

CO₂-Minderung bei der Zementherstellung

CO₂-optimierte Klinker – Forschung für die Zukunft

Helmut Flachberger, Wolfram Waldl

Montanuniversität Leoben

CO₂-optimierte Klinker – Forschung für die Zukunft

Wolfram Waldl, Helmut Flachberger
Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung

Montanuniversität Leoben

VÖZ-Kolloquium 2024

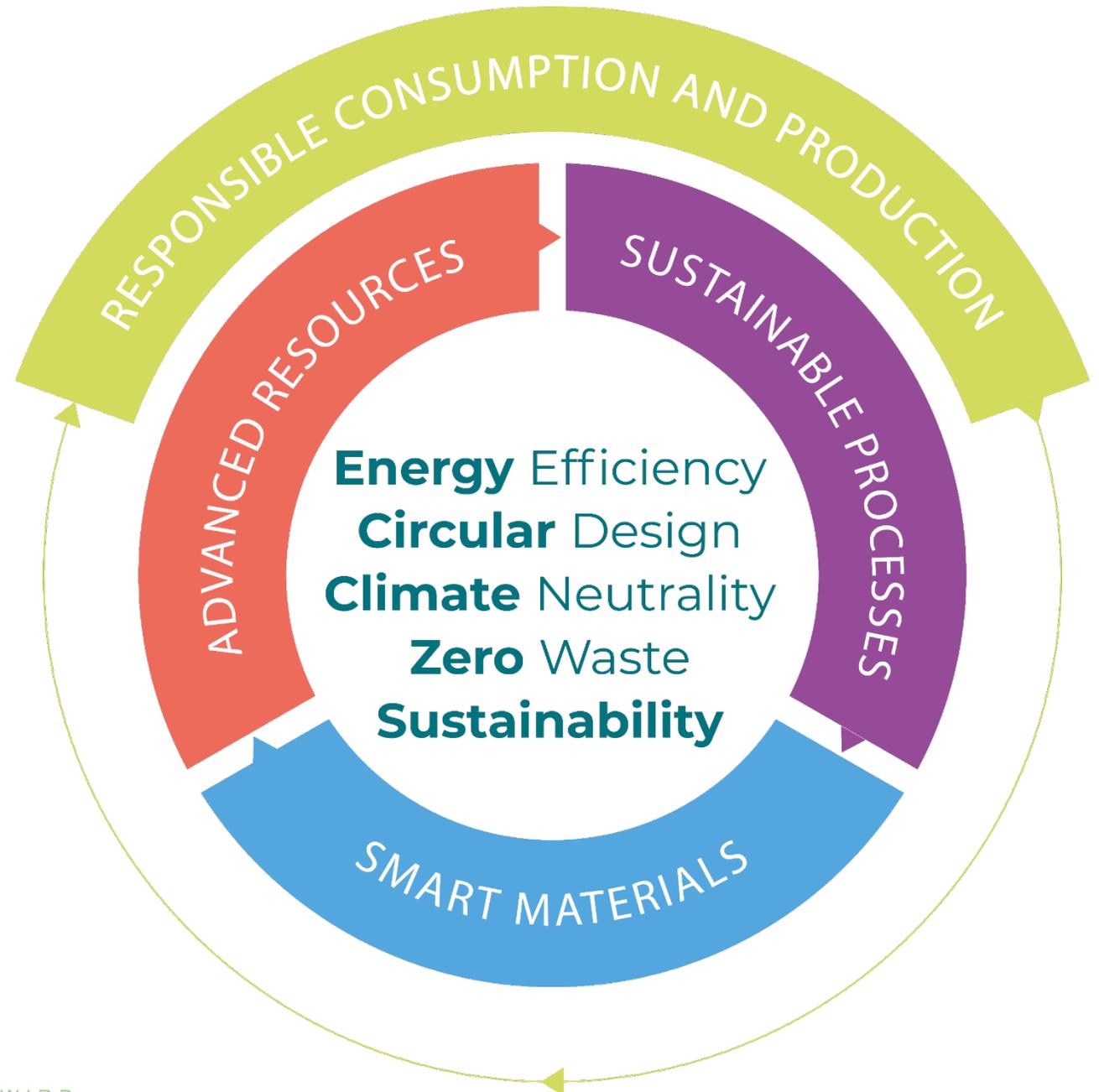
Wien, 04.11.2024



MU Leoben DNA 2030

Die Montanuniversität Leoben steht für exzellente Wissenschaft, hervorragende Ausbildung und Spitzenleistungen in den drei Kompetenzbereichen Advanced Resources, Sustainable Processes und Smart Materials. Diese sind in der Philosophie von Responsible Consumption and Production eingebettet.

Fünf Kernwerte – unsere „DNA“ – bestimmen dabei unser gesamtes Handeln: Energy Efficiency, Circular Design, Climate Neutrality, Zero Waste und Sustainability.



Hauptaktivitäten des Lehrstuhls für Aufbereitung und Veredlung in Forschung & Entwicklung

- Charakterisierung von prim. Rohstoffen und sek. Reststoffen
 - Prüfung auf Aufbereitbarkeit
- Entwicklung und Optimierung von Prozessen und Verfahren für verschiedene Roh- und Reststoffe
- (Trockene) Verarbeitung von fein- und feinstdispersen Partikelkollekt.
- Forschung für eine produkt- und energieoptimierte Zerkleinerung
- Digitalisierung in der Aufbereitungstechnik
 - Autonomes Zerkleinern
 - Intelligente Sensorik für die Maschinenüberwachung
- Aufbereitung anthropogener Lagerstätten
- Neue Ansätze bei der Wirbelstrom- und Magnetscheidung
- Grenzflächengesteuerte Aufbereitungsprozesse
- Probenahme und Homogenisierung von Schüttgütern
- Entwicklung funktioneller Rohstoffprodukte

FFG Collective Research-Projekt “VÖZ – AuV”

- Intensiver, lebendiger wissenschaftlicher Austausch zwischen AuV und der österreichischen Zementindustrie
 - 19 Masterarbeiten, 9 Dissertationen
- Überdurchschnittlich viele AuV-Absolvent*innen arbeiten in der österreichischen Zementindustrie
 - MSc-Studium „Rohstoffverarbeitung“
 - ULG Rohstoffaufbereitung
- FFG Collective Research-Projekt
 - Erste Gespräche beim VÖZ-Kolloquium 2022
 - Start 1. Forschungsjahr: 01.10.2023
 - Ende 1. Forschungsjahr: 31.01.2024

Unser gemeinsames Projekt ...

- ... verfolgt folgende gemeinsame Ziele
- Suche und Untersuchung nach alternativen Rohstoffen
- Herstellung normgerechter Zemente
- Einsatz der neuen Rohstoffzusammensetzung auf branchenüblichen Anlagen, um einen Nutzen für die gesamte Branche zu gewährleisten
- Erhebung von sich ändernden Prozessbedingungen
- Überarbeitung der bestehenden Normen, Standards, Berechnungsvorschriften, technischen Richtlinien und Qualitätsanforderungen
- Erfassung der Auswirkungen auf den Lebenszyklus aller innovativen Klinkerlösungen
- Darstellung der Ergebnisse zum Klimaschutz durch eine ökologische Bilanzierung

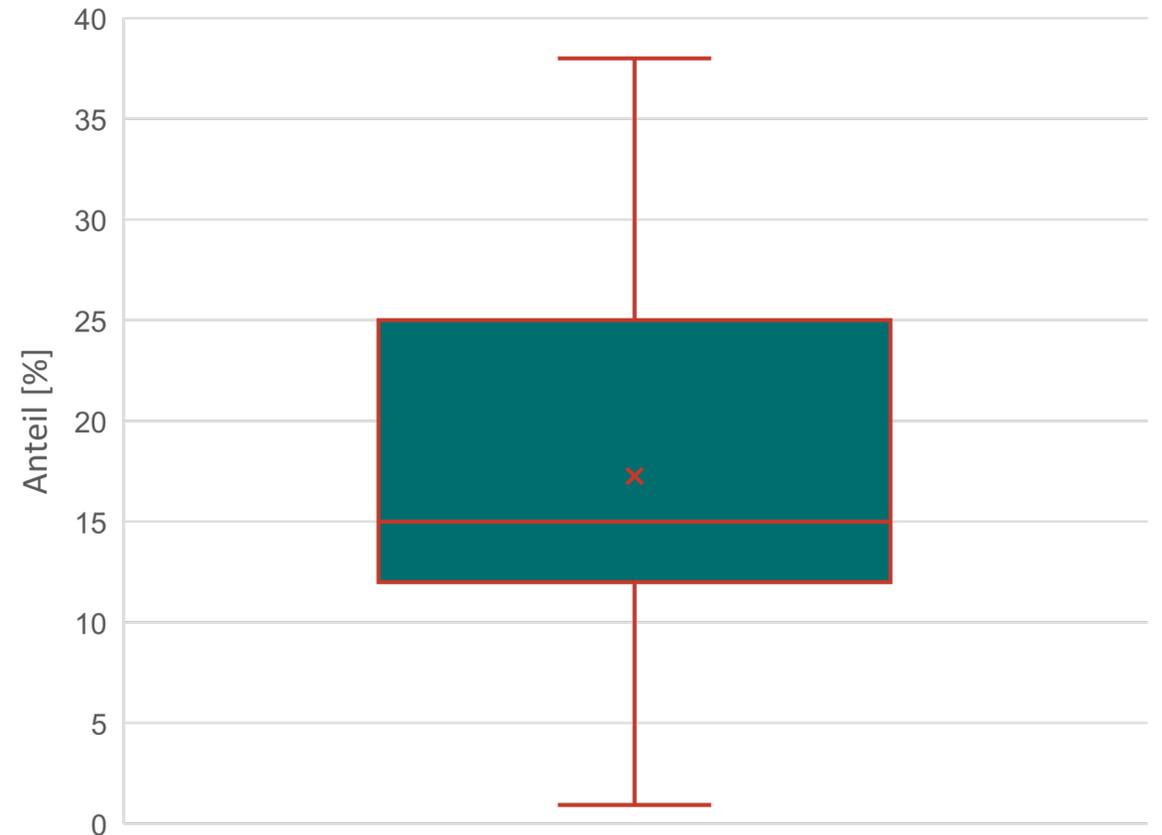
Zeitplan

Arbeitspakete (AP)	Q4/2023	Q1/2024	Q2/2024	Q3/2024	Q4/2024	Q1/2025	Q2/2025	Q3/2025	Q4/2025	Q1/2026	Q2/2026	Q3/2026	Q4/2026	Q1/2027	Q2/2027	Q3/2027
AP 1: Projektmanagement	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
AP 2: Erhebung des Standes des Wissens	■	■	■	■												
AP 3: Erfassung möglicher Einsatzrohstoffe		■	■	■	■	■	■									
AP 4: Labor-Untersuchungen hinsichtlich Tauglichkeit in der Klinkerproduktion			■	■	■	■	■	■								
AP 5: Pilot-Versuche zur technischen Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung							■	■	■	■	■	■				
AP 6: Versuche im Industriemaßstab								■	■	■	■	■	■			
AP 7: Herstellung neue Zemente und Untersuchungen								■	■	■	■	■	■			
AP 8: Betontechnologische Untersuchungen und Dauerhaftigkeit								■	■	■	■	■	■	■	■	■
AP 9: Ökologische Bilanzierung - CO2-Reduktion													■	■	■	■
AP 10: Berichtslegung und Dissemination	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Erhebungsbogen

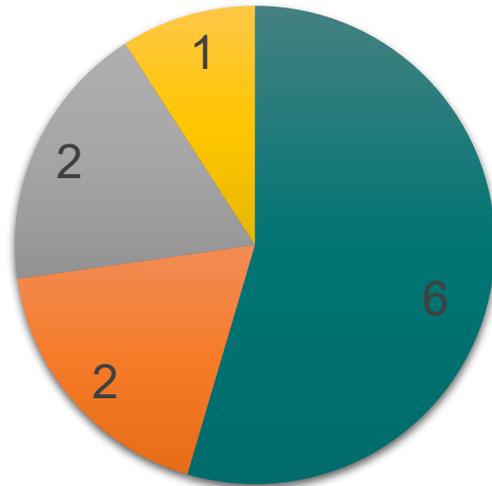
- Ermittlung des Standes der Technik
 - Verfahrenstechnische Charakterisierung
 - Derzeit eingesetzte Ersatzrohstoffe
 - Zukünftiger Einsatz von Ersatzrohstoffen

Substitutionsrate Rohmehlproduktion



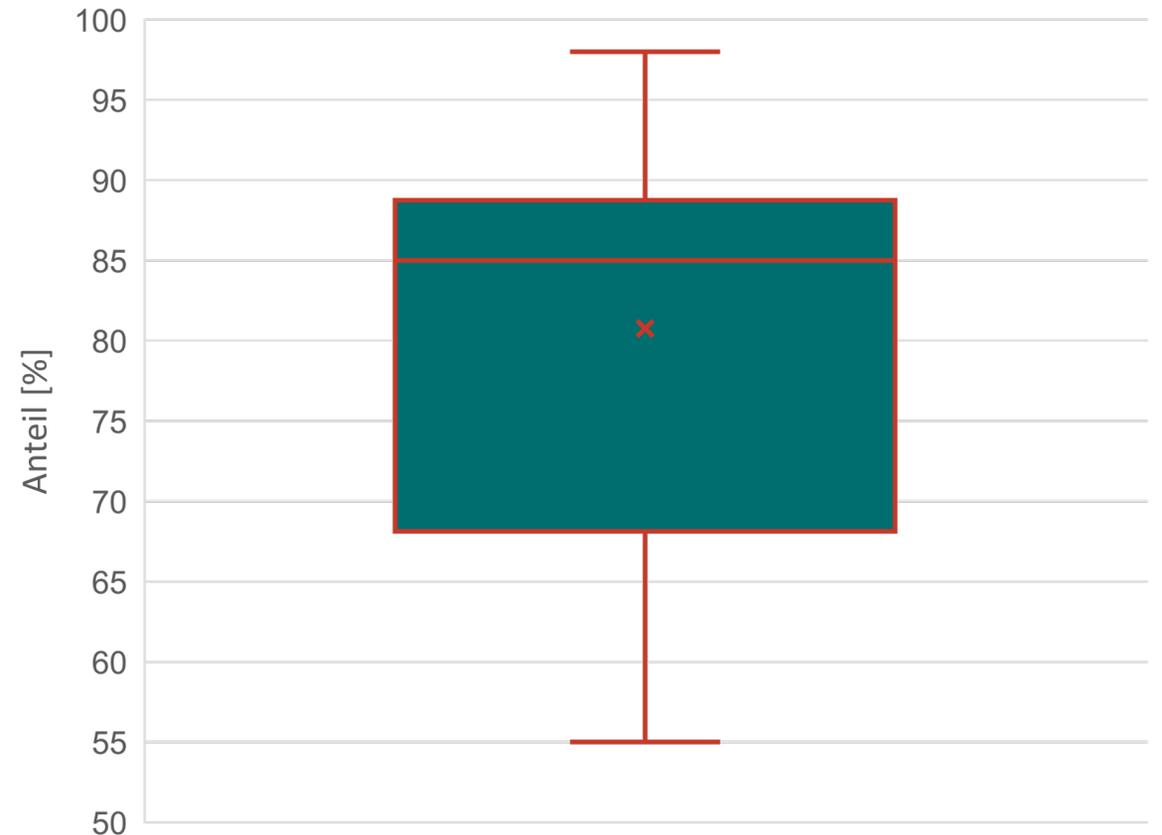
Verfahrenstechnische Charakterisierung

Verfahren



- Vorkalziniertofen mit 5-stufigem Zyklonvorwärmer
- Vorkalziniertofen mit 4-stufigem Zyklonvorwärmer
- Kurzer Trockendrehrohrföfen mit 4-stufigem Zyklonvorwärmer
- Langer Trockendrehrohrföfen mit 5-stufigem Zyklonvorwärmer

Anteil an alternativen Brennstoffen



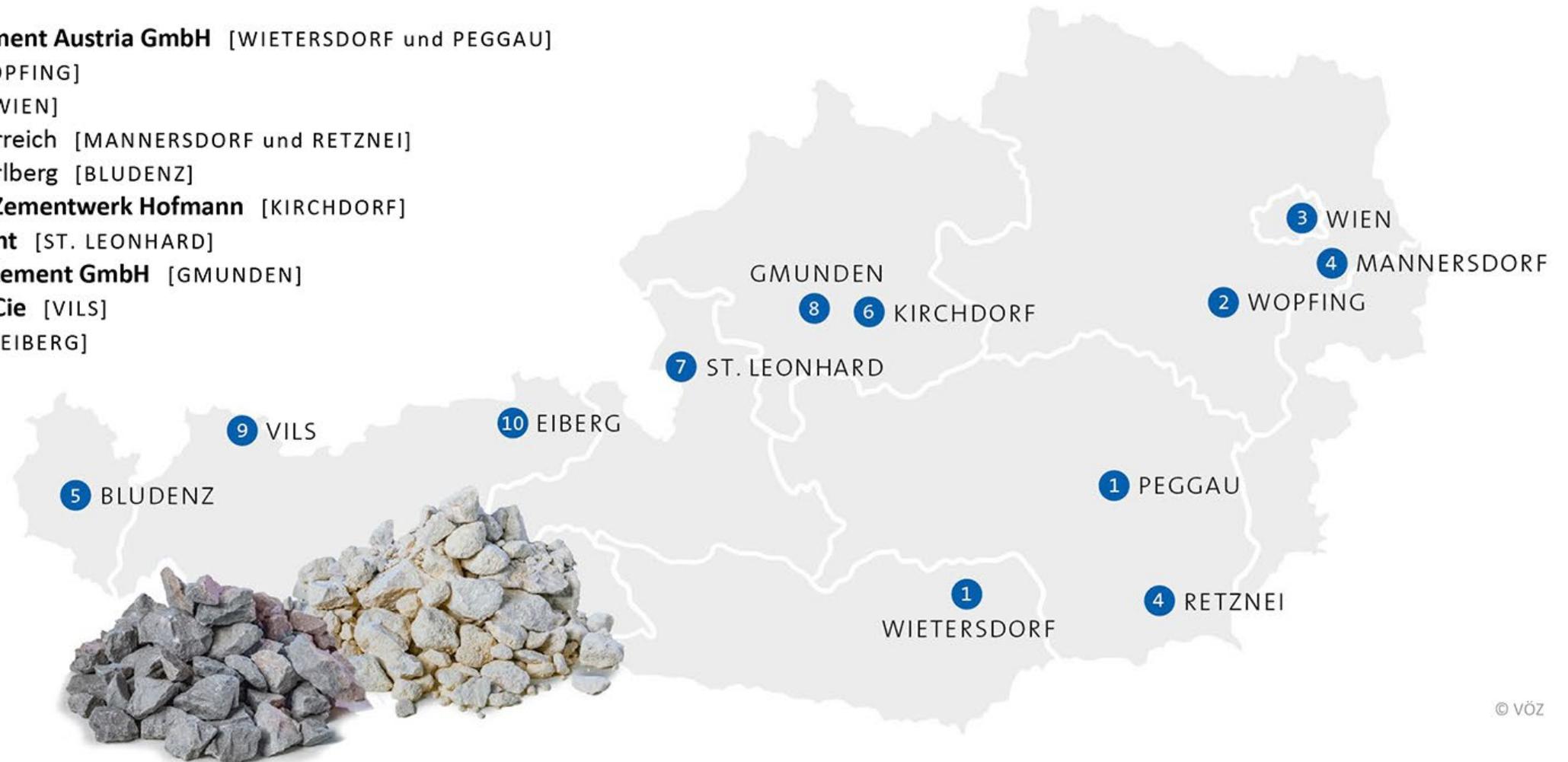
Derzeit eingesetzte Ersatzrohstoffe

Ca-Gruppe	Mengenbereich [t/a]	Anzahl Werke	Anmerkungen
Calciumcarbonatabfälle (92302)	1.000-10.000	1	
Kalkschlämme (31612)	-	-	
Karbid Schlamm (31618)	10.000-100.000	1	
Trinkwasserschamm (94102, 94105)	-	-	
Abwasserschamm (94302, 94801, 94802, 94803, 94804)	1.000-10.000; 10.000-100.000	3	
Andere	1.000-10.000; 10.000-100.000	2	Kalk- u. Trockenmörtelabfälle

Si-Al-Ca-Gruppe	Mengenbereich [t/a]	Anzahl Werke	Anmerkungen
Flugaschen (31301, 31306, 31309, 31317)	<100; 100-1.000; 10.000-100.000	8	
Wirbelschichtasche (31301)	100-1.000; 1.000-10.000; 10.000-100.000	4	
Schlacken (31203, 31207, 31211, 31211, 31308, 31316)	100-1.000; 10.000-100.000; >100.000	3	
Recyklierte-Brechsande (31409)	1.000-10.000; 10.000-100.000; >100.000	5	
Reststoffe aus der Natursteinaufbereitung (31409)	-	-	
Bleicherde (92205, 12901, 54801)	-	-	
verunreinigte Böden und Bodenaushub (31424, 31411)	1.000-10.000; 10.000-100.000	4	
Aluminiumoxidschlämme (31627)	1.000-10.000	2	
Andere	100-1000; 1000-10.000; 10.000-100.000	6	Straßenkehrricht/-sammerschlämme, Baurestmassen, Bauschutt, Aluminiumkrätze, Papierasche, Porenbeton

Standorte der österreichischen Zementindustrie

- 1 **Alpacem Zement Austria GmbH** [WIETERSDORF und PEGGAU]
- 2 **Baunit** [WOPFING]
- 3 **Danucem** [WIEN]
- 4 **Holcim Österreich** [MANNERSDORF und RETZNEI]
- 5 **Holcim Vorarlberg** [BLUDENZ]
- 6 **Kirchdorfer Zementwerk Hofmann** [KIRCHDORF]
- 7 **Leube Zement** [ST. LEONHARD]
- 8 **Rohrdorfer Zement GmbH** [GMUNDEN]
- 9 **Schretter & Cie** [VILS]
- 10 **SPZ Eiberg** [EIBERG]



Erfassung möglicher Einsatzrohstoffe

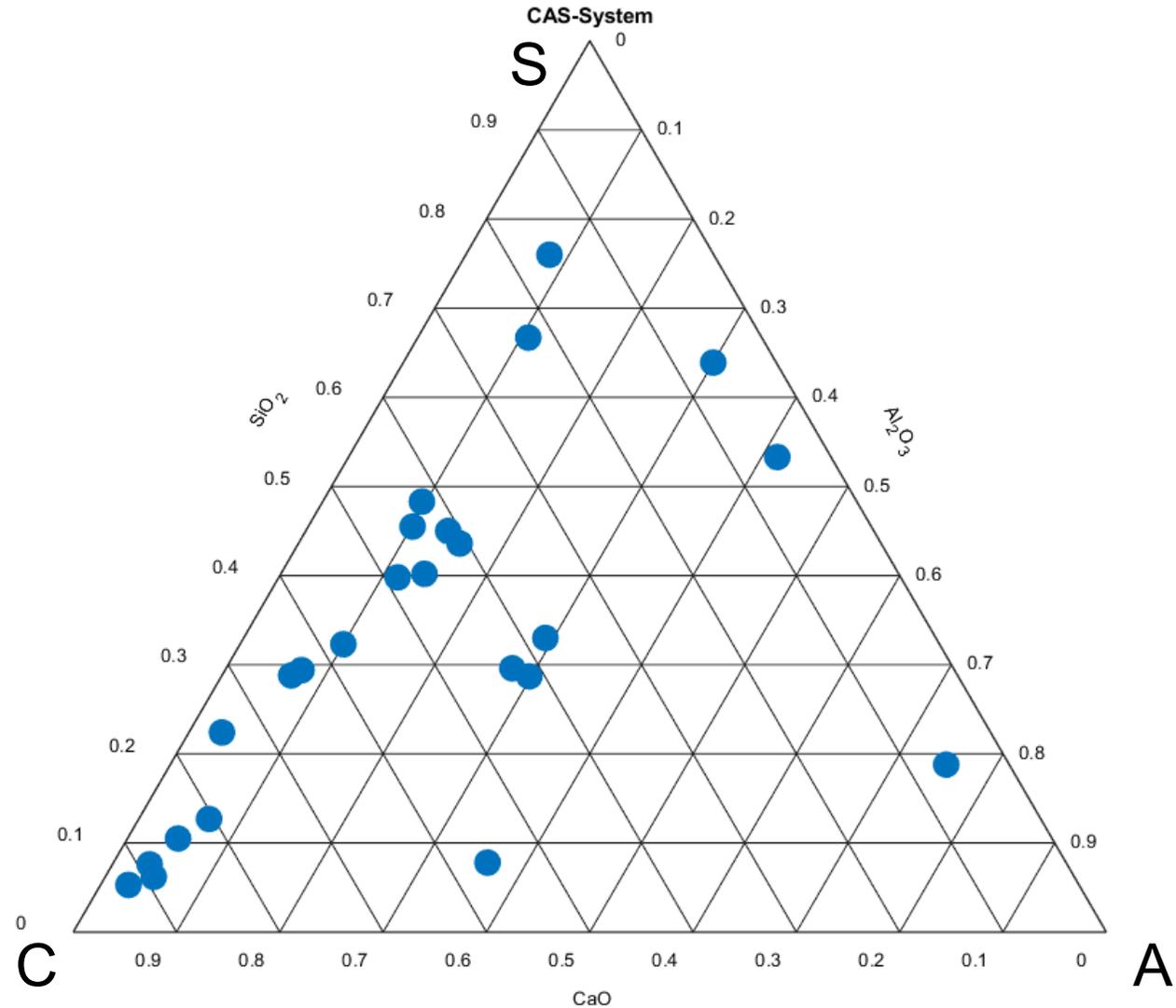
- Derzeit etwa 50 verschiedene Ersatzrohstoffe – Tendenz steigend
- Einteilung in Untergruppen
 - Ca-Gruppe
 - Si-Gruppe
 - Fe-Gruppe
 - Si-Al-Ca-Gruppe
 - S- und F-Gruppen
- Darstellung in Mehrstoffsystemen
 - CAS
 - CMS
 - ...
- ~500 km Radius

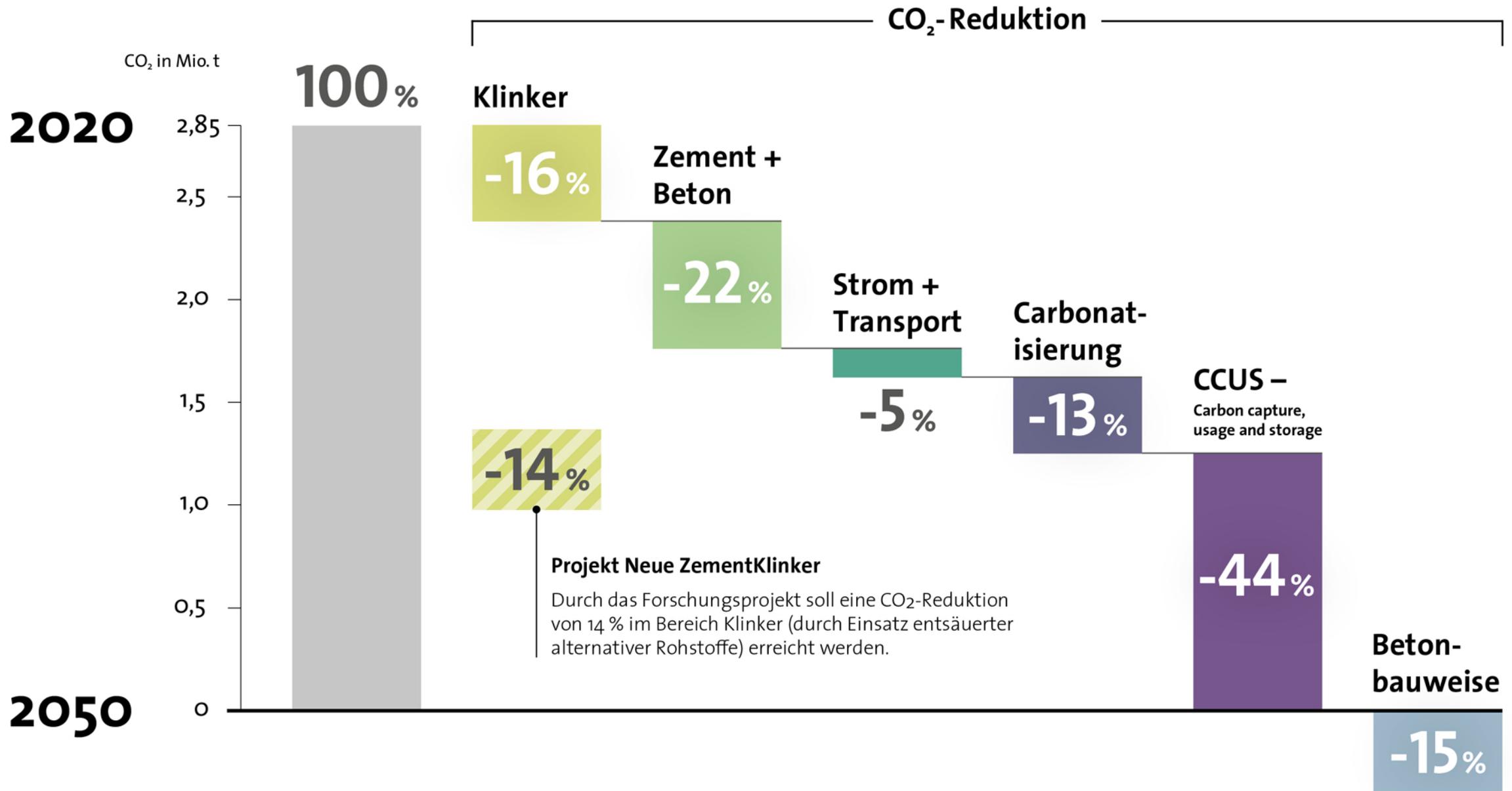
Erfassung möglicher Einsatzrohstoffe

Bezeichnung	Stahlwerk Schlacke 0/25 mm	Müllverbrennung Gewebefilterasche	Edelstahlwerk Filterstaub
Na ₂ O	<0.01	3,70	3,28
MgO	6,28	3,78	1,69
Al ₂ O ₃	1,76	15,60	1,53
SiO ₂	12,14	16,65	3,26
CaO	40,40	24,06	38,03
TiO ₂	0,32	2,16	0,09
MnO	5,86	0,17	1,75
Fe ₂ O ₃	31,77	4,82	29,56
LOI	0,74	4,99	5,86
Cr	2545 ppm	618 ppm	25042 ppm

Erfassung möglicher Einsatzrohstoffe

- Darstellung in Mehrstoffsystemen
 - CAS
 - CaO, Al₂O₃, SiO₂





Ausblick

- Brennen von Klinkern
- Chemische und mineralogische Analyse
- Rezepturen für Pilot- und Industrierversuche
- Verfahrenstechnische Bewertung und Konformitätsüberprüfung
- Weitere Proben Beschaffung
- Planung Industrierversuch



Danke für die Aufmerksamkeit

Wolfram Waldl, Helmut Flachberger
Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung

wolfram.waldl@unileoben.ac.at

helmut.flachberger@unileoben.ac.at