



# GECCO<sub>2</sub>

Christian Doppler Laboratory

06.12.2024

## GECCO<sub>2</sub>: Ein neues Christian-Doppler-Labor für umweltfreundliche reststoffbasierte Baumaterialien

Florian R. Steindl, Bettina Ratz, Stefanie Radinger, Iris Zögl, Amr Hassan, Sara Raič, Ognjen Rudic, Klaus Doschek-Held, Philipp Sedlazeck, Florian Mittermayr, Cyrill Vallazza-Grengg

- Vortragende: Dr. Florian R. Steindl; Bettina Ratz, MSc.



Institute of Applied Geosciences  
Graz University of Technology  
Rechbauerstraße 12, 8010 Graz

Förderung:



 Bundesministerium  
Arbeit und Wirtschaft



Lehrstuhl für Abfallverwertungs-  
technik und Abfallwirtschaft  
Montanuniversität Leoben  
Franz Josef-Straße 18, 8700 Leoben

Partner:



voestalpine  
ONE STEP AHEAD.

brantner  
green solutions



charline

ZIEGEL

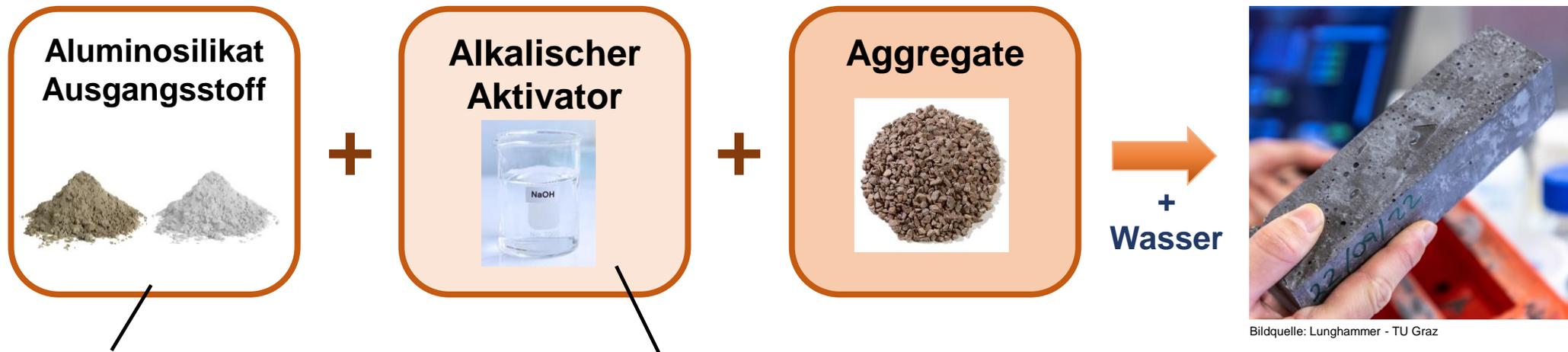


universität  
innsbruck



# Geopolymere...

- ... sind anorganische Bindemittel → amorphes Aluminosilikat-Gel als bindende Phase
- ... sind alternative Baustoffe
- ... sind eine Untergruppe der alkalisch aktivierten Materialien (=AAM)



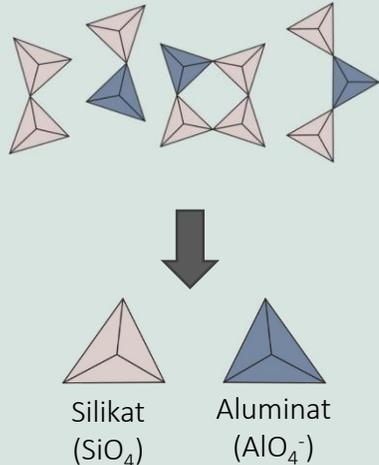
- Kalzinierte Tone – Metakaolin
- Flugasche
- Hochofenschlacke - Hüttensand
- Mineralische Reststoffe, Sekundärrohstoffe

- Wasserglas ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  /  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ )
- NaOH / KOH

# Geopolymerreaktion

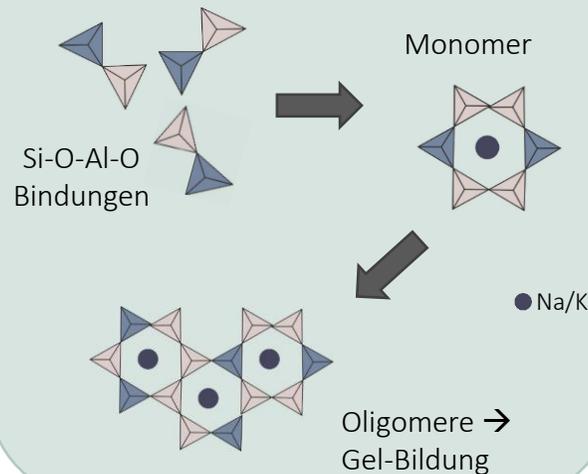
## 1. Schritt

**Auflösung des  
Aluminosilikat-  
Ausgangsstoffes im  
alkalischen Medium**



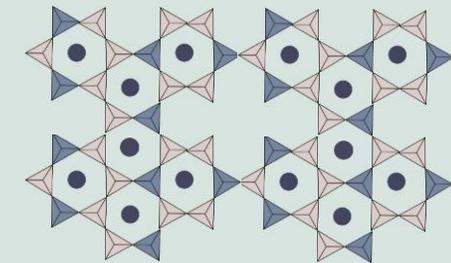
## 2. Schritt

**Bildung von  
Al-Si-Monomeren und  
Oligomeren**



## 3. Schritt

**Polykondensation zu  
einem 3D-Netzwerk  
und Aushärtung**



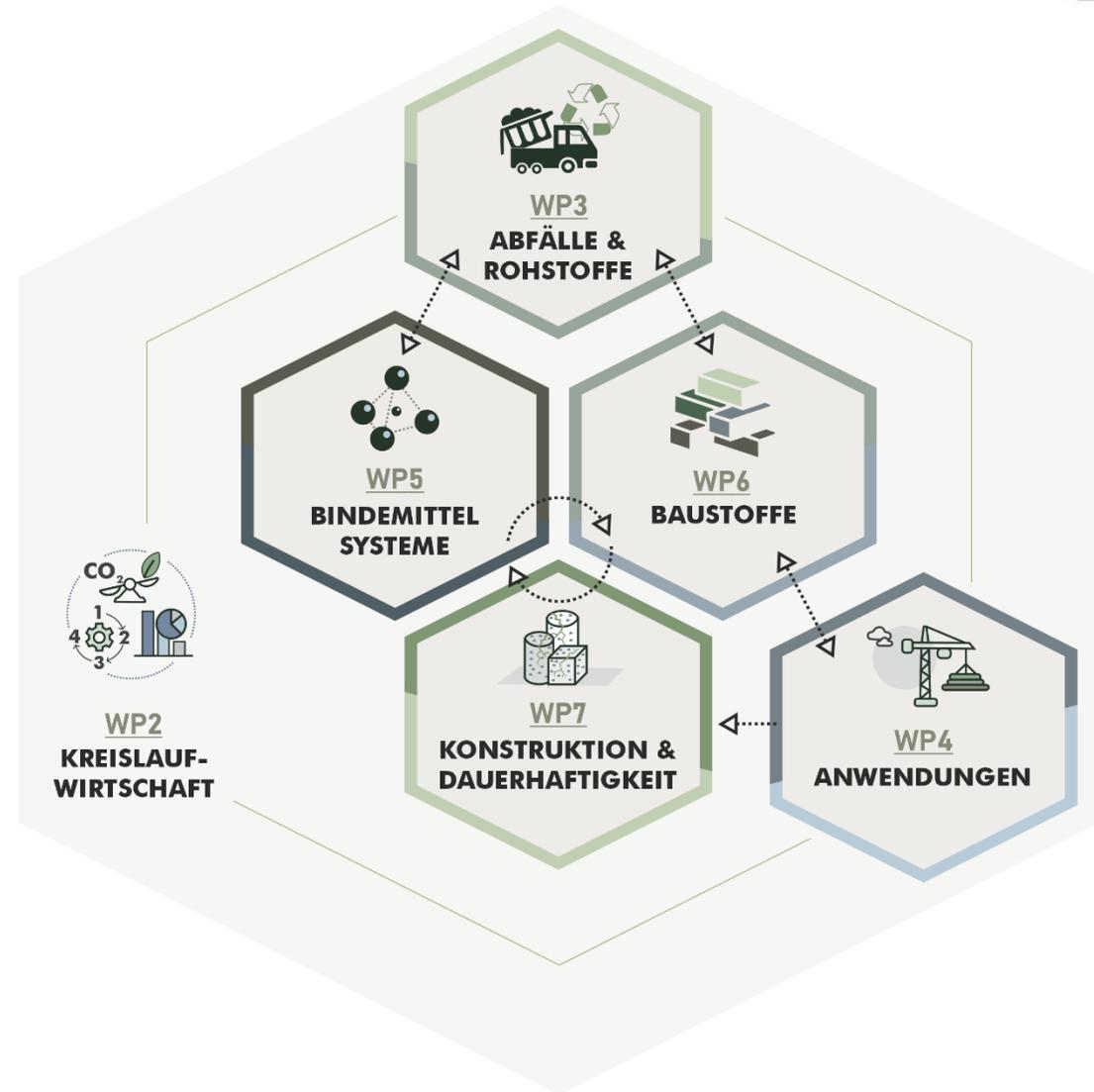
||

**Alkalisches-aktiviertes  
Geopolymer/AAM**

**Anforderungen an Rest-/Sekundärrohstoffe:** Ausreichende Mengen an Si und Al in reaktiven Mineralphasen

# CD-Labor GECCO<sub>2</sub>

- Materialbereitstellung und –charakterisierung
- Entwicklung der AAM-Bindemittel Leim → Mörtel → Beton
- Einsatzszenarien und Konstruktion
- Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeitsbewertung
- Grundlagenforschung, Verständnis für chemische/mineralogische Prozesse



# Auswahl von Materialien

## Auswahlkriterien:

- Große Stoffmengen
- Potentiell kontinuierliches Aufkommen
- Geeignete Zusammensetzung
- Homogenität/Heterogenität

→ Mineralische Reststoffe sind der größte Abfallstrom in Österreich

## • Gesamtaufkommen in Österreich



# Materialien und Analysemethoden

## Materialien:



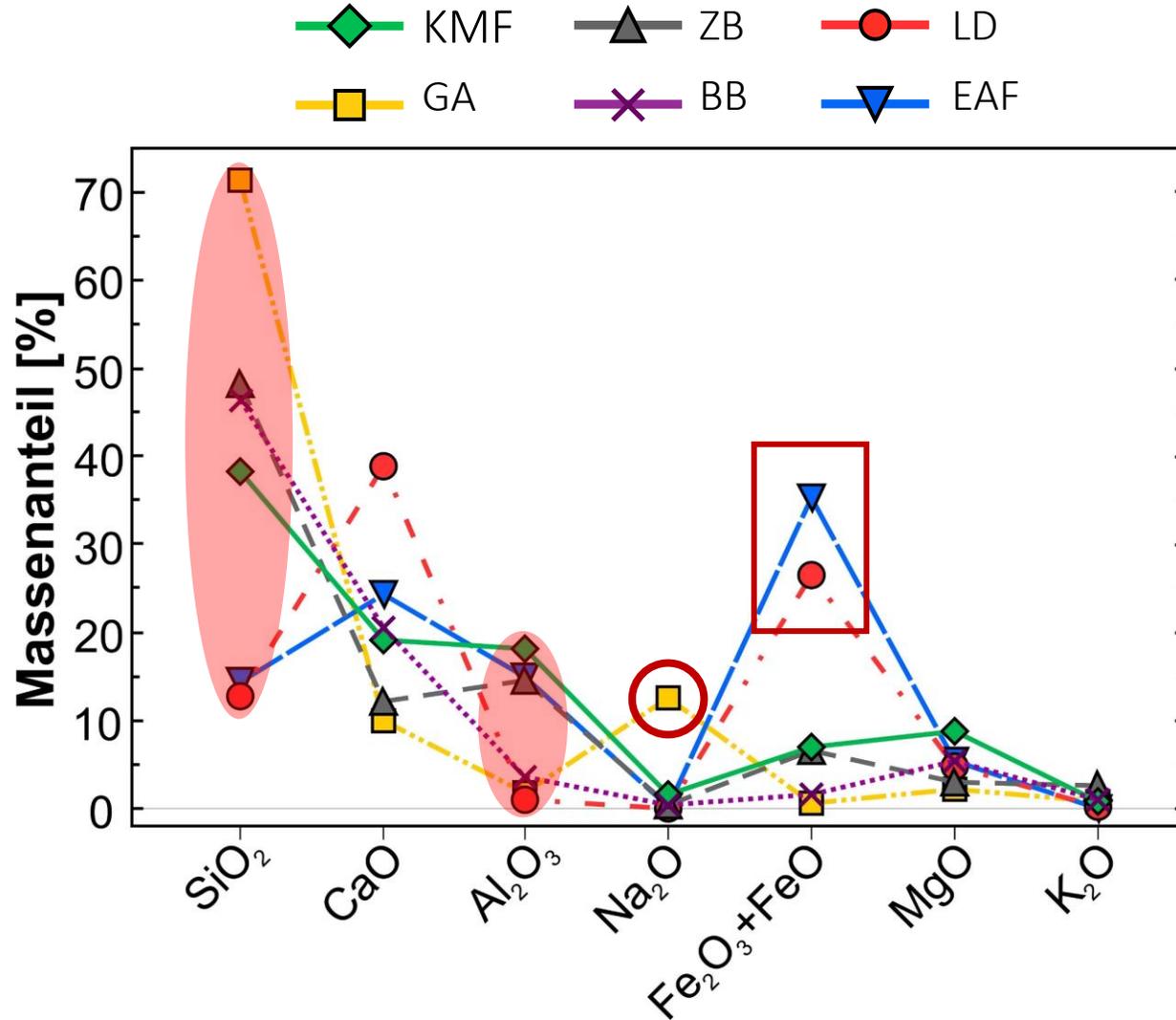
- Mineralwolle (KMF)
- Glasabfall (GA)
- Ziegelbruch (ZB)
- Betonbruch (BB)
- LD-Schlacke
- EAF-Schlacke

## Grundlegende Charakterisierung

- Chemisch: RFA → chemische Zusammensetzung
- Mineralogisch: RDA → Qualitative and quantitative Phasenanalyse mittels Rietveld-Verfeinerung
  - Amorpher Anteil und reaktive kristalline Phase →  $\text{Sum}_{\text{RP}}$

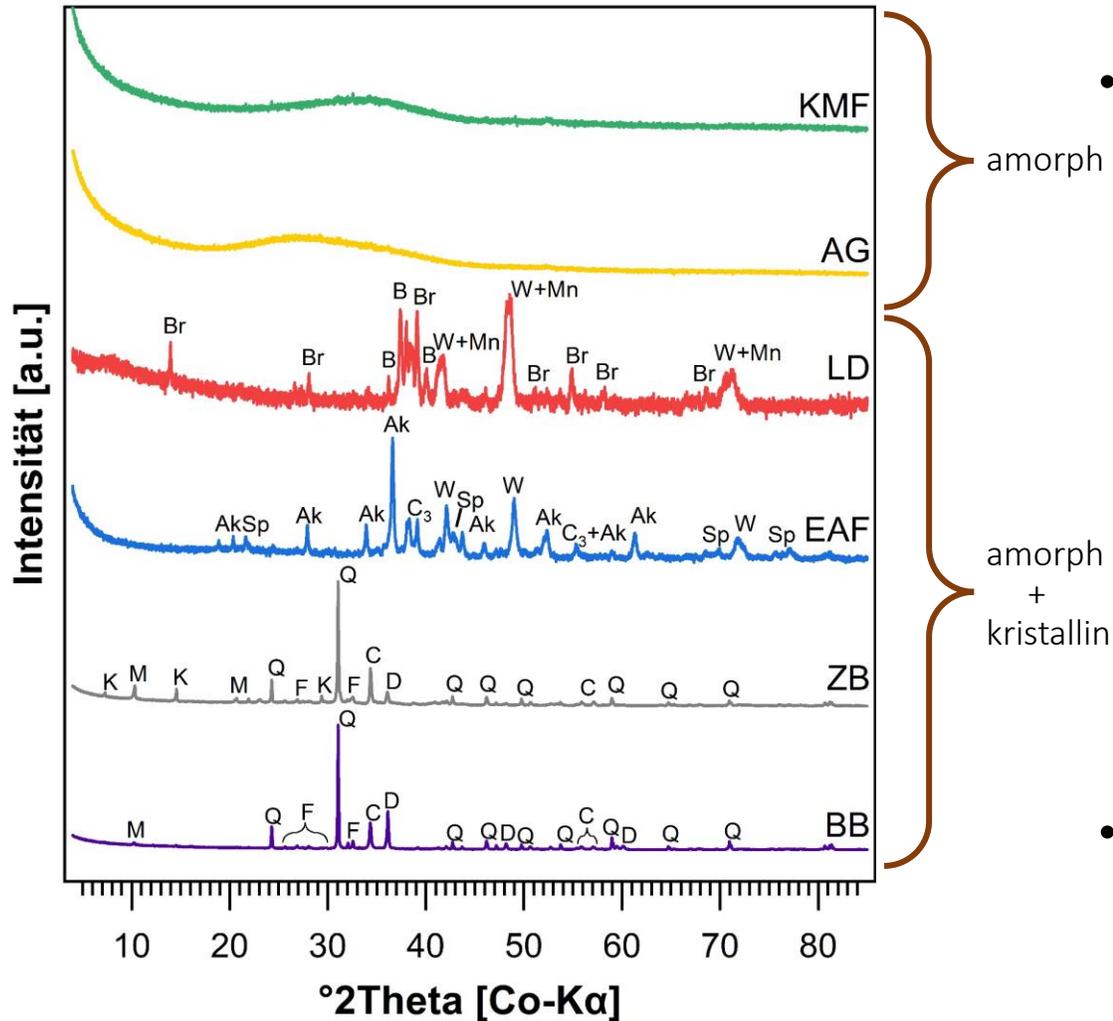
→ Materialdatenbank und Klassifizierung

# Chemische Zusammensetzung



- Unterschiedliche Chemie
- Rest-/Sekundärrohstoffe eher Si-reich als Al-reich
- Höherer Na<sub>2</sub>O-Anteil in GA
- Metallurgische Schlacken höheren Fe-Anteil

# Mineralogische Zusammensetzung



- Amorph vs. kristallin

RSSR-Typ	Kristallin	Amorph	Sum <sub>RP</sub>
	M-%		
KMF	0,9	99,1	99,1
AG	0,4	99,6	99,6
LD	83,2	16,8	72,0
EAF	70,1	29,9	39,9
ZB	71,7	28,3	28,3
BB	83,8	16,2	16,3

- Sum<sub>RP</sub> gibt erste Indikation auf Reaktivität im alkalisch aktivierten System

→ in Folge reaktiver elementarer Anteil bestimmbar

# Voraussetzungen Bindemittelentwicklung



## Rechtliche Rahmenbedingungen

- Wie kommt man vom Abfall zum Produkt?

→ Für Abfallende Regulierungen/ Normen/Standards erforderlich!

# Baustoffentwicklung



Binäre Bindemittel  
K + R1

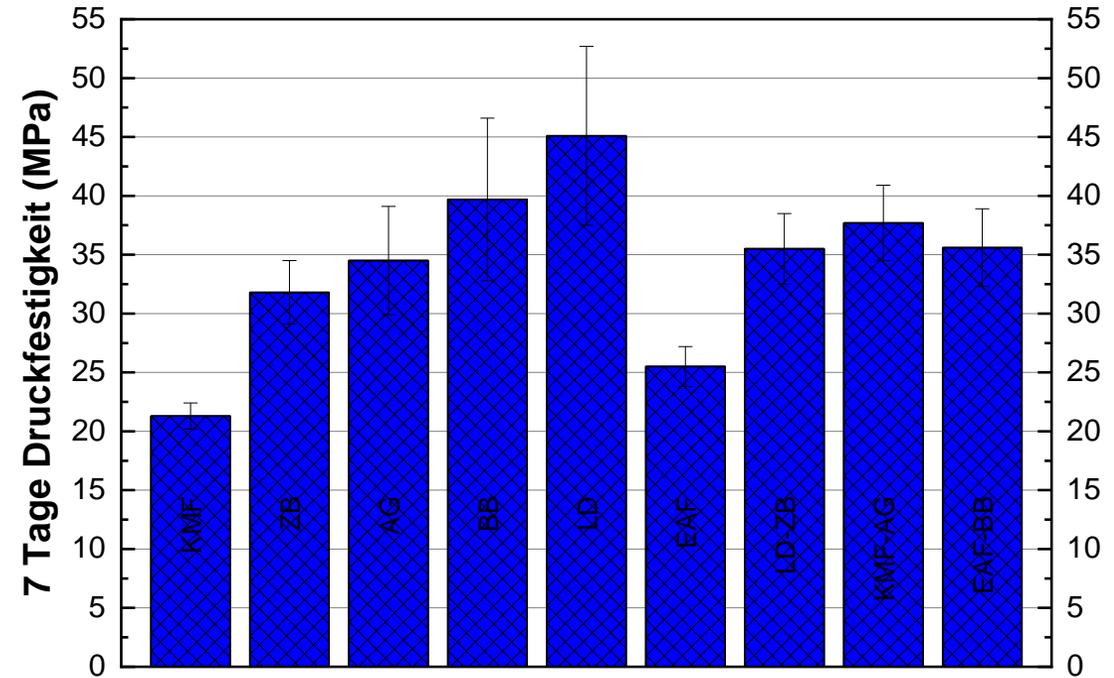


Ternäre  
Bindemittel  
K + R1 + R2

Zunahme des  
Abfallanteil

RS-Typ	Meta- kaolin	RS	RS- Gehalt	Si/Al
	M-%			
KMF	8	46	59	2,3
ZB	23	31	40	2,3
AG	35	18	23	2,3
BB	31	22	29	2,3
LD	24	31	39	2,3
EAF	8	48	60	1,9
LD+ZB	24	31	39	2,3
KMF+GA	19	35	45	2,5
EAF+BB	18	38	47	2,3

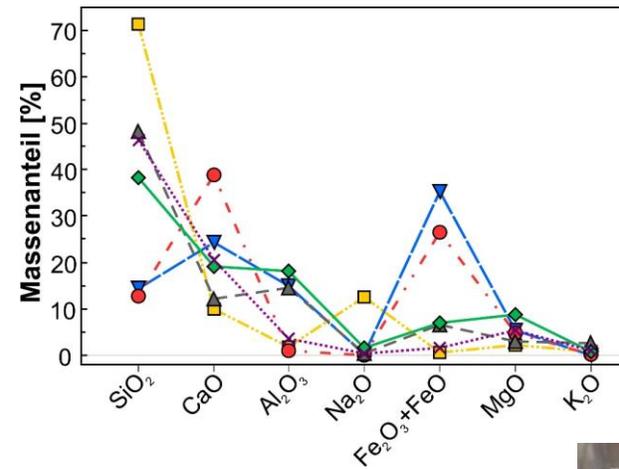
# Ergebnisse



- Hohe Druckfestigkeiten
- Kombination von Rest-/Sekundärrohstoffen  
 → optimierte Materialnutzung und Festigkeit

# Zusammenfassung

- Chemische + mineralogische Analyse  
→ Einschätzung der Eignung für AAM-Produktion
- Upcycling zu CO<sub>2</sub>+energieeffizienten Baustoffen
- Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen und Upscaling



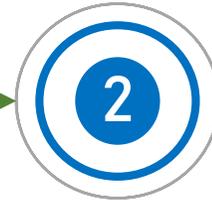
→ Wichtige Parameter:

- Reaktionskinetik
- Mikrostruktur, Porosität
- Phasenzusammensetzung

# Baustoffentwicklung - Upscaling



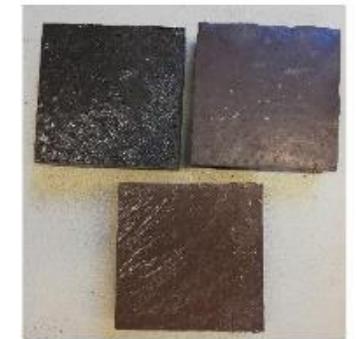
**Binäre Bindemittel**  
K + R1



**Ternäre Bindemittel**  
K + R1 + R2  
Zunahme des  
Abfallanteil



**Mörtel**  
Up-Scaling



**Beton**  
Up-Scaling

# Ausblick



- Erste Anwendungen, Prototypen

**Anwendungs-  
spezifische  
Baustoff-  
entwicklungen**

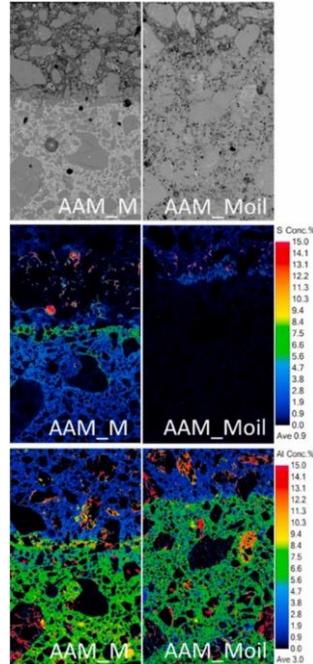
**Vorgefertigte  
Beton-  
erzeugnisse**

**Anwendungen  
im  
Spezialtiefbau**

**Verbund-  
baustoffe &  
Saniermörtel**

**Feuerfest  
Produkte**

# Ausblick



- Dauerhaftigkeitsuntersuchungen
- Nachhaltigkeitsbewertungen, LCA

- Andere Wege zur Inwertsetzung

# Schlussfolgerung CD-Labor GECCO<sub>2</sub>

- Umfangreiche Materialdatenbank  
Übersicht und Charakterisierung relevanter Stoffströme
- Baustoffentwicklung: Bindemittel, Mörtel, Betone
- Umfangreiche Charakterisierung der resultierenden AAM
- Notwendige gesetzliche Rahmenbedingungen identifiziert



→ Rest/-Sekundärrohstoff-basierte AAMs



Fördergeber: Christian Doppler Forschungsgesellschaft, Bundesministerium Arbeit und Wirtschaft

Partner: voestalpine ONE STEP AHEAD, brantner green solutions, MARIENHÜTTE, charline, ZIEGEL, STEINE KERAMIK, KIRCHDORFER CONCRETE SOLUTIONS, GSA, MM

GECCO<sub>2</sub>

GECCO<sub>2</sub>  
TEAM

Förderung:



Bundesministerium Arbeit und Wirtschaft



Bildquelle: Lunghammer - TU Graz

Partner:

