

»1. Saarbrücker Circular Economy-Kongress  
– von der Kreislaufwirtschaft zur Zirkulären Wertschöpfung«

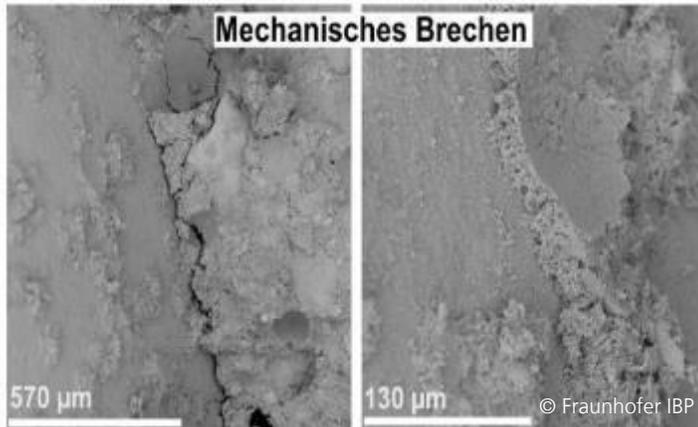
---

**» Innovative Aufbereitungsverfahren für  
Bauschutt zur Herstellung klimafreundlicher  
Baustoffe «**

Dr. Volker Thome

# Aktuelle Situation, Herausforderungen und Motivation Probleme bei der Nutzung mineralischer Sekundär-Rohstoffe

## QUALITÄT



»Die Qualität des RC-Materials entspricht nicht dem Primärrohstoff.«

**ELEKTRODYNAMISCHE  
FRAGMENTIERUNG**

## HETEROGENITÄT



»Die heterogene Zusammensetzung verhindert eine hochwertige Wiederverwendung«

**Bauschutt-Sortierung**

## SCHADSTOFFE



»Schadstoffe verhindern den Einsatz in vielen Bereichen«

**Gips**

**Teer**

# Herausforderungen Betonrecycling

## Probleme bei der Nutzung mineralischer Sekundär-Rohstoffe



»Mechanische Aufbereitung macht aus einem Großen viele Kleine!«

Verwertungsproblem für Frischbeton:

- Verringerung mechanischer Festigkeiten
- Wasseranspruch erhöht
- Verarbeitbarkeit erschwert

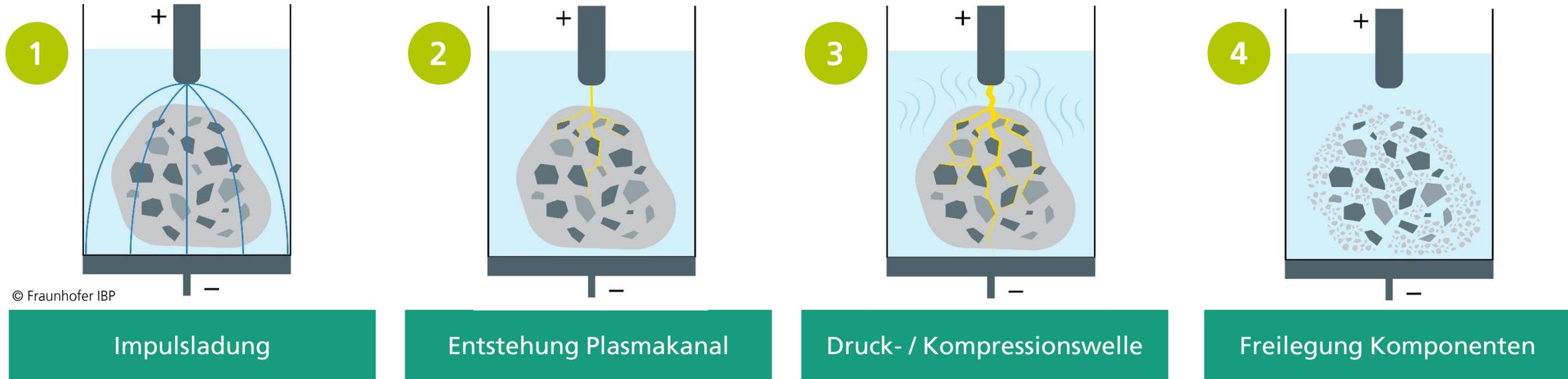
Für ein echtes Recycling müssen die im Verbund vorliegenden Bestandteile selektiv freigelegt werden



**Elektrodynamische Fragmentierung**



# Prinzip der elektrodynamischen Fragmentierung (EDF)



Schematische Darstellung einer elektrischen Entladung zwischen zwei Elektroden

- Eine Impulsentladung durchläuft den Festkörper entlang von Korngrenzen.
- Beim Durchschlag entsteht ein Plasmakanal, der sich schlagartig ausdehnt.
- Die Druckwelle wird von der Gefäßwand reflektiert und generiert zusätzlich eine Kompressionswelle.

Der elektrische Durchschlag verläuft bevorzugt an Phasengrenzen, der entstehende Plasmakanal mit  $T \sim 10^4$  K erzeugt eine Druckwelle mit ca. 10 GPa.  
Die Druckwelle wird von der Gefäßwand reflektiert und erzeugt eine Kompressionswelle, welche die Freilegung der Komponenten verstärkt.



## Produkte aus Altbeton nach einer EDF-Behandlung



- Elektrodynamische Fragmentierung von Altbeton auf IBP-Laboranlage
- Dauer: 20 s
- Durchsatz: aktuell: ca. **1 t / h** geplant: **3 t/h**
- Energieverbrauch: **2,3 kWh / t**
  
- Produkte wurden nach Fragmentierung getrocknet und gesiebt
- Der Filterkuchen besteht größtenteils aus **sekundärem Kalk** und Silika-Gelen



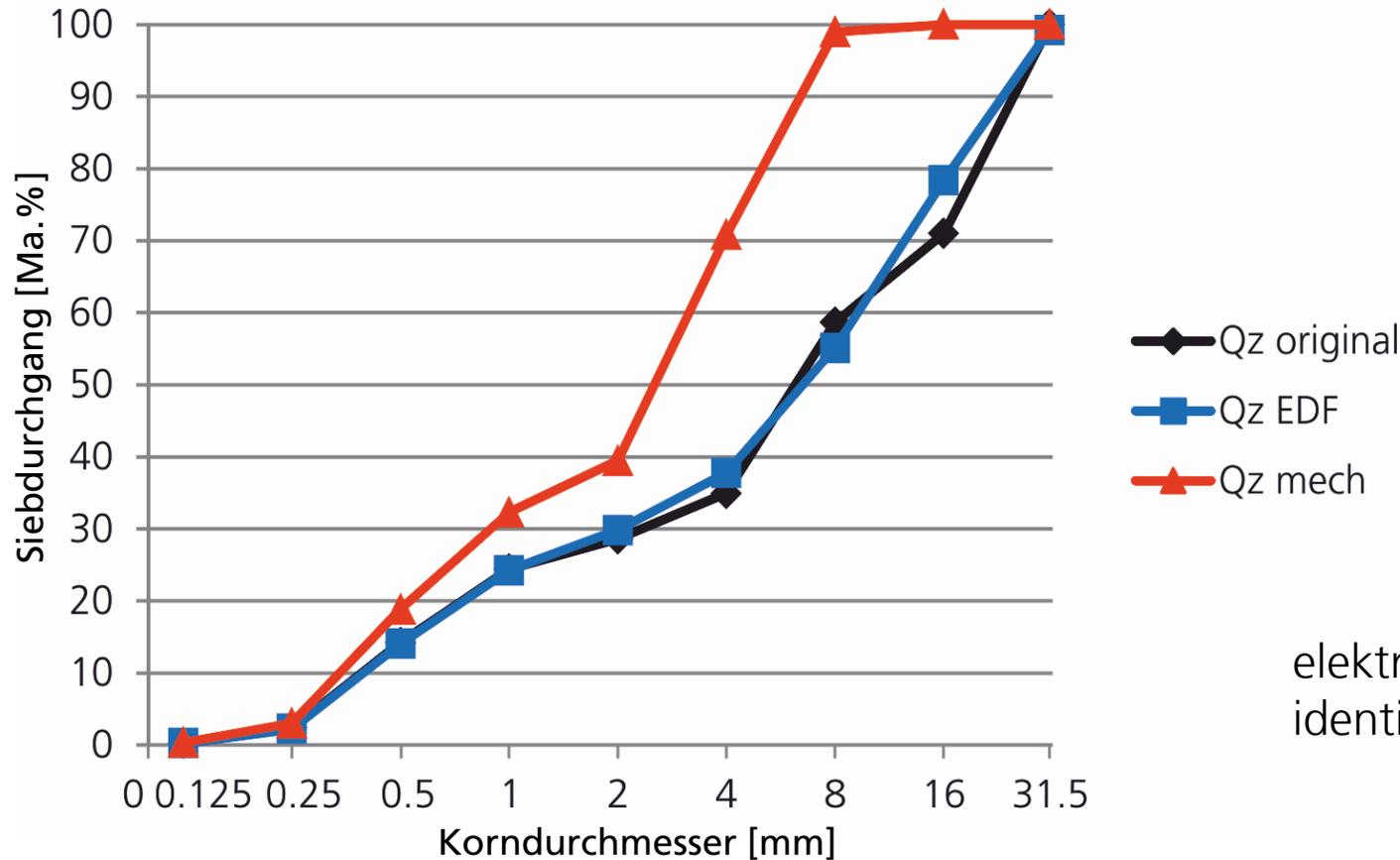
## Fragmentierung von Stahlfaser-Beton



Durch eine elektrodynamische Fragmentierung können auch Stahlfasern aus Altbeton freigelegt werden

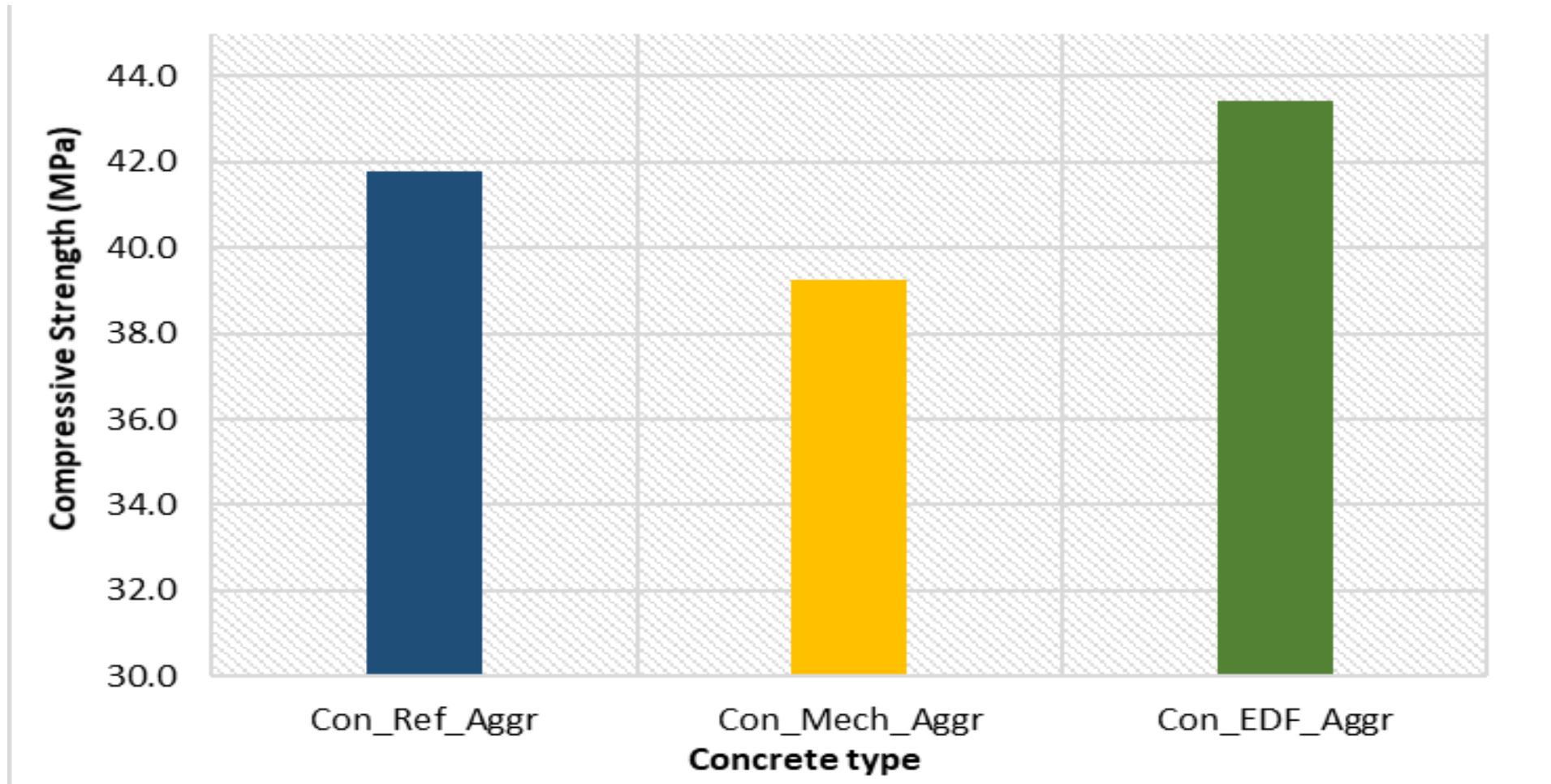


# Recycling von Altbeton: Gesteinskörnung



elektrodynamische Aufbereitung führt zu identischer Sieblinie wie in der originalen Probe!

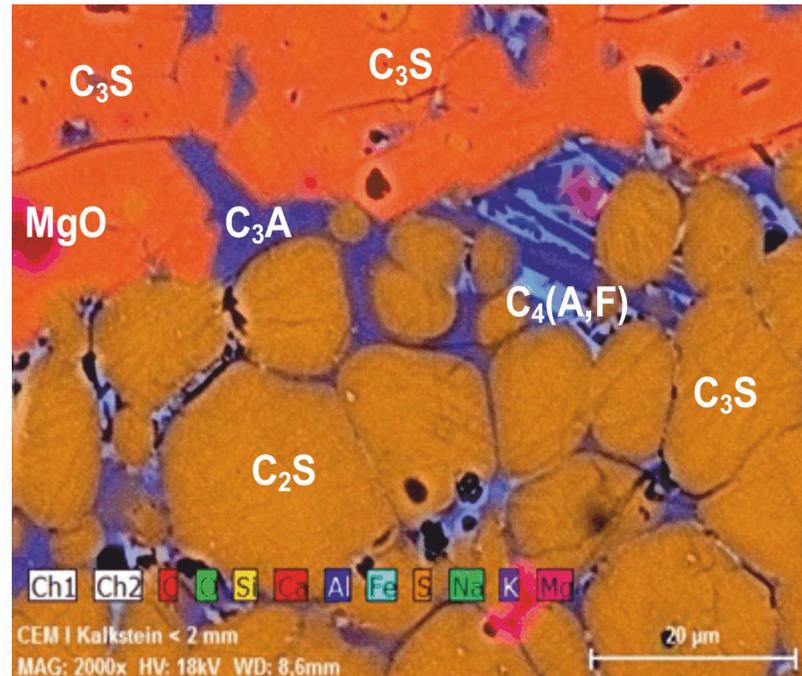
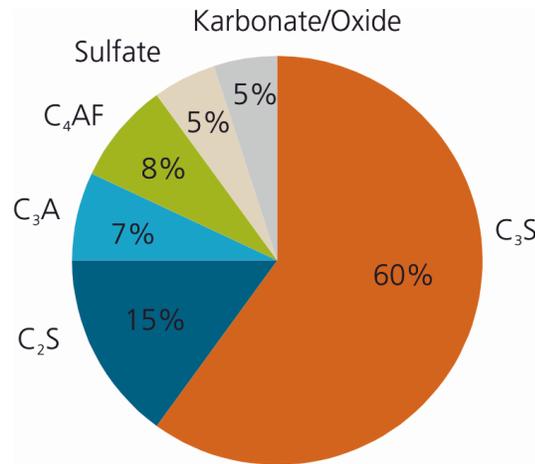
# Vergleich der Druckfestigkeiten in RC-Betonen



Aus Masterarbeit S. Lyselli: *“Quality evaluation of recycled aggregates and recycled aggregate concrete processed with electro-dynamic fragmentation through a comparative approach”* TU München + Fraunhofer IBP 2021

# Recycling von Altbeton: Feinfraktion < 2 mm

## Rohstoffersatz für die Herstellung von klimafreundlichem »RC-Zement«



**Herstellung von Zement aus Altbeton ist möglich!**

Aus BMBF-Projekt: »ELDYNTON« mit den Partnern Schwenk Zement Co. KG und Leiblein GmbH



# Verwertungsplan EDF-Anlagen am Beispiel für Transportbetonwerk

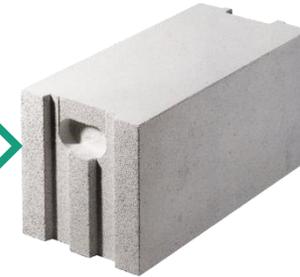
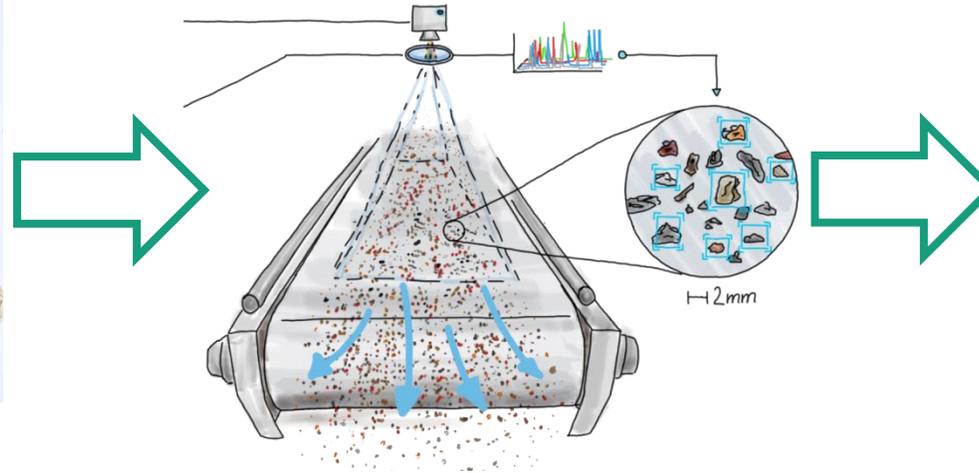
## Schaffung eines Beton- und CO<sub>2</sub>-Kreislaufes !

- Schonung von primären Ressourcen
- CO<sub>2</sub>-Reduzierung in der Zementproduktion
- *Echtes* Recycling
- Schonung von Deponieflächen
- Keine Deponierungsgebühren
- Kürzere Transportwege
- ....



# DAS VERBUNDPROJEKT »BAUCYCLE«

## Aufbereitung und Verwertungsmöglichkeiten für feinkörnigen Bauschutt

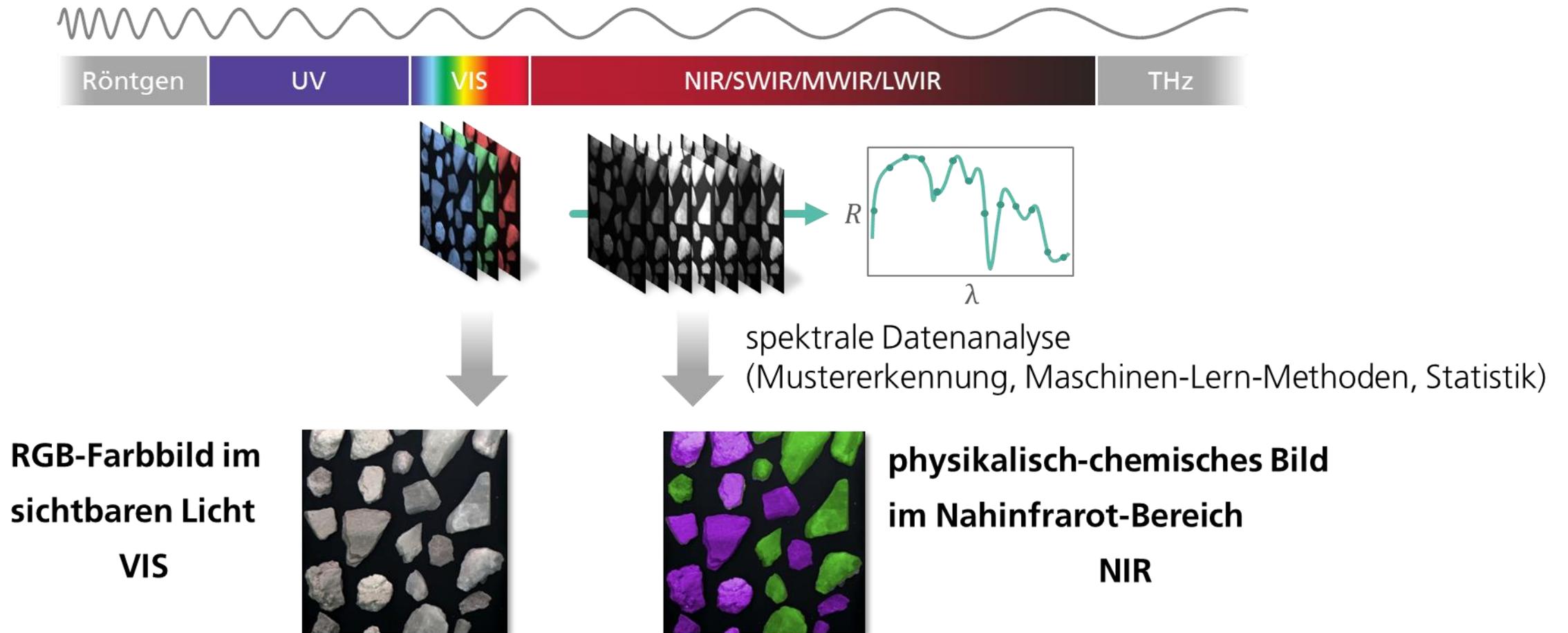


Ein Gemeinschaftsprojekt von

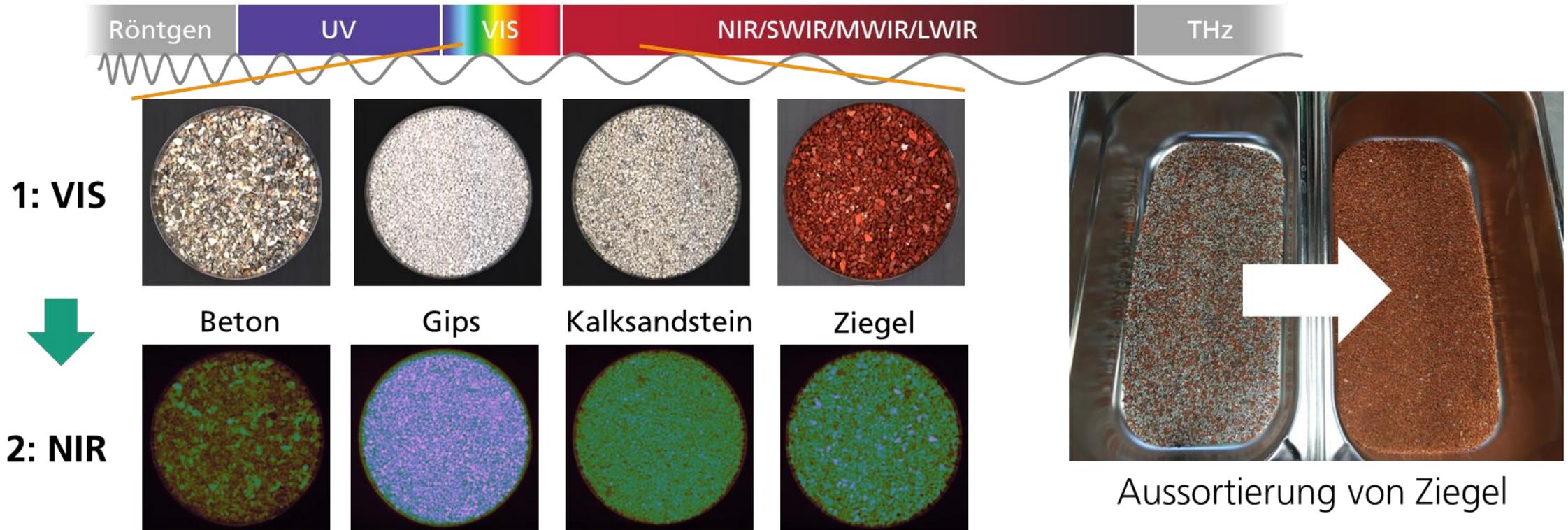


# OPTICAL COMPUTING ZUR MATERIALERKENNUNG

- Erfassung der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Bauschutt-Bestandteile



# SORTIERTECHNOLOGIE MIT SPEZIELLER HYPERSPEKTRALKAMERA



**Ziegel** wird allein durch Farberkennung im sichtbaren Licht (VIS) elektrooptisch analysiert und pneumatisch aussortiert.

Im Nahinfrarotbereich (NIR) können auch **Beton**, **Gips** und **Kalksandstein** voneinander getrennt werden.

# PRODUKTENTWICKLUNGEN AUS BAUSCHUTT-FEINFRAKTIONEN



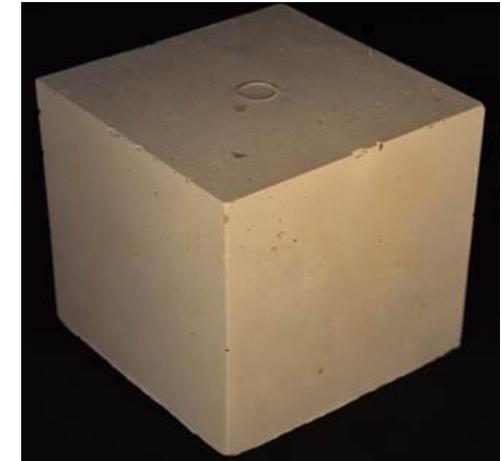
**Porenbetone** aus  
**30 - 60 %** Bauschutt



**Akustische Schallabsorber**  
aus **60 %** Bauschutt



**Pflanzsubstrate** für  
Fassadenbegrünung aus  
**80 %** Bauschutt



**Zementfreie säure-  
beständige Bindemittel**  
aus **90 %** Bauschutt

**Produktqualität identisch** wie die von Produkten aus primären Rohstoffen !

Sortierung geeignet für Bauschutt-Fraktionen von **2 mm – 80 mm**

Reinheit der Einzelfraktionen bis zu **99 %** !

Kosten: **5 - 6 €/t**

# Entsulfatisierung von Bauschutt-Feinfraktionen (< 2 mm)

## Vorteile des »ENSUBA«-Verfahrens

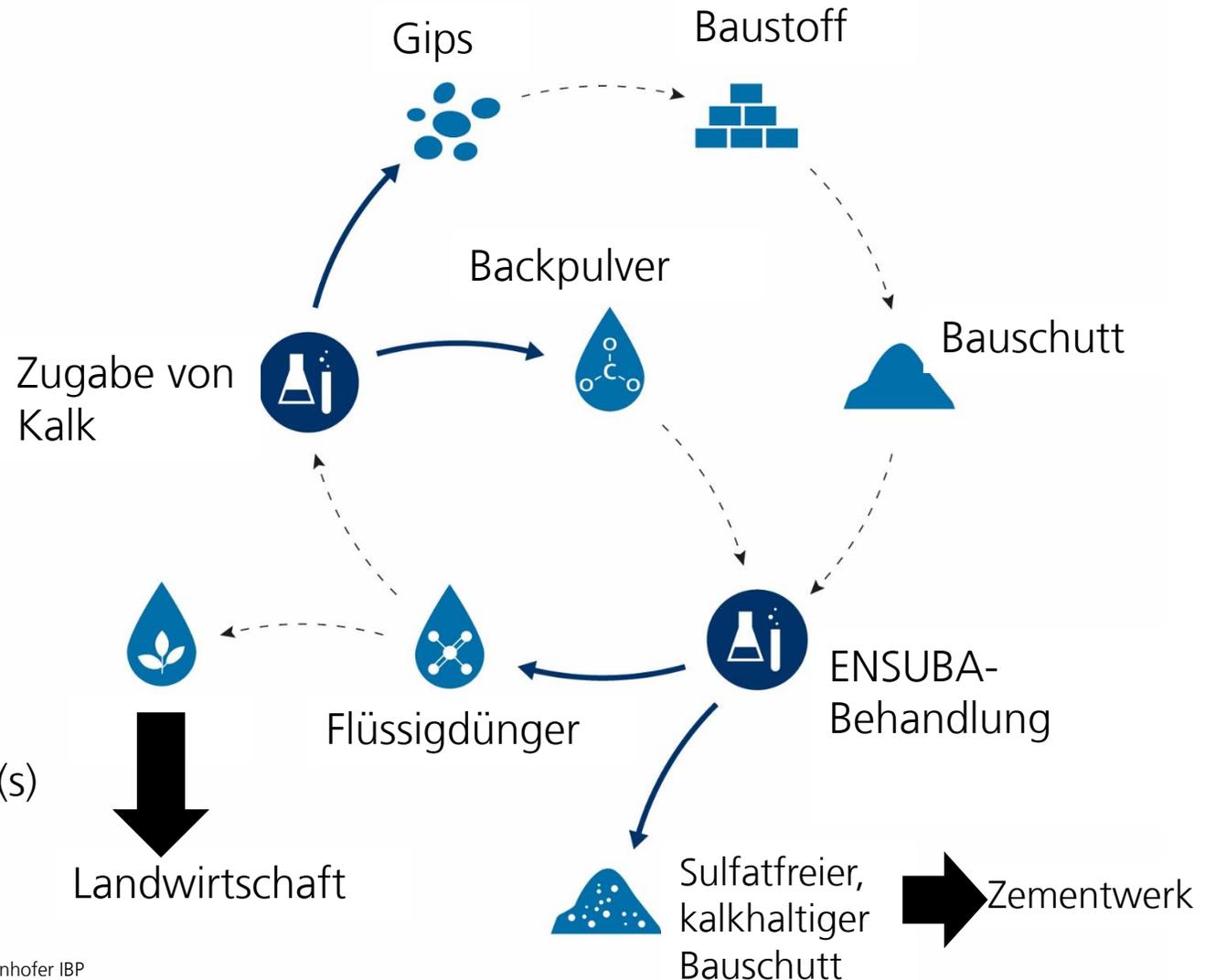
### Hintergrund

- Jährlich werden in BRD **500.000 t Gips** aus Bauschutt-Feinfraktionen (< 2 mm) deponiert
- Ressourcenverknappung (- 6 Mio. t REA Gips) durch Abbaustopp und Schließung von Kohlekraftwerken.
- Deutsche Patentanmeldung: Nr. 10 2017 211 730.3; »Verfahren zur Kalziumsulfatentfernung aus kalziumsulfathaltigem Bauschutt«

Feststoff-Austauschreaktion:

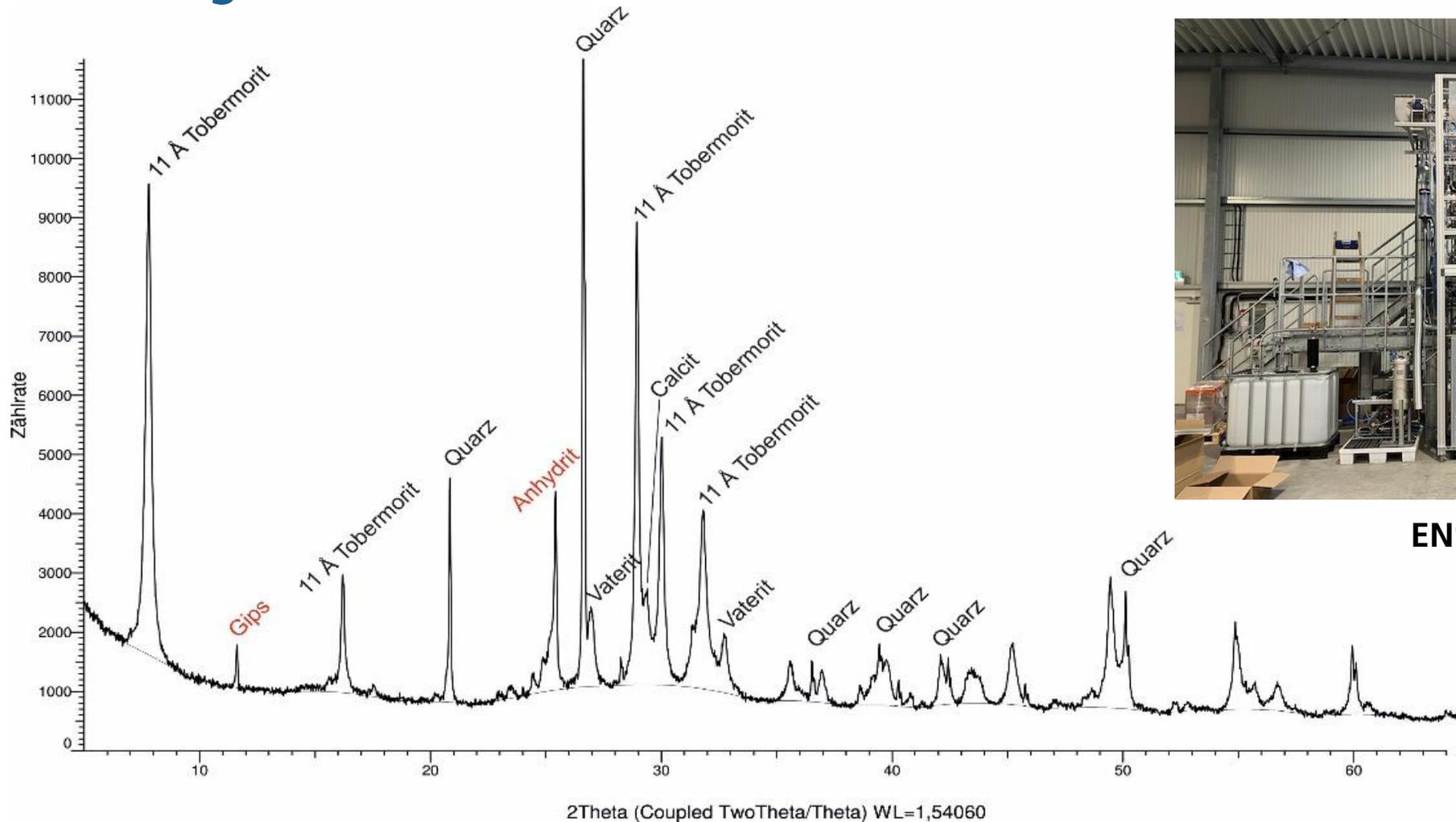


**Hirschhornsalz + Anhydrit → Ammoniumsulfat + Kalk**



© Fraunhofer IBP

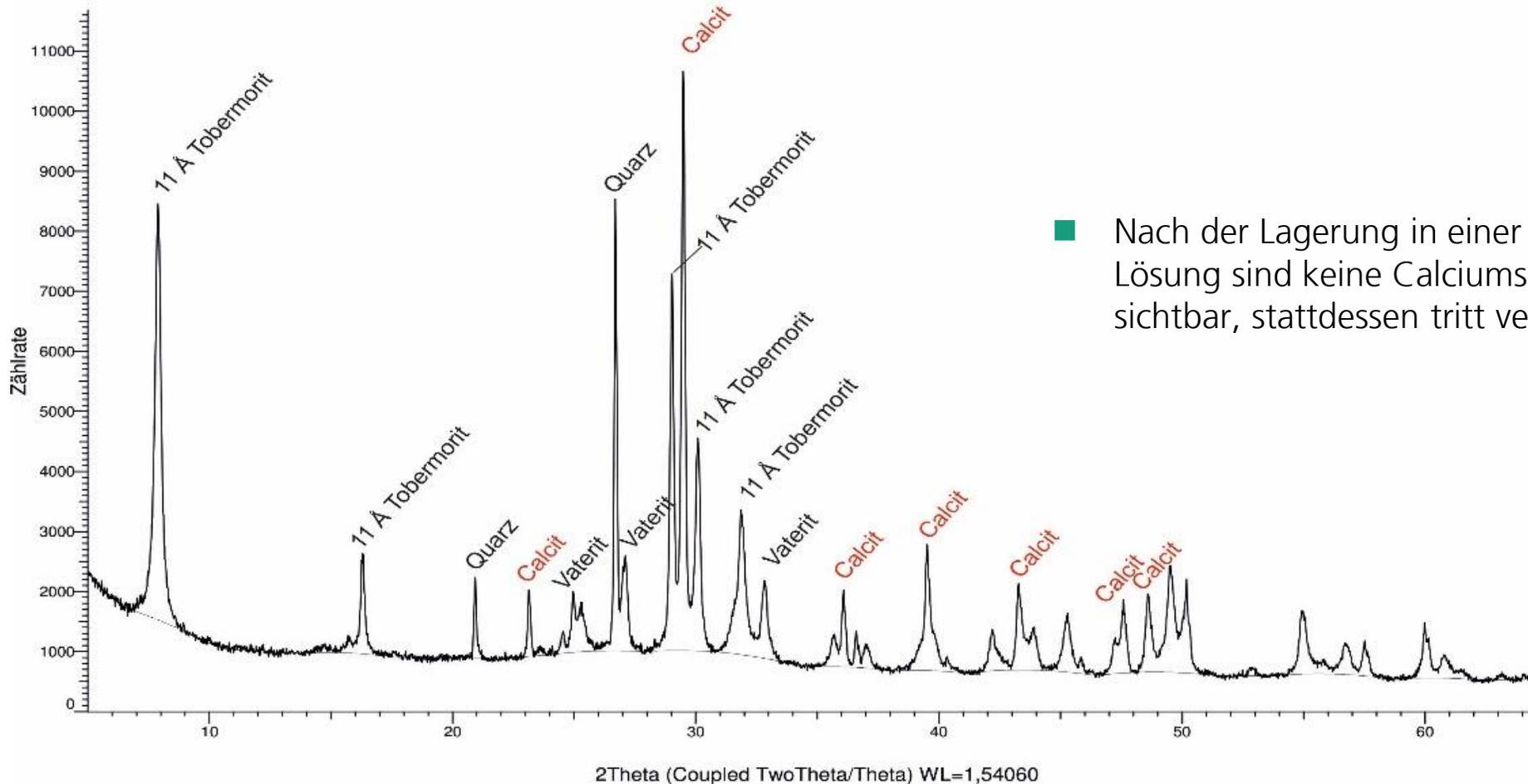
# Behandlung von Porenbeton mit »ENSUBA-Verfahren«



ENSUBA-Demo-Anlage

Pulverröntgendiagramm von Porenbeton **VOR** einer ENSUBA-Behandlung

# Behandlung von Porenbeton mit »ENSUBA-Verfahren«



- Nach der Lagerung in einer Ammoniumcarbonat-Lösung sind keine Calciumsulfat-Peaks mehr sichtbar, stattdessen tritt vermehrt Calcit auf.

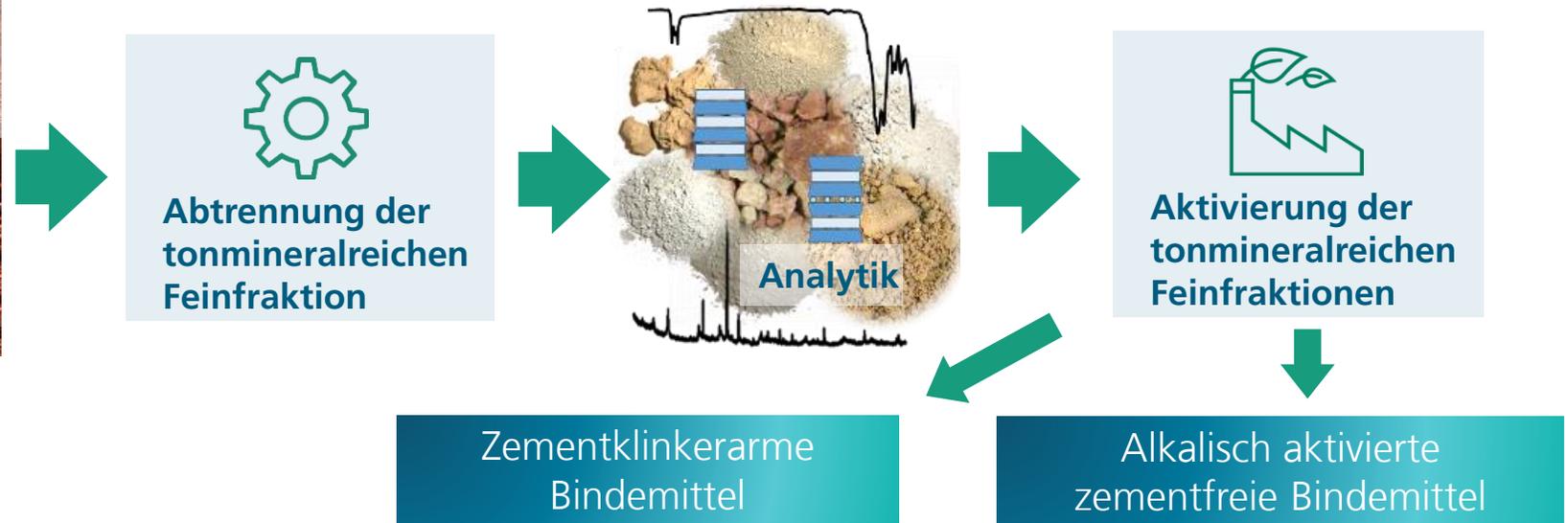
## Pulverröntgendiagramm von Porenbeton **NACH** einer ENSUBA-Behandlung

---

# Klimafreundliche bzw. klimaneutrale Betone ?

# Fraunhofer IBP - Projekt »LOCALAY«

## Low Carbon Clay-based Construction Materials

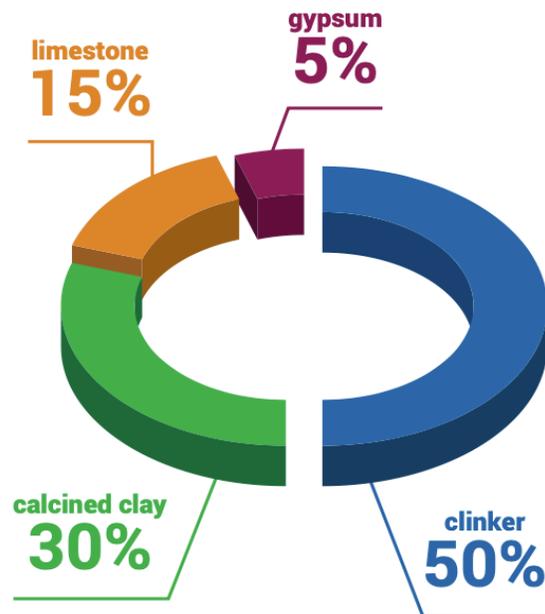


**Ziel: Entwicklung von ressourcen- und klimaschonenden Bindemitteln auf Basis von Tonmineralen unter Verwendung von ressourceneffizienten Sekundärstoffströmen für den Einsatz in Massenbaustoffen**

# Fokus: Calcinierte Tone als Zementzumahlstoff

Limestone  
Calcined  
Clay  
Cement

# LC<sup>3</sup>

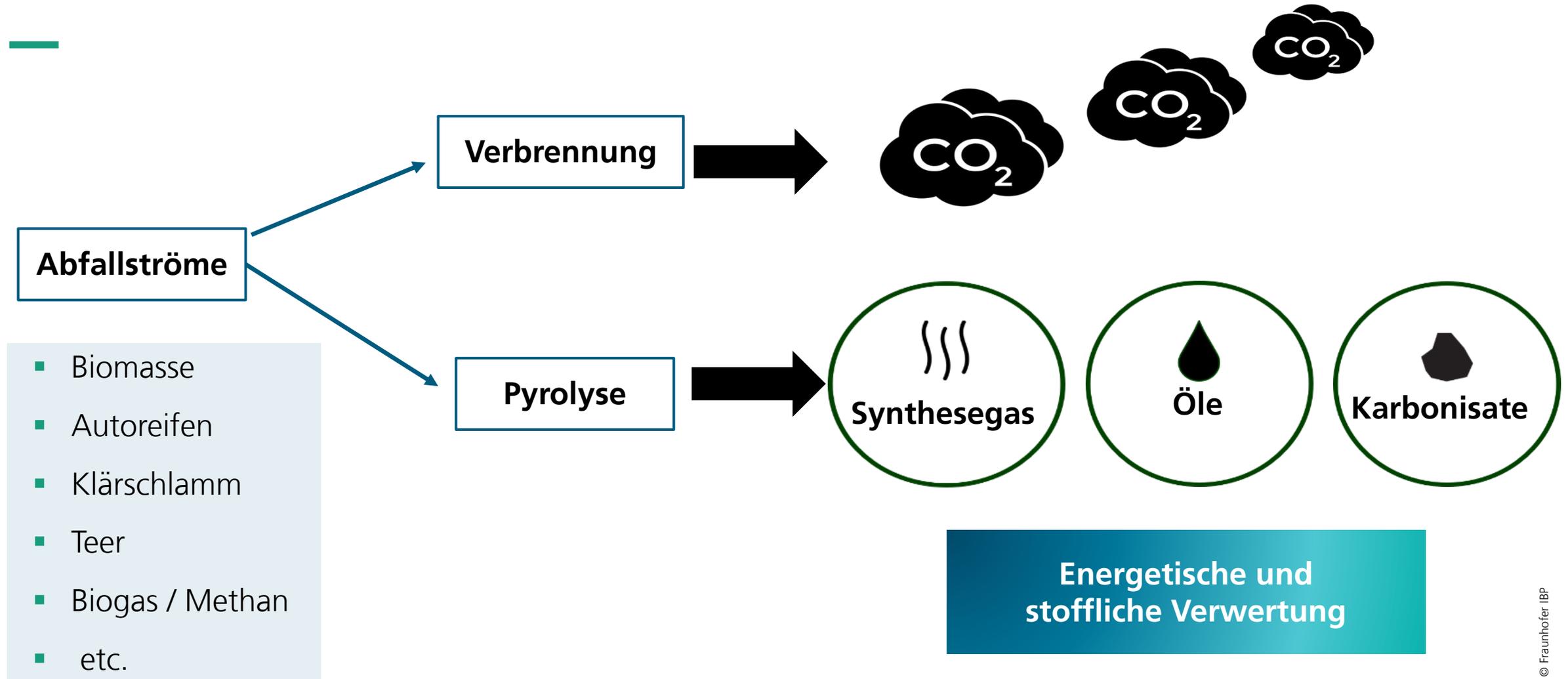


www.LC3.ch

## Calcinierte Tone

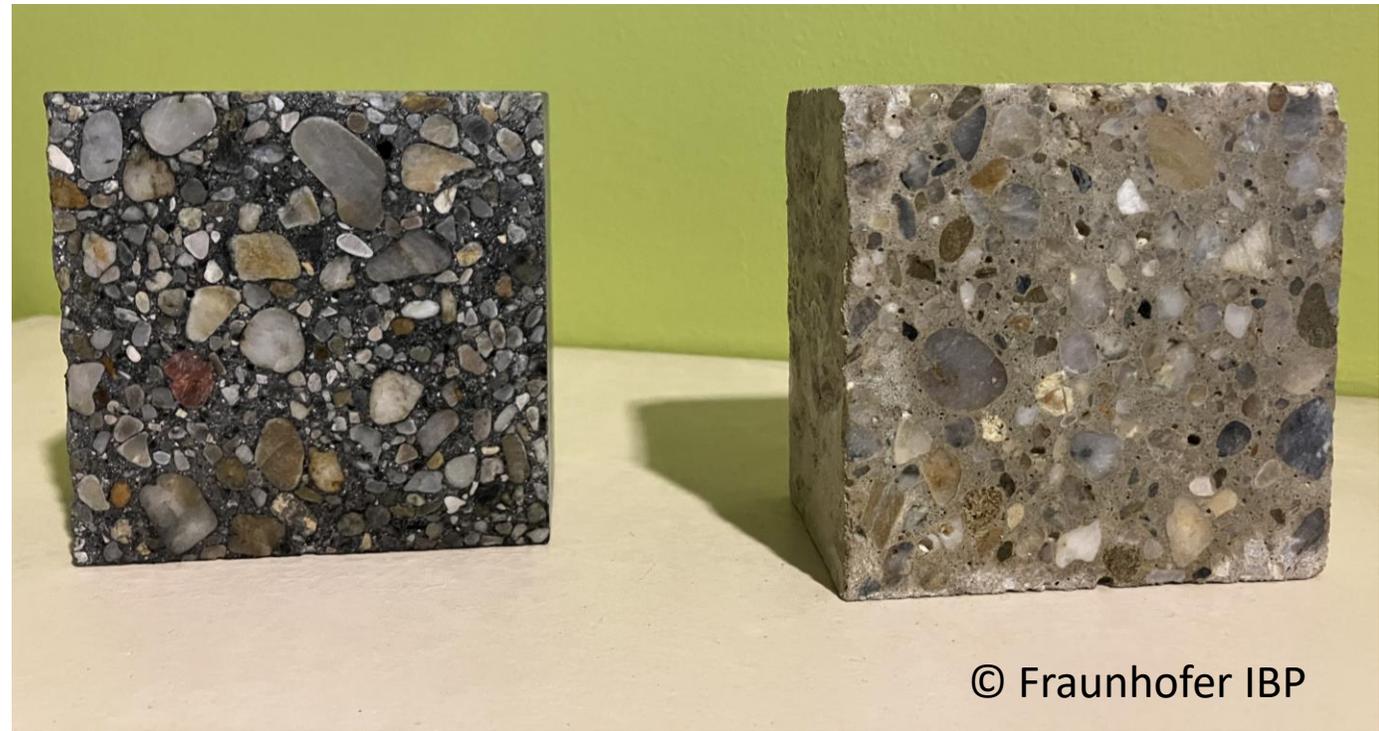
- Calcinierte, natürlich vorkommende Tone zeigen eine **»puzzolanische Reaktivität«**, vergleichbar mit etablierten Zementzumahlstoffen (z.B. Hüttensand)
- In Kombination mit Kalksteinmehl können bis zu **50% Zementklinker ersetzt** werden - ohne negative Beeinflussung der Festigkeit
- Die Produktion von calcinierten Tonen hat eine wesentlich **bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz** als die Herstellung von Zementklinker

# Pyrolyse als klimapositives Verfahren



# Einsatz von Pyrokohle im Baubereich, z.B. in Mörtel und Beton

**1 Teil Pyrokohle reduziert Produkt um ca. 3 Teile CO<sub>2</sub> !!!**

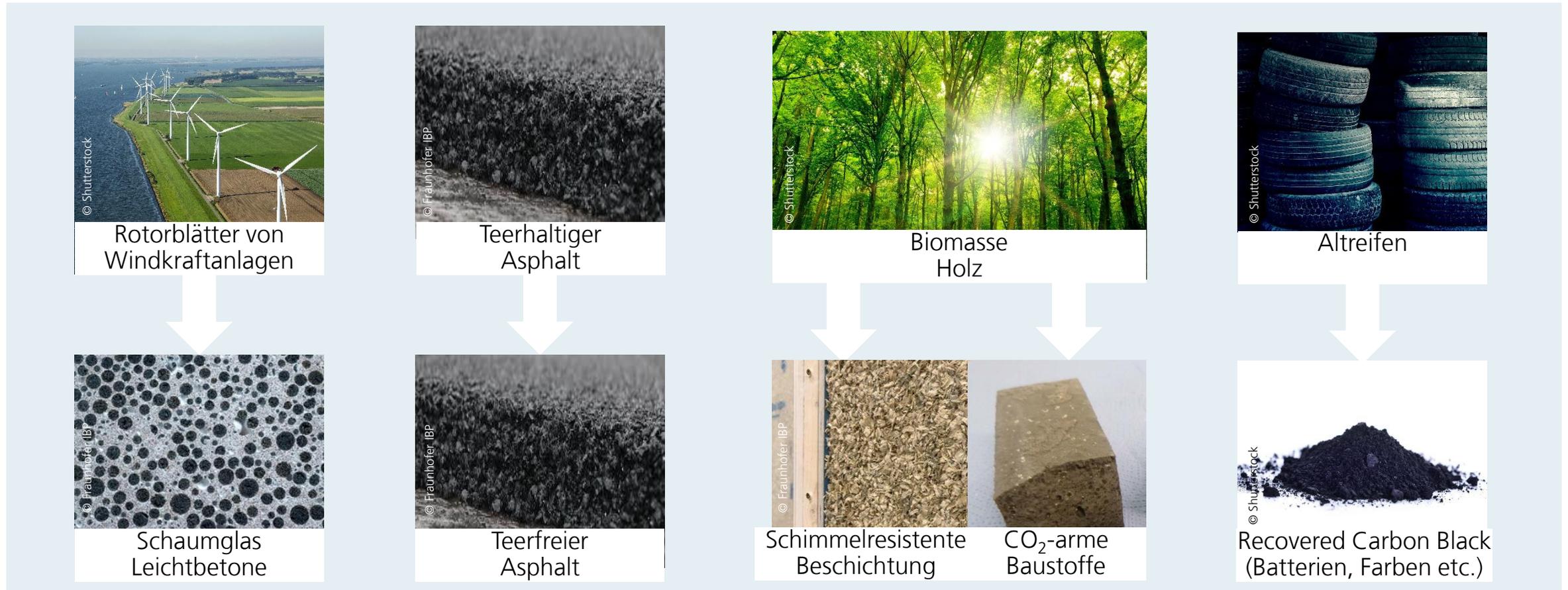


© Fraunhofer IBP

Vergleich: Mörtel ohne und mit Pyrokohle (linkes Bild), Beton mit und ohne Pyrokohle (rechtes Bild)

# Verwertungsmöglichkeiten für Pyrolyseprodukte im Bau

Pyrokohle ermöglicht die Entwicklung von klimafreundlichen Produkten



# Kontakt

---

**Dr. Volker Thome**

**Abteilungsleitung**

**»Mineralische Werkstoffe  
und Baustoffrecycling«**

**Tel. +49 8024 643 – 623**

**[volker.thome@ibp.fraunhofer.de](mailto:volker.thome@ibp.fraunhofer.de)**

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Fraunhoferstraße 10

83626 Valley

[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !**