($\lambda_{design} \leq 0,07 \text{ W/(mK)}$)
- Bei sonst identischen Eigenschaften

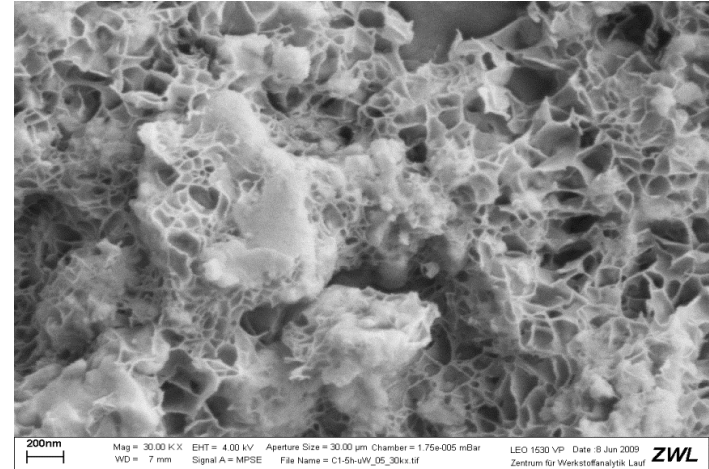
Struktur des Verbundes



■ Baustoffforschung	■ Hydraulisches Bindemittel	■ Porenbeton , Kalksandstein
■ Großforschung	■ Celitement	■ Hebel, Ytong
■ Laborproduktion 30μL bis 3L	■ Pilotanlage	■ Eigenes Forschungszentrum
■ Standard- und Spezialanalytik		■ Technikum ■ Autoklaven, Formen, Rohstoff- und Produktbewertung
■ Grundlagen bis zum Technologietransfer	■ Kooperationsmodell Industrie - Forschung	■ Innovation, ■ Nachhaltigkeit

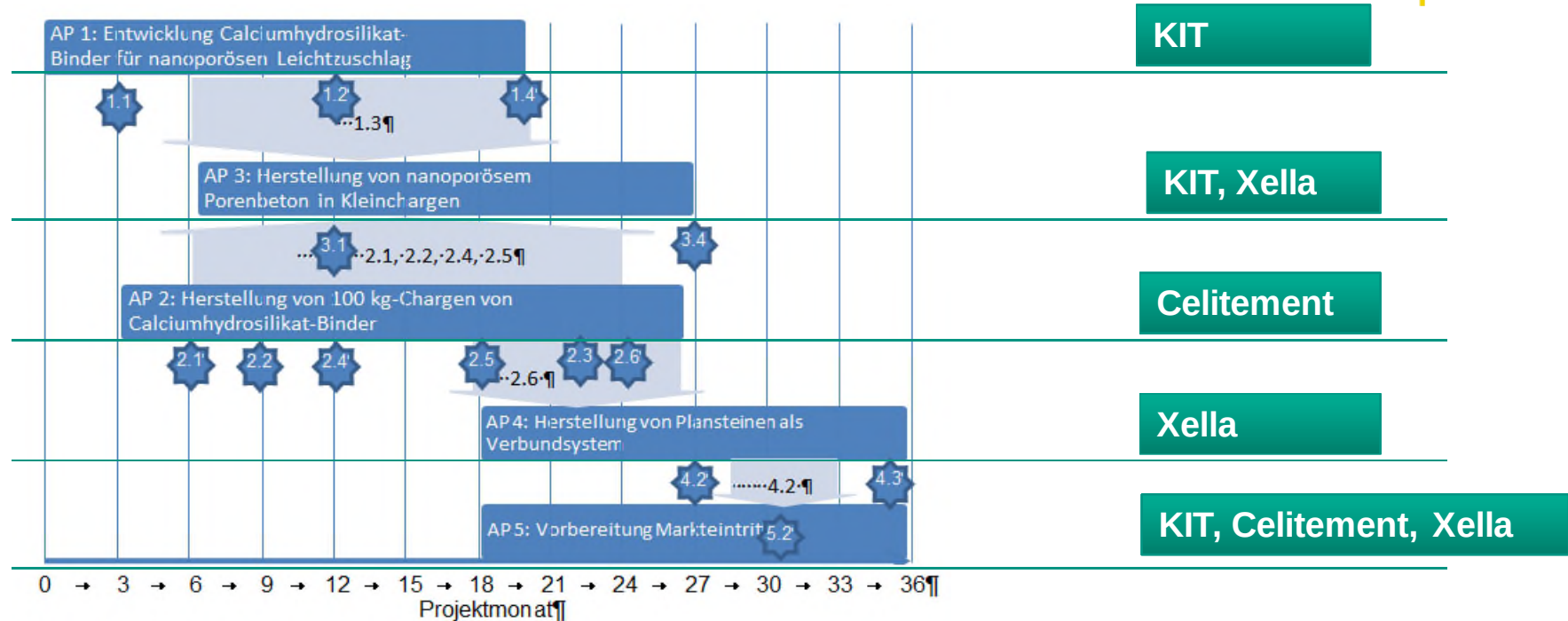
Ansatz des Verbundprojektes

- Ein nanoporöser Leichtzuschlag führt zu Absenkung der Wärmeleitfähigkeit des Gases
- Herstellung von neuem Porenbeton aus Leichtzuschlag und optimierten Stegmaterial mit abschließender Dampfhärtung
- Dieser Zuschlag soll perfekt mit dem Porenbeton harmonisieren
- Isochemische Zusammensetzung



*Aus Calcium-Hydro-Silikat-haltigem Zement **Celitement** können durch Hydratation reine CSH-Körper mit Poren im Nanometer-Bereich hergestellt werden.*

Umsetzung und Zusammenarbeit

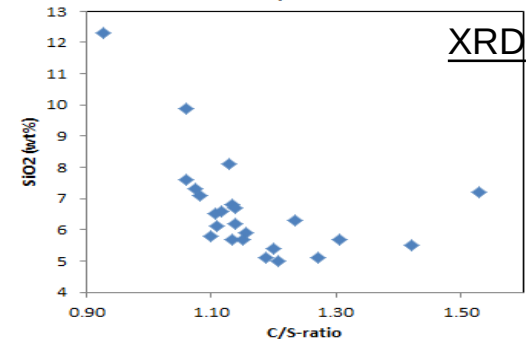
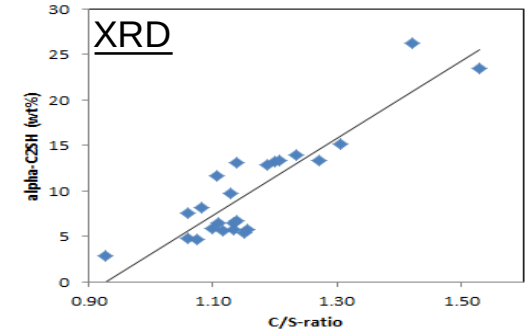
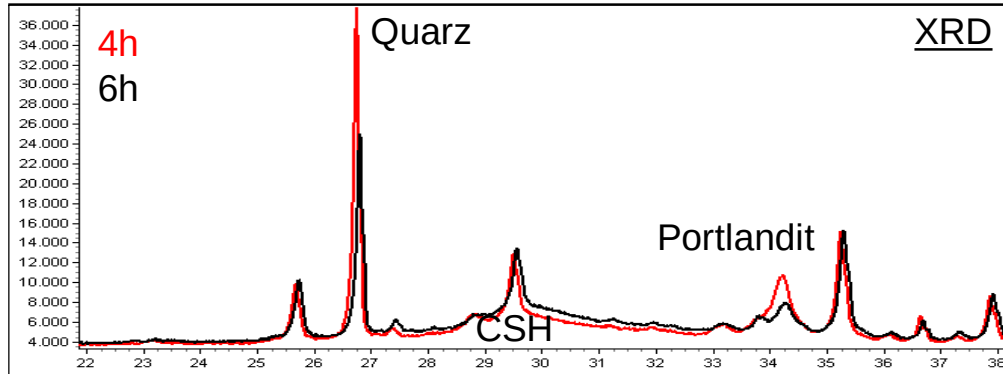


Ergebnisse

Untersuchungen zur Identifizierung geeigneter hCHS- Binder

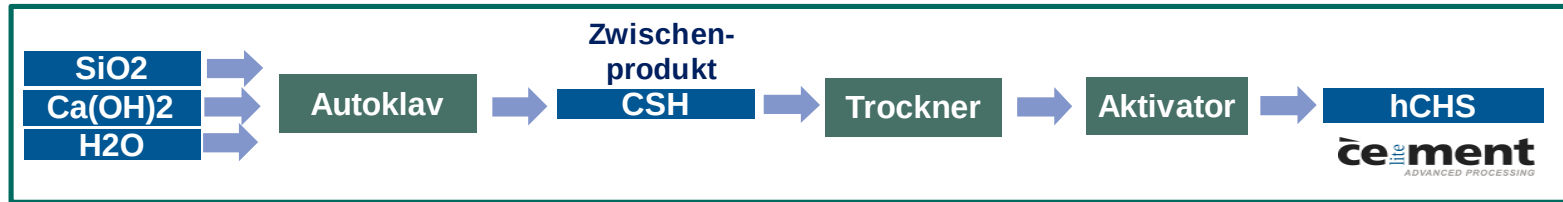
Es wurden:

- grundlegende Informationen zu Struktur und Bildungskinetik dieser neuen Materialien erarbeitet.
- drei Rezepturen für geeignete hCHS- Binder entwickelt



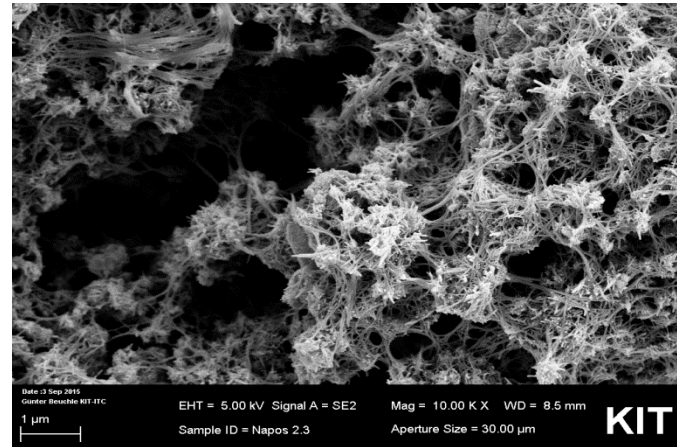
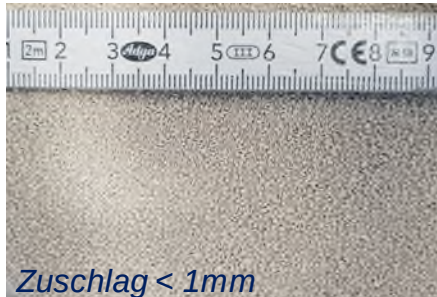
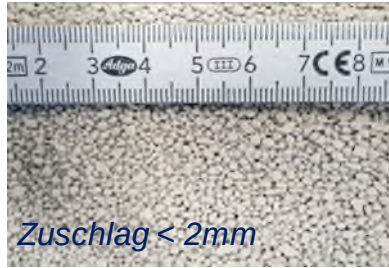
Ergebnisse

Herstellen von hCHS- Binder im Labor/ Technikumsmaßstab

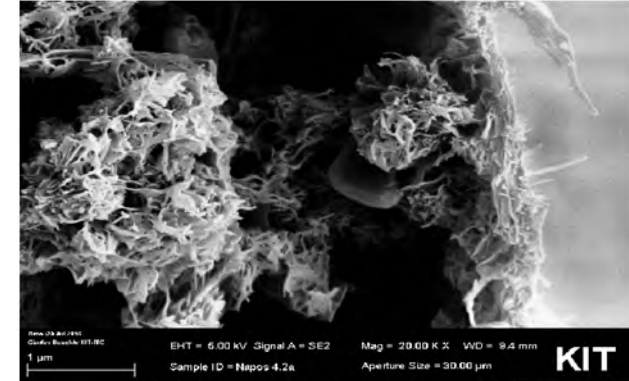


Ergebnisse

Herstellung und Optimierung von nanoporösem Zuschlag



Elektronenmikroskopie Zuschlagskorn



Ergebnisse

Optimiert wurden u.a.

- Mineralogische Phasenzusammensetzung im Bezug auf hygrische und mechanische Eigenschaften.
- Korngröße/ Kornverteilung des NAPOS- Zuschlags
- Wasser/ Feststoffverhältnis der Porenbetonmischung
 - Unter Zuhilfenahme von bauchemischen Additiven zur Vermeidung der Sedimentation.
- Bindemittelgehalt
- Der Anteil von NAPOS- Filler (maximiert)

Ergebnisse

Herstellung und Optimierung von nanoporösem Zuschlag



Porenbeton mit NAPOS- Granalien



deutliche Sedimentation

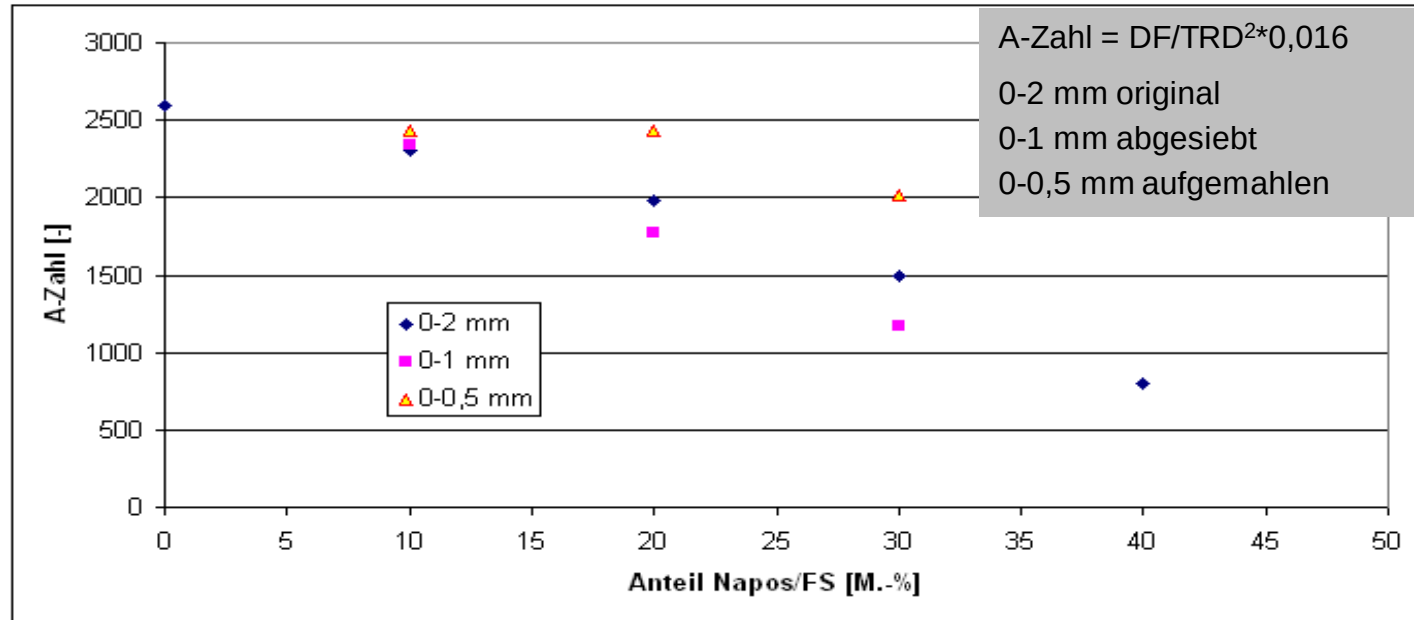


Ergebnisse:

Einfluss NAPOS-Partikelgröße, 10 - 40 M.-% Einsatzmenge

Festigkeits-zu-Dichte-Verhältnis = A-Zahl,

Sie stellt einen Qualitätsvergleichsmaßstab für *Porenbetonprodukte* unterschiedlicher Dichte dar.



Fazit

- Die Arbeitspunkte 1 bis 4 konnten im Projektzeitraum bearbeitet und abgeschlossen werden.
- Es gelang einen, Calciumhydrosilikatbinder für nanoporöse Leitzuschläge zu identifizieren.
- Die technischen Voraussetzungen, sowohl für das Herstellen von Kleinchargen als auch von Chargen im Technikums- Maßstab bis 100kg konnten geschaffen, entsprechende Mengen an Binder produziert werden.
- Das Herstellen von, für den Herstellungsprozess von Porenbeton, optimiertem Granulat aus Calciumhydrosilikatbindern konnte nachgewiesen werden.
 - Bis zu 40 Gew.-% des Granulats lassen sich homogen in den Porenbetonbrei einmischen.
 - Die angestrebte Wärmedämmung im Stein von konnte nicht ganz erreicht werden

Fazit

- Die angestrebte Druckfestigkeit wurde erreicht.
- Die notwendige Anlagentechnologie zur Produktion der entsprechenden Plansteine ist in Porenbetonwerken weitestgehend vorhanden.
- In fast allen Porenbetontechnologien umsetzbar.



Fazit der Technik-Folgenabschätzung

- Technologie entsprechend Machbarkeitsanalysen umsetzbar!
- Hohes Potential 1,9 mio m³ Porenbeton pro Jahr werden in Deutschland alleine für Außenwände verbaut.
- Gering erhöhte Herstellungskosten (ca. 5%) bezogen auf Porenbeton
- Das mittelfristig anzustrebende Ziel muss es sein bis zu 80 Massen-% Leichtzuschläge homogen, ohne Entmischungseffekte bei gleichzeitig guter Verarbeitbarkeit einzubinden.
In diesem Bereich steckt das eigentliche Potential von NAPOS für eine weiter erhöhte Wärmedämmung bei gleichzeitig hoher Druckfestigkeit.

Ausblick

Was ist zu tun!

- Reduzierung der Granalienrohddichte
 - Weitere Verringerung der Wärmeleitfähigkeit
- Optimierung der hygrischen Eigenschaften der Granalien
 - Möglichst geringer Feuchtezuschlag bei der Wärmeleitfähigkeit im Gesamtsystem (5% oder besser)
- Optimieren des Schwindmaßes der Granalien
- Bau einer Celitement- Produktionsanlage



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Demonstrator zu Messzwecken