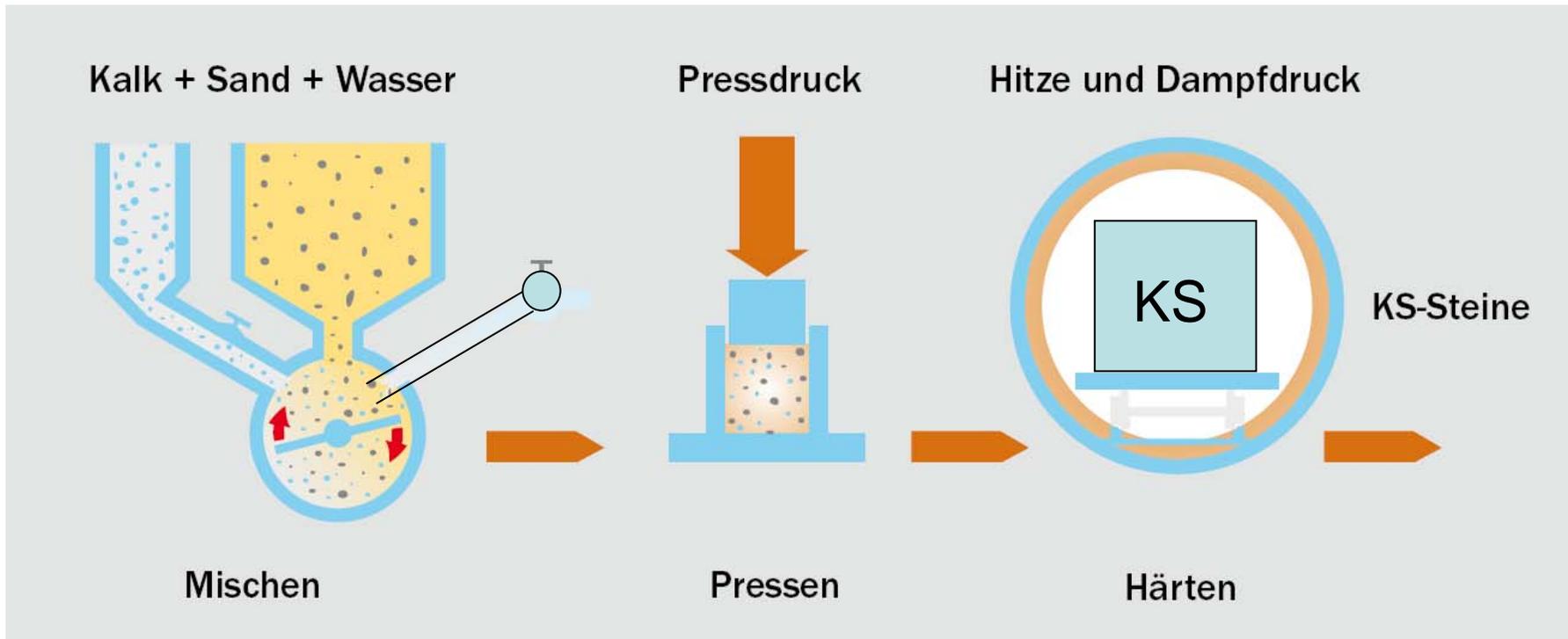


Recyclingmöglichkeiten für Kalksandsteine

Wolfgang Eden

FORSCHUNGSVEREINIGUNG KALK-SAND EV





Produktionsschema der
Kalksandsteinherstellung

Europäische
Umweltproduktdeklaration
(EPD)

Welche Umweltnachweise liegen für Kalksandsteine vor?

Auslaugung / Beregnung:

1) RWTH Aachen
ibac M1223 / F7043-1:

2) div. Prüfberichte:
Labor Dr. Wessling,
Hettstedt:

Ergebnisse

(Eluat und content):
→ „**stets sehr geringe
Konzentrationen an
Salzen und
Schwermetallen...**“

VOC-Emissionen (indoor-air):

1) eurofins (DK):
Ergebnisse:

→ „**Kalksandsteine
sind gemäß AgBB-
Schema für
Innenräume geeignet.**“

2) Fraunhofer-Institut für
Bauphysik (D):

Ergebnisse:
→ „**WHO-Kriterien
eingehalten...**“

Radioaktivität:

1) Bundesamt für
Strahlenschutz:

Messungen 2007
(K-40, Ra-228, Th-228,
U-238, Ra-226, Pb-210, Rn):

Ergebnisse:

→ „**Kalksandsteine
sind völlig
unbedenklich...**“

Recycling von Kalksandstein-Material

Ergebnisse der Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV:

Überblick:

1. Sortenreines KS-Material für eine erneute KS-Produktion (AiF)
2. Einfluss anhaftender Reste anderer Baustoffe (AiF)
3. Verwertungspfade Beton und Wegebau (AiF)
4. Verwertungspfad Straßenbau TOB (AiF)
5. Neuer Ansatz: Recycling-Steine aus Mauerwerkabbruch (BBR)
6. Deponiebau „Methanox“ → KS- und PB-RC-Material (AiF)
7. Forschungsvorhaben Stoffkreislauf im Mauerwerksbau SIM
(→ derzeit 7 AiF-Forschungsanträge)

- 1) Erneute Kalksandstein-Produktion
- 2) Einfluss anhaftender Reste anderer Baustoffe
(AiF-Forschungsvorhaben)



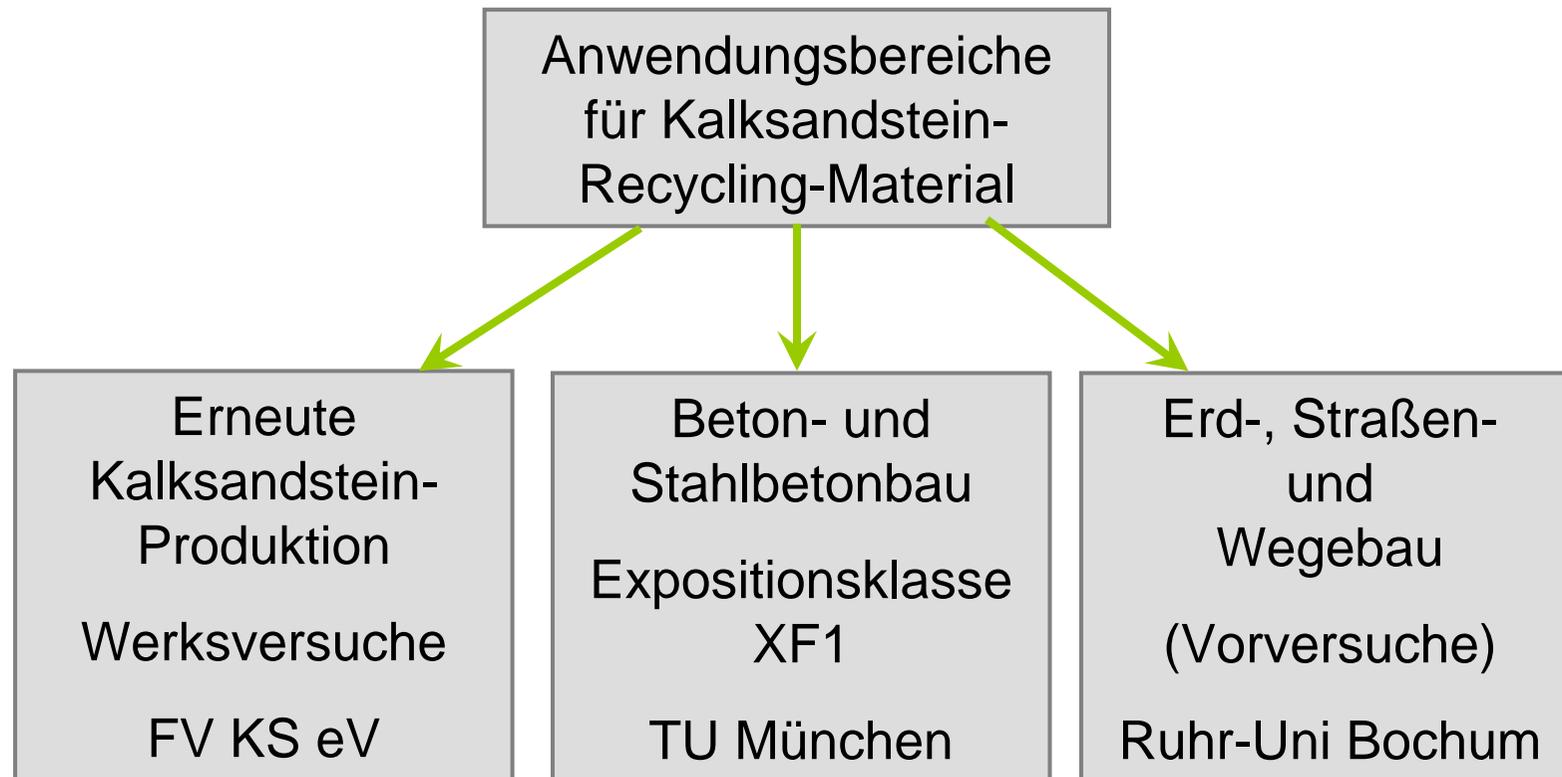
Wolfgang Eden
23.09.2010

Quelle: Harald Kurkowski

3) Verwertungspfade Beton und Wegebau (AiF-Forschungsvorhaben)

Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV - Hannover

Eignung von Kalksandstein-Bruchmaterial zum Recycling in der Baustoffindustrie



4) Verwertungspfad Straßenbau für Tragschichten ohne Bindemittel ToB

(AiF-Forschungsvorhaben)

zu 4) KS-Recycling-Material für **T**ragschichten **o**hne **B**indemittel



ToB



Geplanter Oberbau der Versuchsstrecke,
in Anlehnung an die RStO 01, BK II / III

Kalksandstein-Materialien:

- Gemisch aus **hochfesten** Kalksandstein-Schnittabfällen
- Gemisch aus **normalfesten** Kalksandstein-Schnittabfällen
- Kalksandstein-Mauerwerksbruch einer einzelnen **Großbaustelle**
- Kalksandstein-Mauerwerksbruch von **verschiedenen Baustellen**



Bild C13: Haufwerk Kalksandstein KS 2



Bild C14: aufbereitete Probe KS 2



Bild C15: Haufwerk Kalksandstein KS 3



Bild C16: aufbereitete Probe KS 3



Bild C17: Haufwerk Kalksandstein KS 4



Bild C18: aufbereitete Probe KS 4

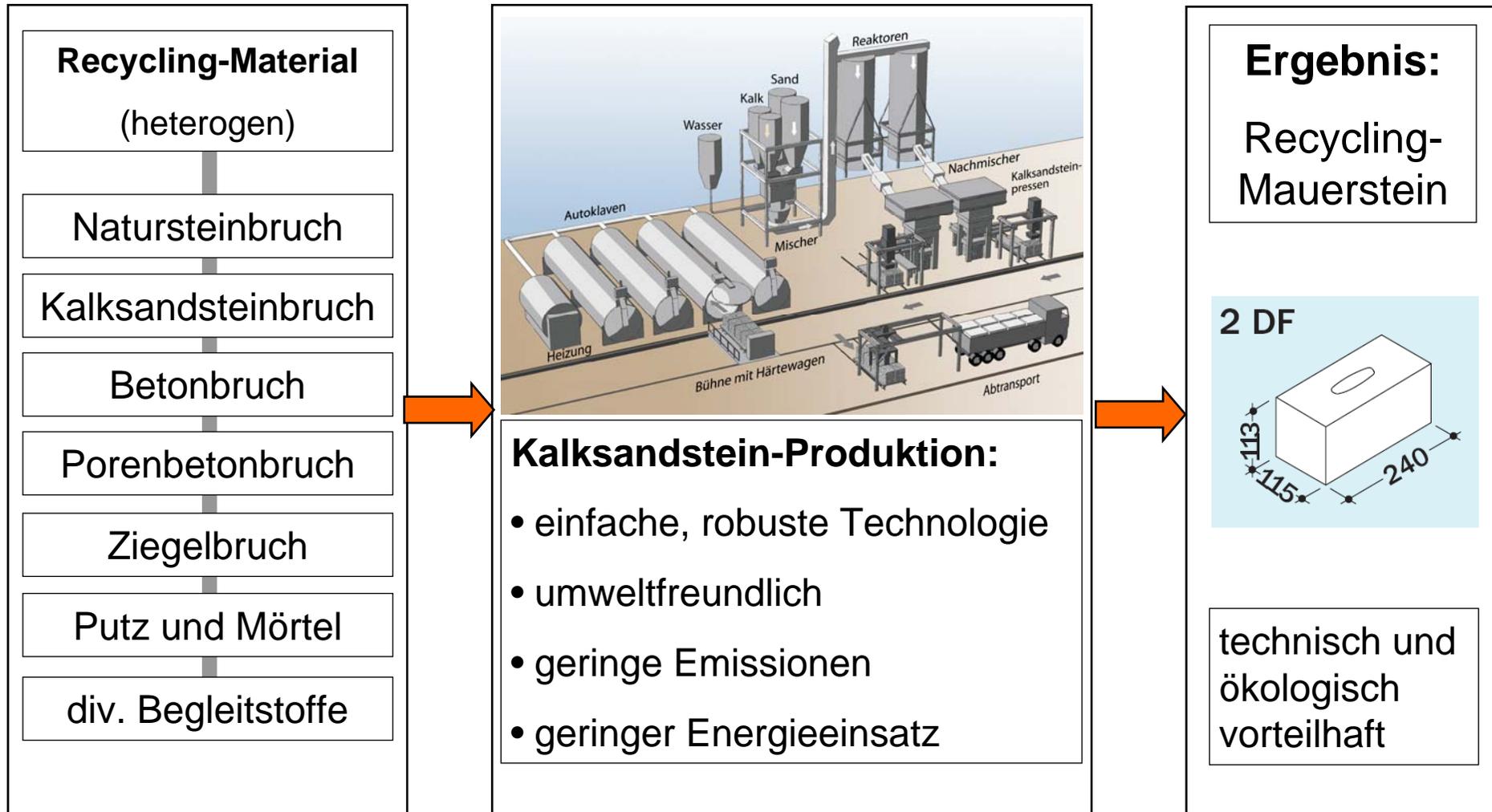
Ergebnisse sind positiv!

- Allen Baustoffgemischen (60 % RCB 3 + 40 % KS 1, KS 2, KS 3 oder KS 4) gemein ist ein Tragfähigkeitsverlust von ca. 10 bis 30 % durch die Frostbeanspruchung...
- Selbst bei einer 40 %igen Zugabe von Kalksandstein die Frostempfindlichkeit des RC-Baustoffgemisches nicht beeinträchtigt wird.
- Ferner zeigen die mikroskopischen Untersuchungen, dass das Kalksandstein-Material keinerlei Risse aufweist.
- Eine Zugabe von 40 M.-% Kalksandstein - und damit deutlich mehr als die heutige zulässige Menge von max. 5 M.-% - in Baustoffgemischen für Trag-schichten ohne Bindemittel scheint auf Basis der Untersuchungsergebnisse im Labor unabhängig vom eingesetzten KS-Ausgangsmaterials möglich zu sein.
- Mit einem Folgeprojekt sollten daher die gewonnenen Erkenntnisse in einer Erprobungsstrecke unter den Einflüssen von Wetter und Verkehr weiter analysiert und bestätigt werden.
- Vorsicht bei Gipsputzen.

5) Entwicklung eines Recycling- Mauersteins aus Mauerwerk- Bruchmaterial

(BBR-Forschungsvorhaben)

5) Recycling-Mauersteine:



Ablauf und Methoden:

1. Den Kalksand-Rohmischungen werden Abbruchmaterialien unterschiedlicher Menge und Beschaffenheit zugegeben.
2. Aus diesen Mischungen werden unter Anwendung der Kalksandstein-Technologie Prüfkörper erzeugt und nach baustofftechnischen Gesichtspunkten untersucht.
3. Nach jeweiligem Vorliegen der qualitätskennzeichnenden Eigenschaftskennwerte werden die Herstellparameter schrittweise in Richtung der erwarteten Verbesserung der Steineigenschaften verändert.
4. Grenzen der Zugabemengen der verschiedenen RC-Materialien werden ausgelotet.



Kalksandstein-Technikum





Kalksandstein-
Mauerwerk



Ziegel-
Mauerwerk



Beton

Ausgangsmaterial: Original-Abbruch-Material

...auf der Recyclinganlage



Beschickung der Brecheranlage



Befüllung der Mulden



Gebrochenes
Kalksandstein-
Material

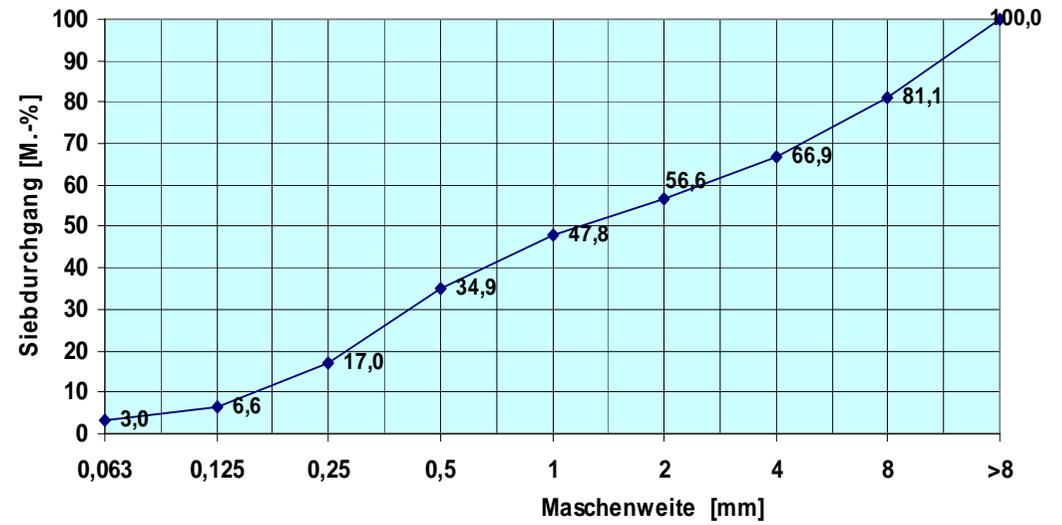


Gebrochenes
Ziegel-Material



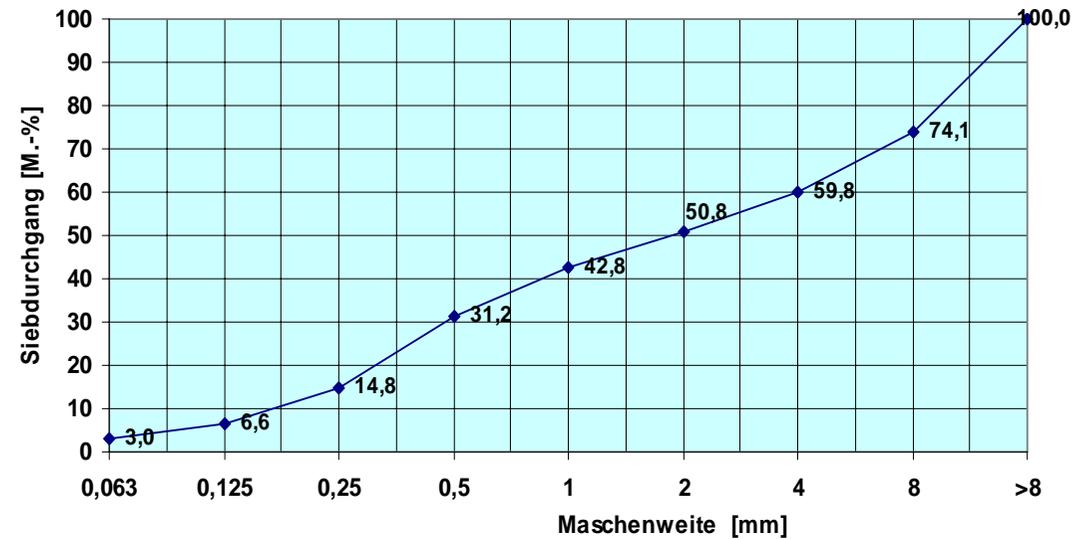
Gebrochenes
Beton-Material

Produkte: Mauerwerk-Recycling-Material, Fraktion 0/8 mm



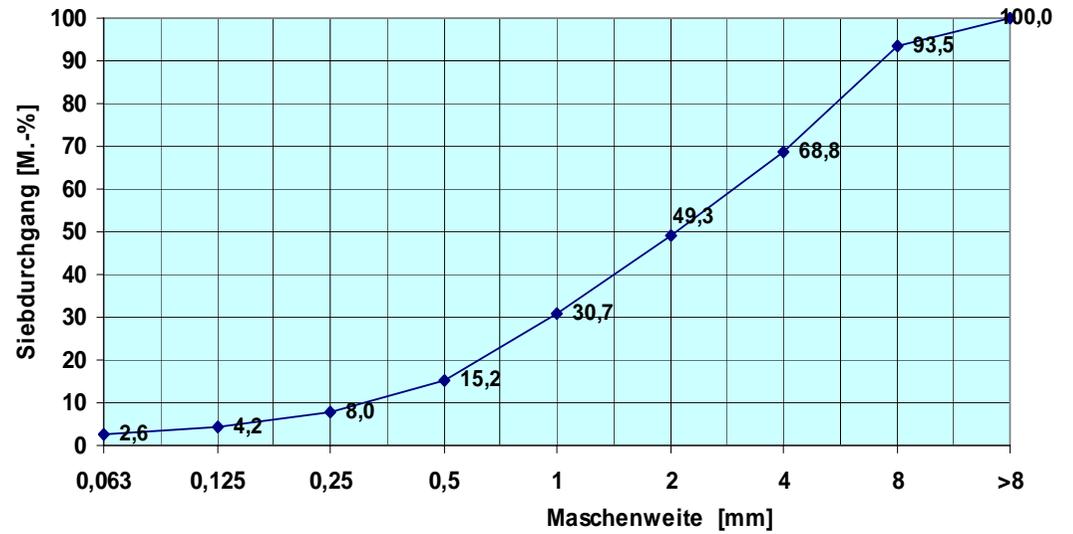
Gebrochenes Kalksandstein-Material





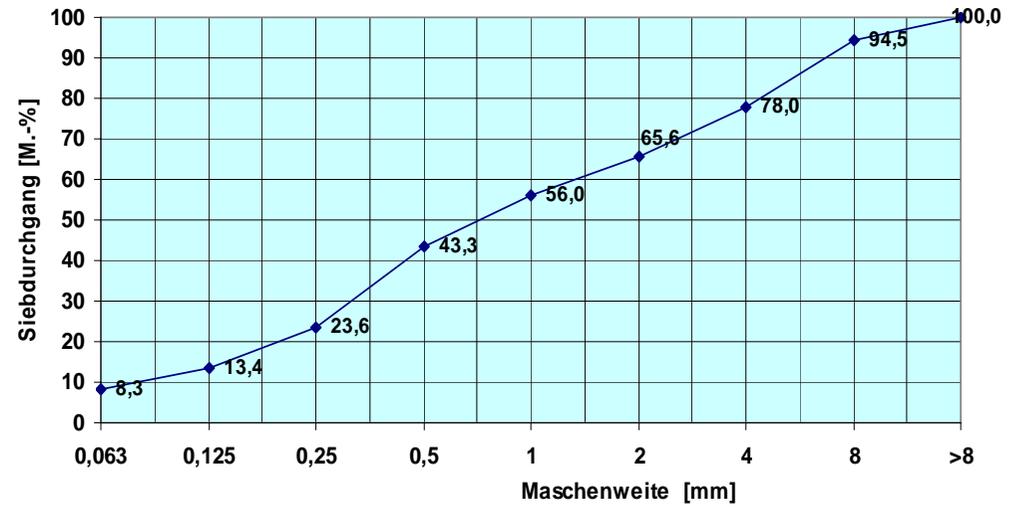
Gebrochenes
Kalksandstein-Material
mit geringen
Verunreinigungen



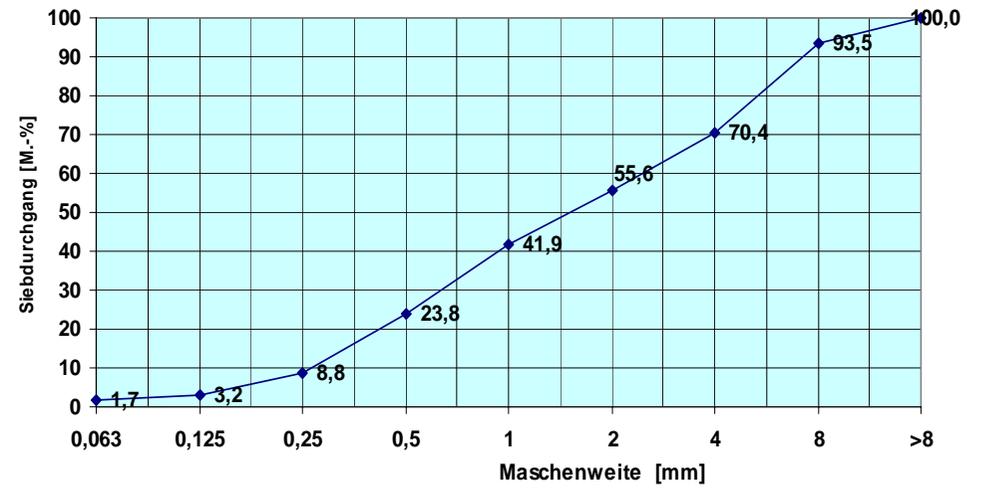


Gebrochenes Porenbeton-Material



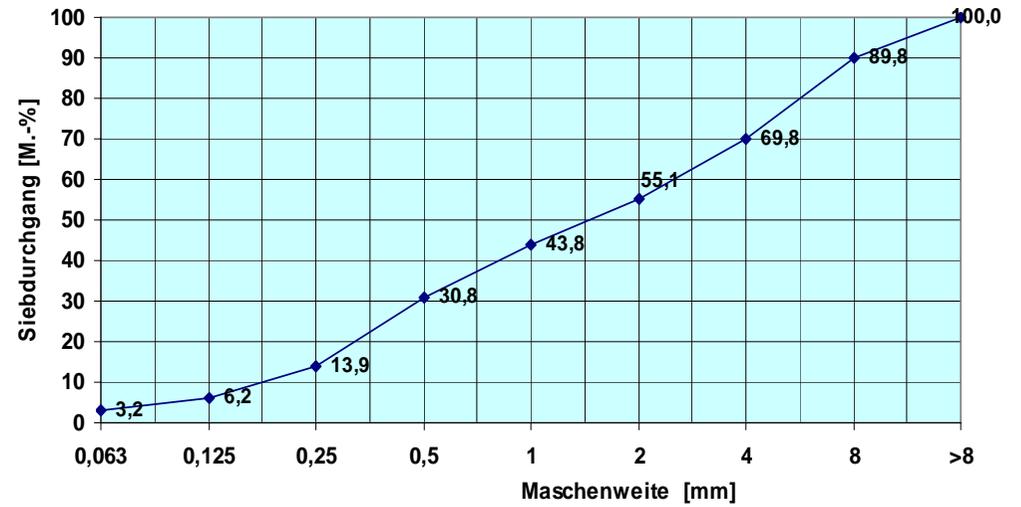


Gebrochenes Ziegel-Material



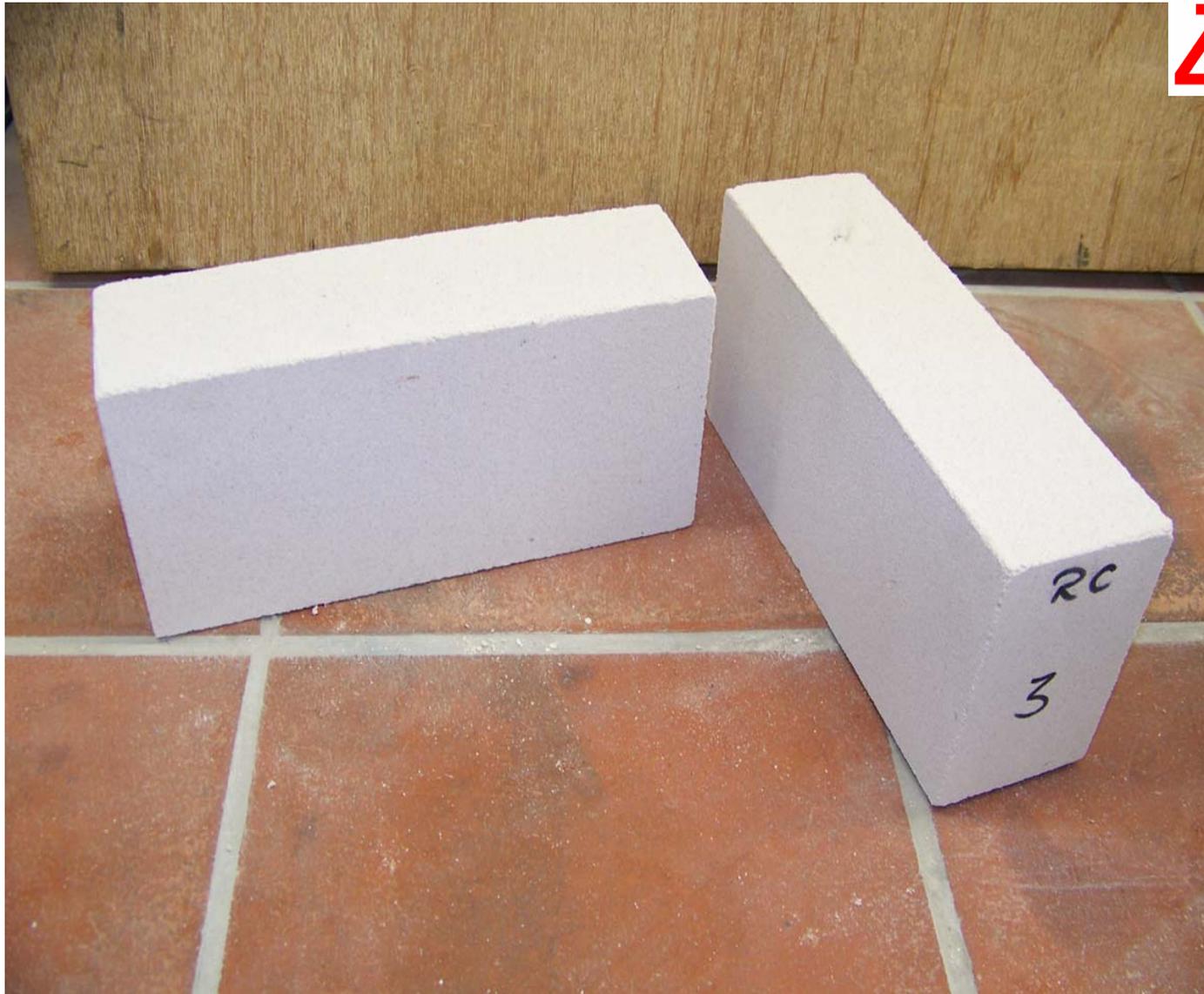
Gebrochenes Beton-Material



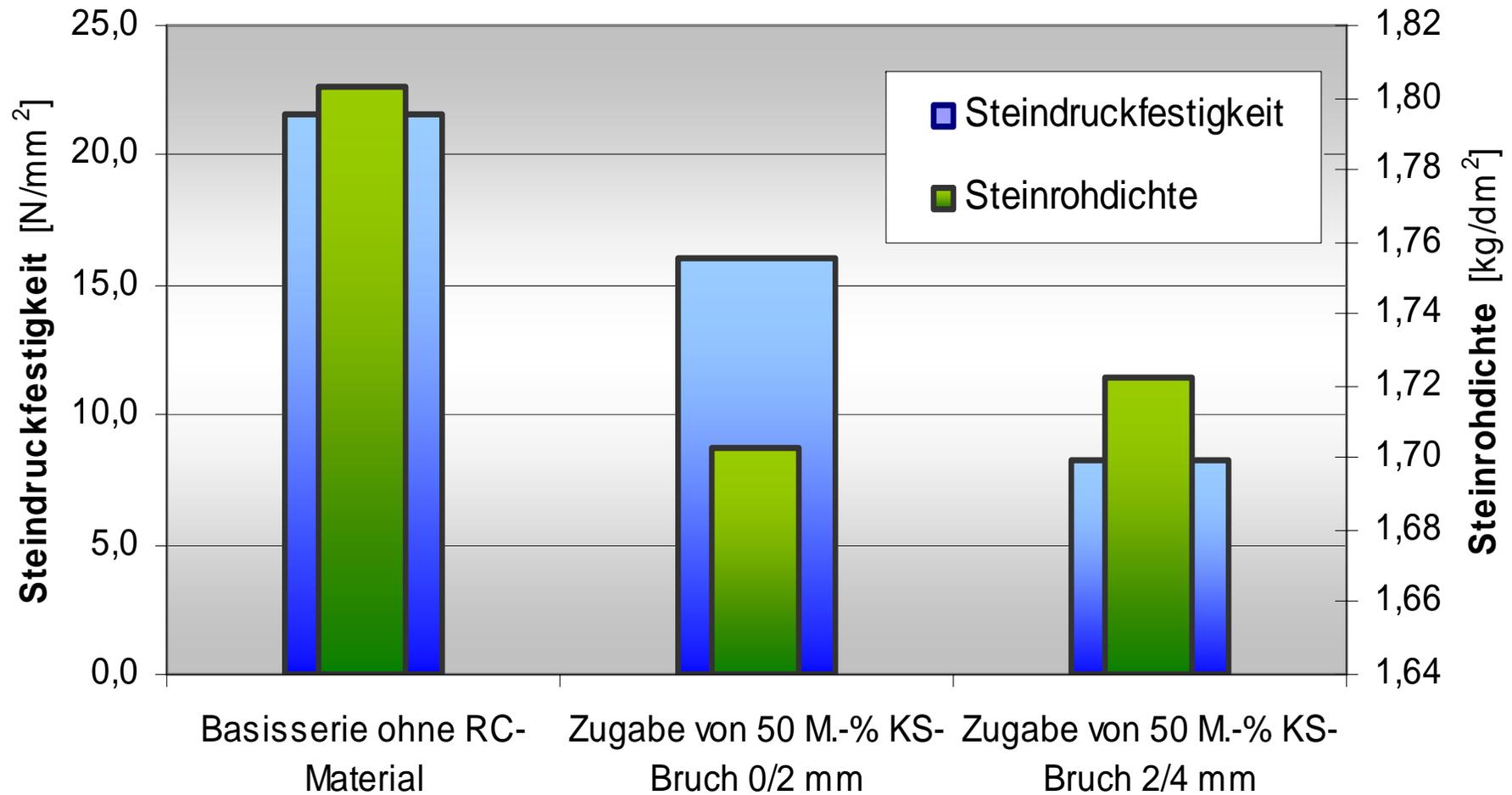


Gebrochenes Naturstein-Material





Nullserie ohne Zugabe von Recycling-Material

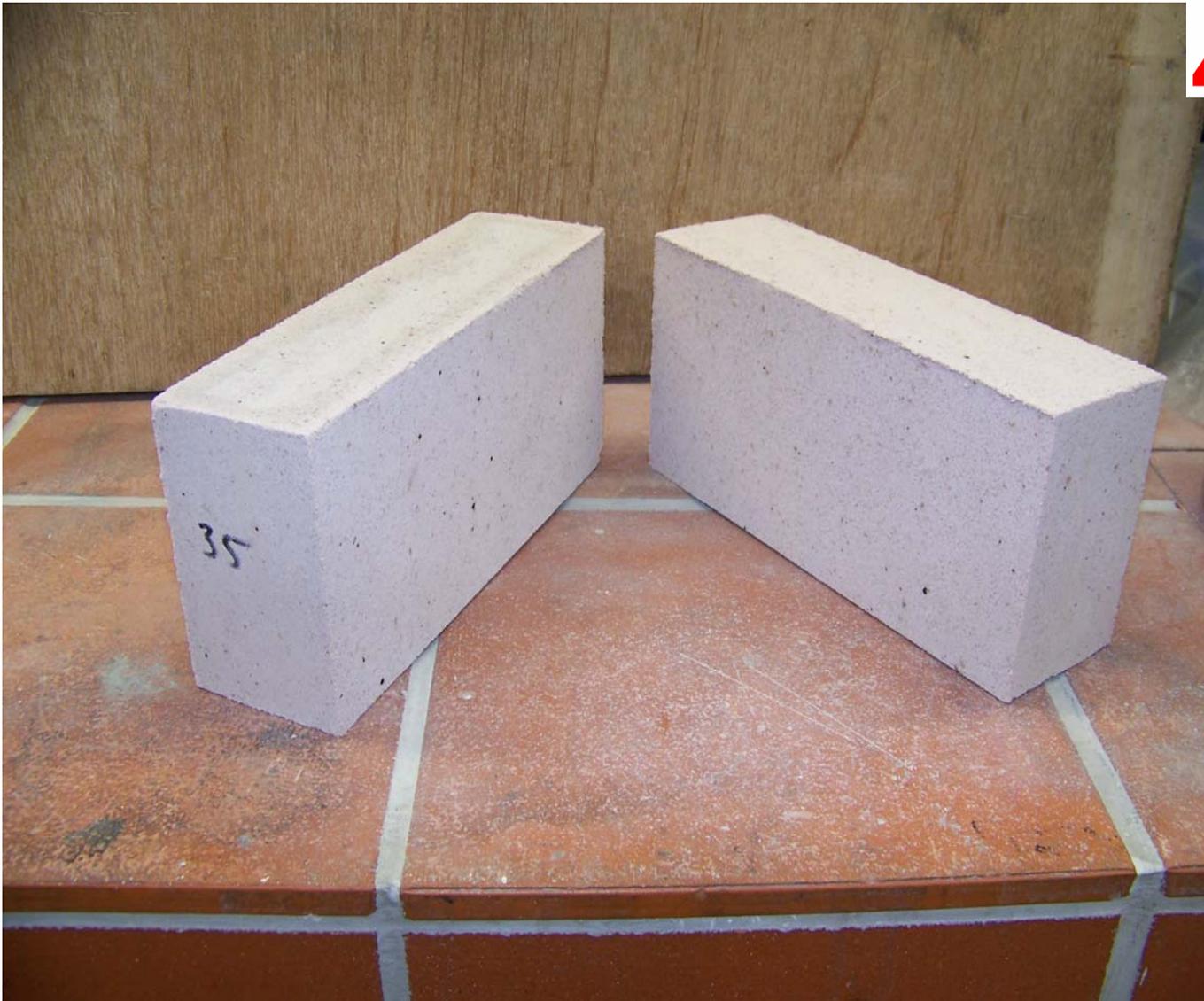




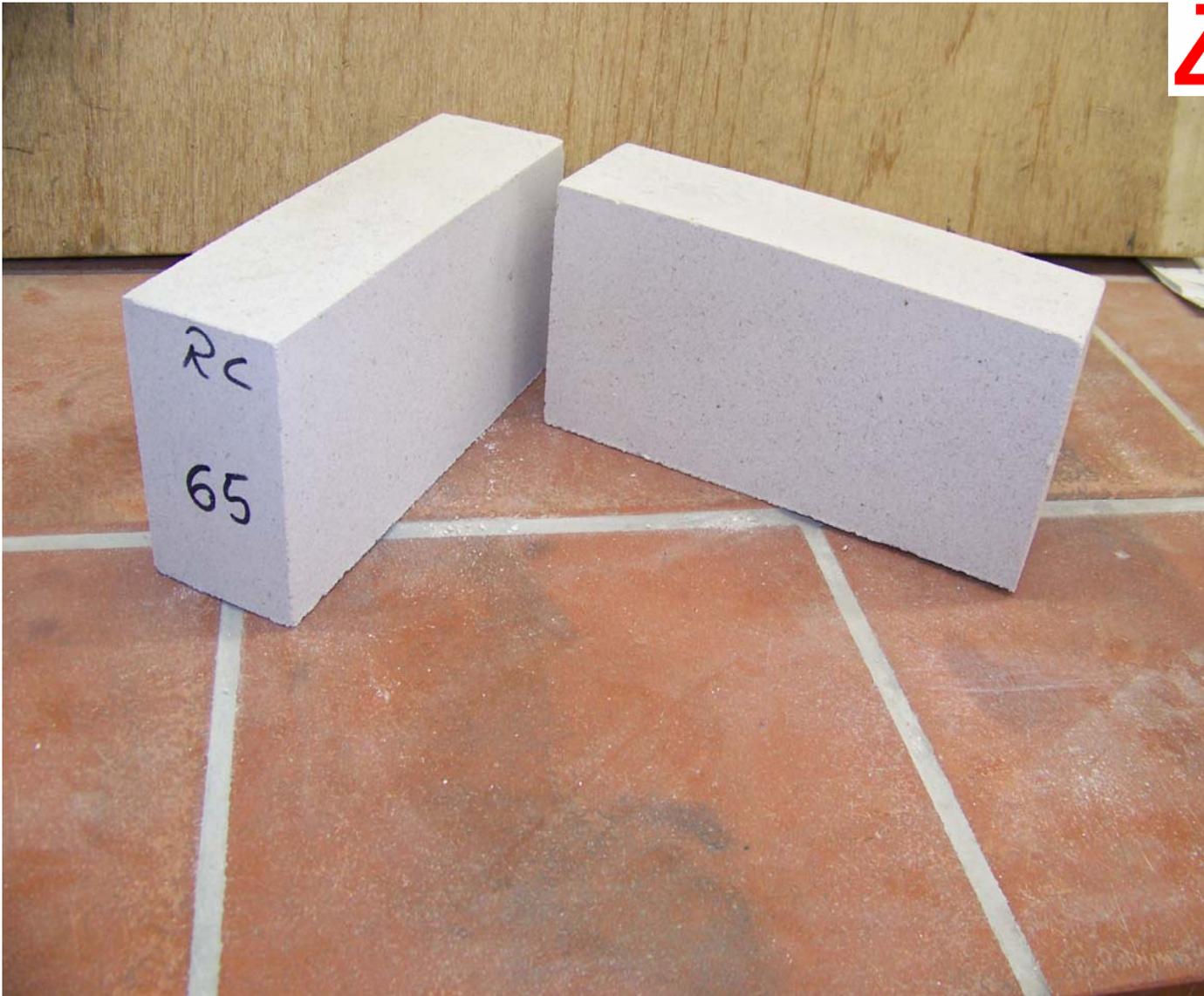
Zugabe von 50 M.-% KS-Recycling-Material der feinen Fraktion 0/2 mm



Zugabe von 50 M.-% sortenreinem Kalksandstein-Recycling-Material der groben Fraktion 2/4 mm - Reduzierung des Pressdrucks - deutlicher Aufraueffekt



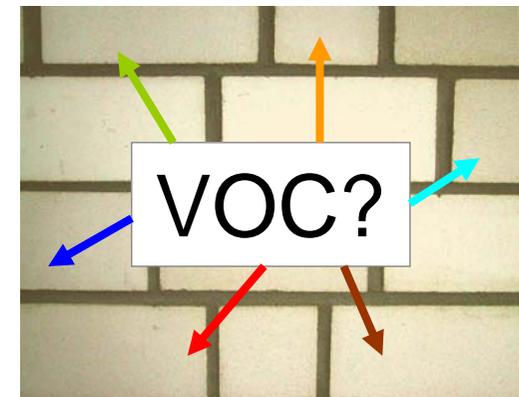
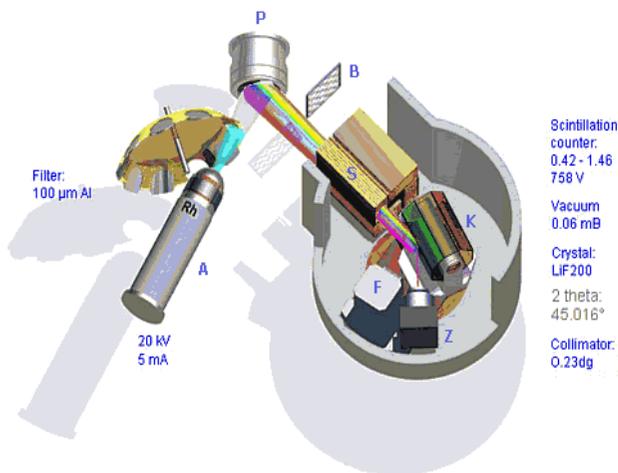
Zugabe von 50 M.-% Ziegel-Recycling-Material der feinen Fraktion 0/2 mm -
Pressdruck $\sigma_p = 15 \text{ N/mm}^2$

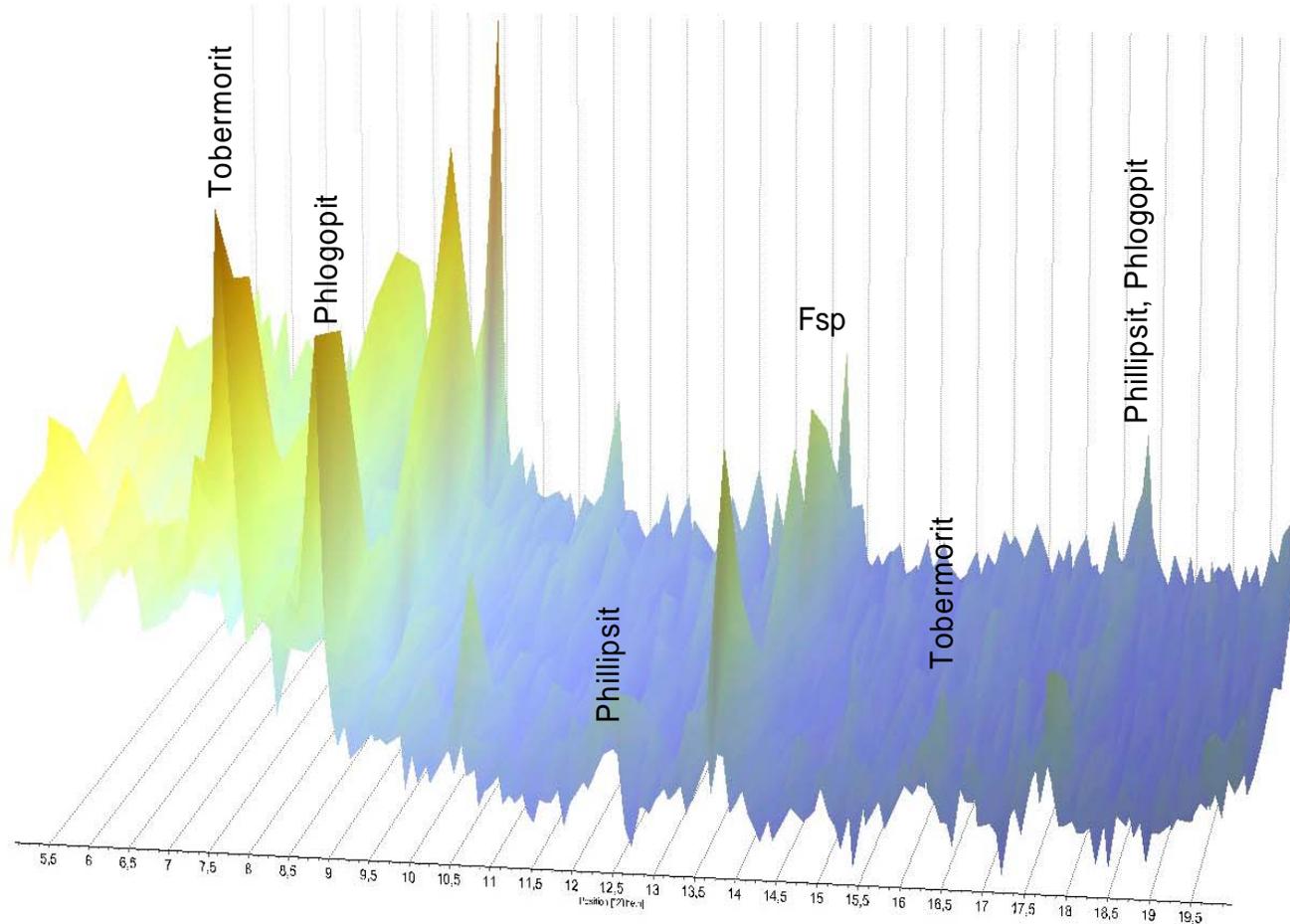


Zugabe von 50 M.-% Naturstein-Recycling-Material der feinen Fraktion 0/2 mm

Umweltanalyse: → völlig problemlos...

1. Chemische Analyse (z.B. Röntgenfluoreszenzanalyse...)
2. Auslaugungsverhalten (DEV-S4, Säulenversuche...)
3. Innenraumluft, VOC-Emissionen (volatile organic carbon)





Röntgen-Pulverdiffraktometrie des RC-Materials (Beispiel)

Fazit:

- Aus RC-Bruchmaterial sind solide Mauersteine herstellbar.
- Die Festigkeit reicht für den „einfachen“ Mauerwerksbau aus.
- Die „optische Qualität“ leidet teilweise stark.
- Dauerhaftigkeitsprobleme sind bislang nicht bekannt geworden.
- Umweltprobleme sind nicht zu erwarten.
- Beschränkung auf die Zugabe von feinem Material 0/2 mm, da grobes Material 2/4 mm zu sehr starken Aufraueffekten führt.

6) Deponiebau „Methanox“

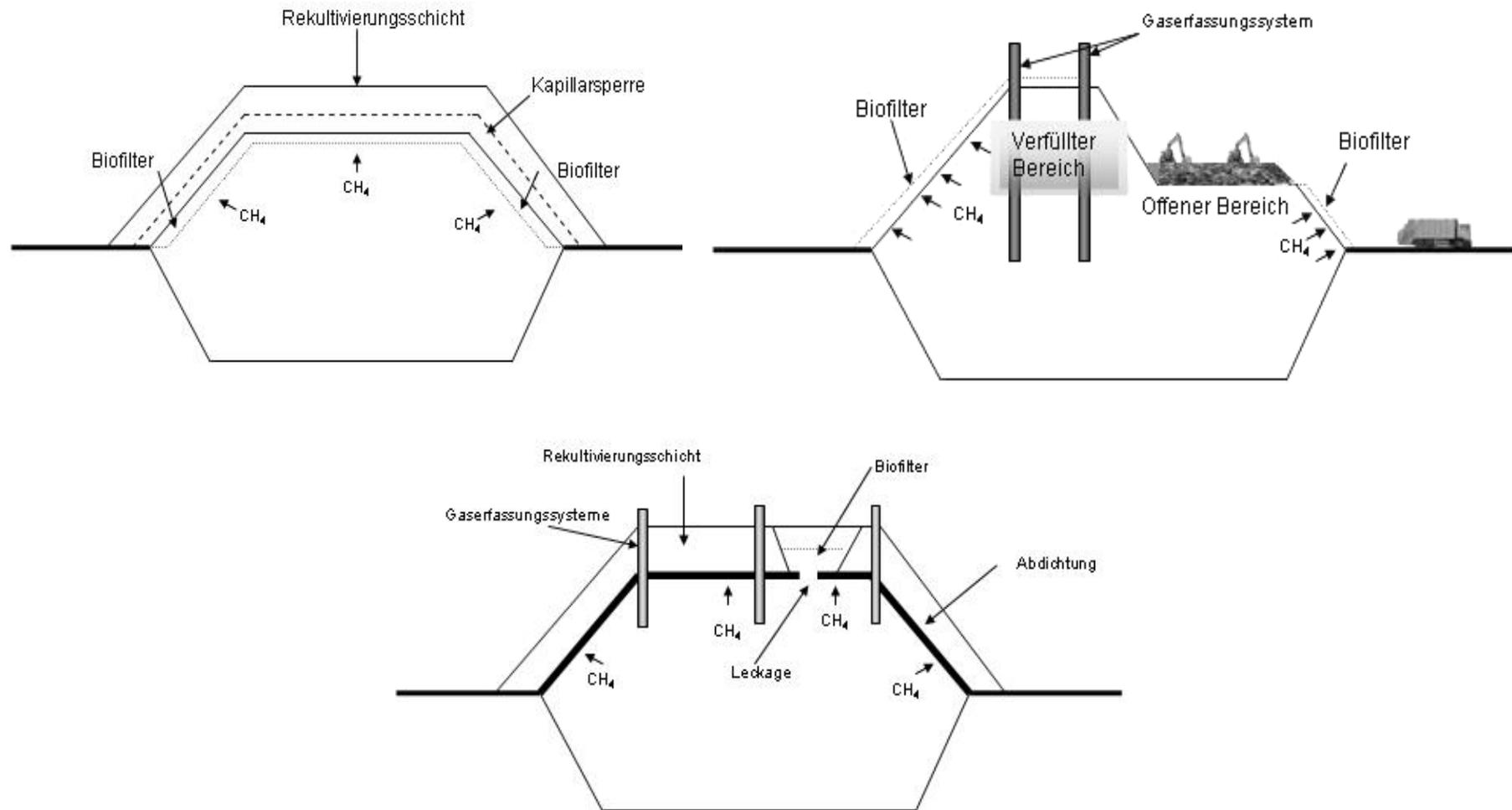
Kalksandstein- und Porenbeton-Recycling-Material
als alternative Deponieabdichtung
oder als Reparaturmaterial im Falle von Leckagen
(AiF-Forschungsvorhaben)

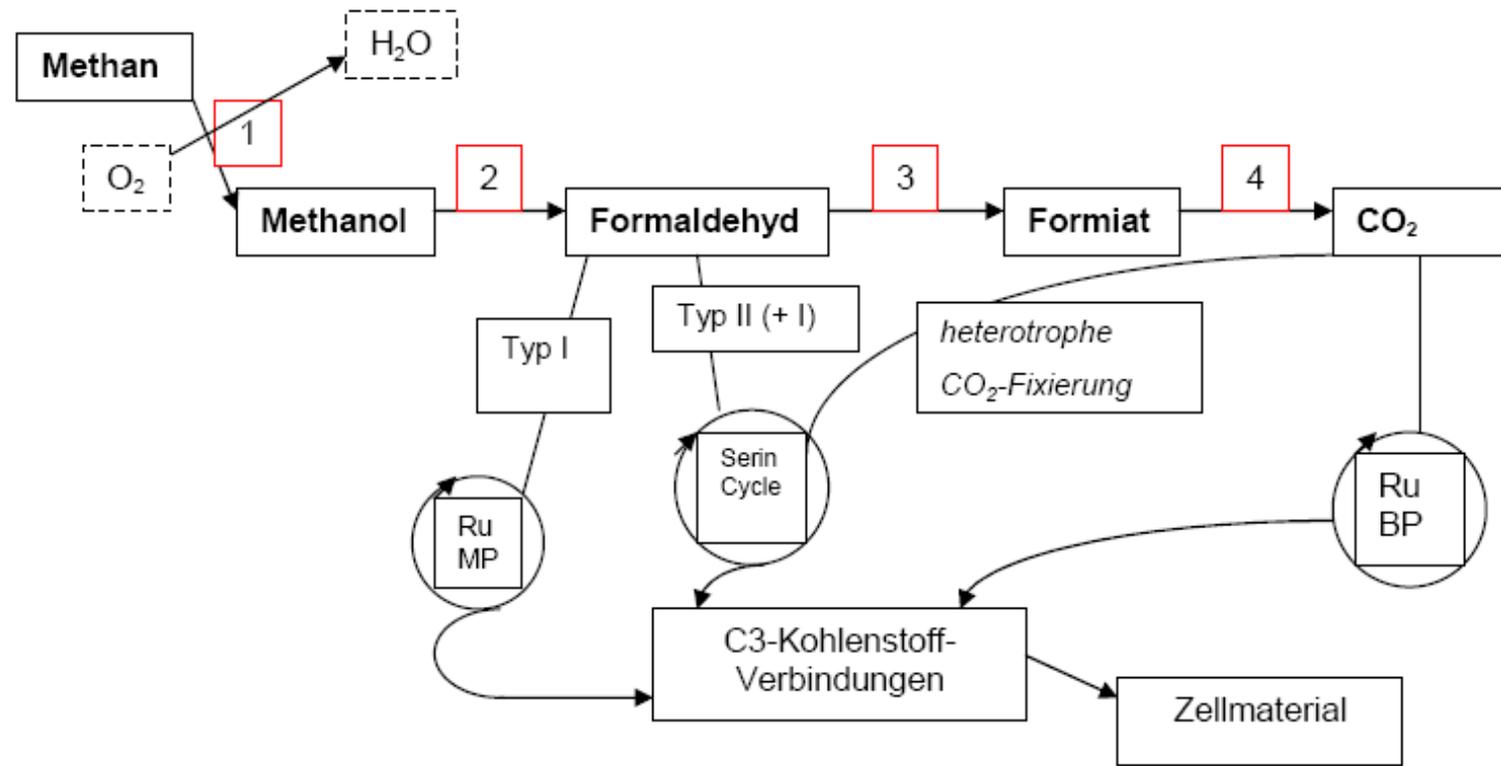
Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.

Forschungsvereinigung Porenbeton e.V.

Forschungsvereinigung Recycling und
Wertstoffverwertung im Bauwesen e.V.

zu 6) verschiedene Anwendungsfälle



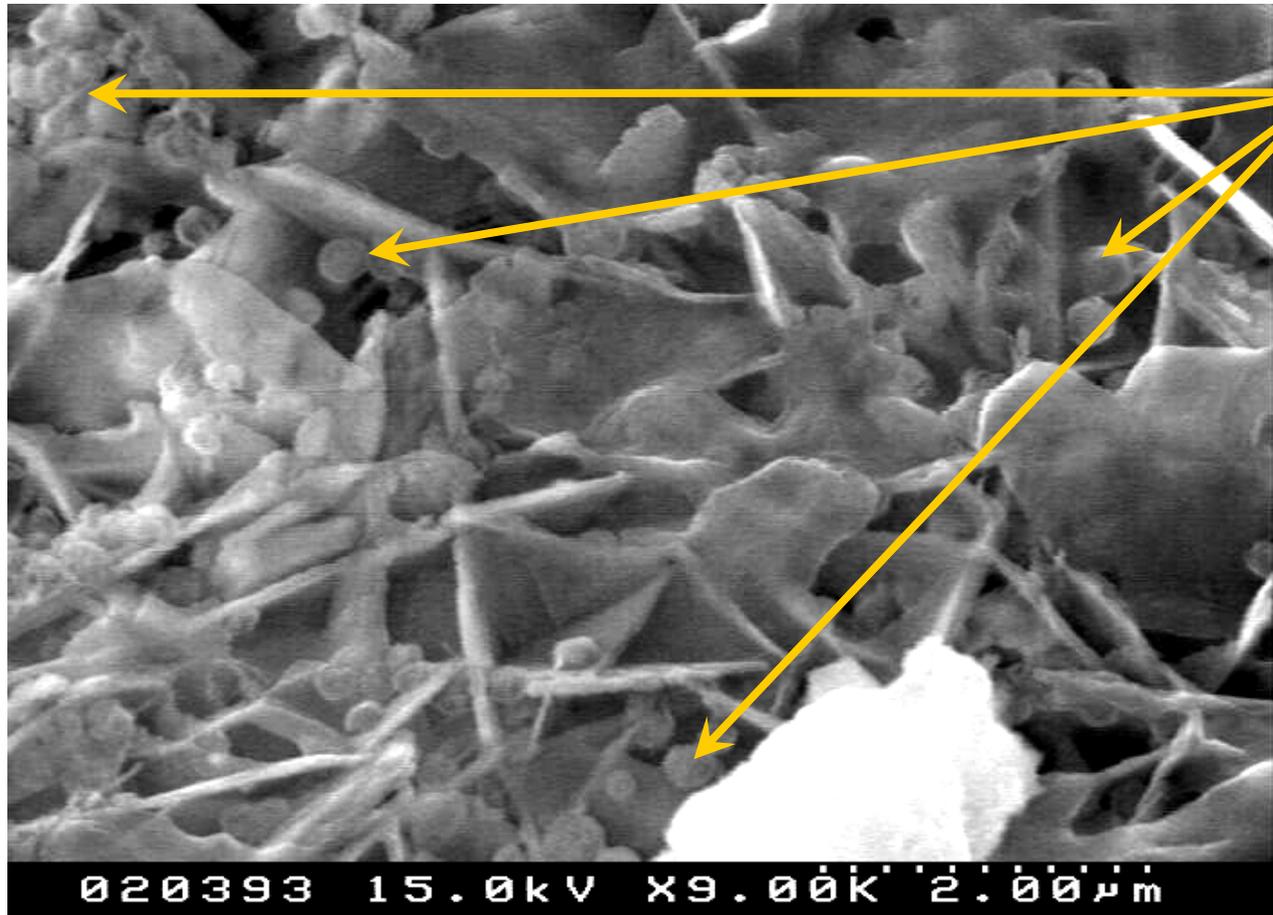


Umwandlung von Methan in CO₂

Stoffwechsel von Methan durch aerobe methanotrophe Bakterien

Enzyme: 1, Methan-Monooxygenase (MMO); 2, Methanol-Dehydrogenase; 3, Formaldehyd-Dehydrogenase; 4, Formiat-Dehydrogenase

Das Endprodukt des Methanabbaus ist das Kohlendioxid (CO₂), das dann schließlich in die Umgebung abgegeben wird.



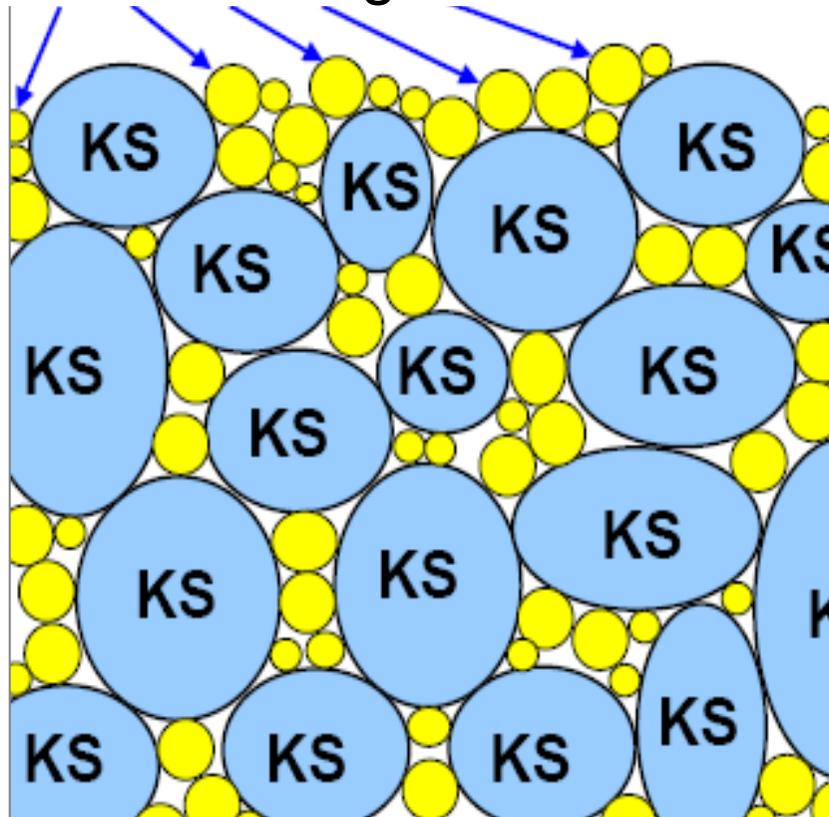
REM,
9000-fache
Vergrößerung
kokkenförmige
Bakterien

Methanoxidierende Bakterien im Porenbeton angereichert

Beispiel für einen möglichen Gefügebau

→ Berechnung der optimalen Korngrößenverteilung mittels
Spezialsoftware

Porenbeton mit Mikroorganismen im Porenraum



7) „SIM“

Stoffkreislauf im Mauerwerksbau (AiF)

SIM - **S**toffkreislauf **I**m **M**auerwerksbau

Recycling von Mauerwerk

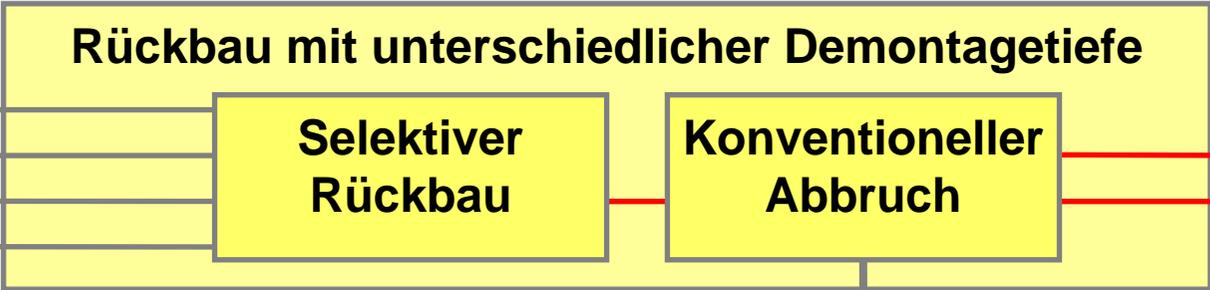
Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.

Forschungsvereinigung der Leichtbetonindustrie e.V.

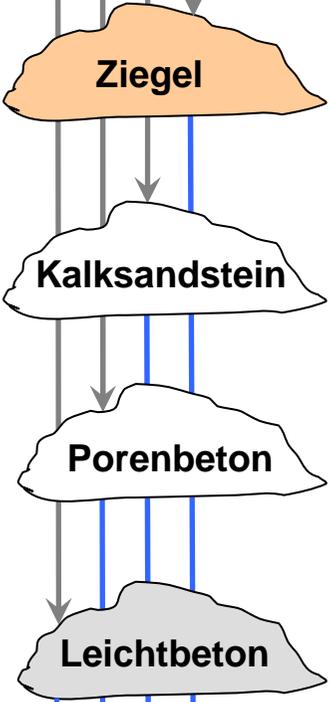
Forschungsvereinigung Porenbeton e.V.

Forschungsvereinigung Ziegelindustrie e.V.

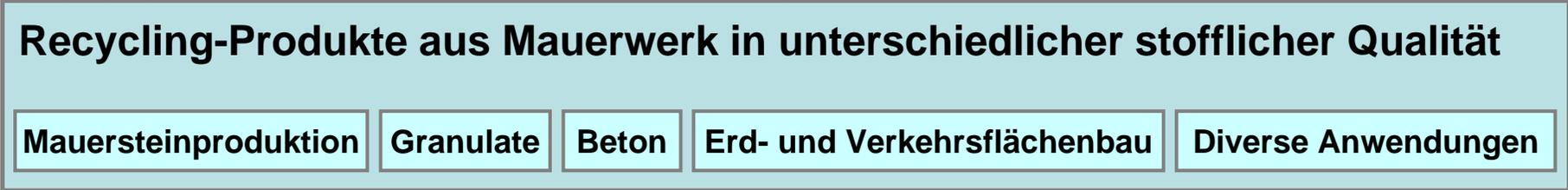
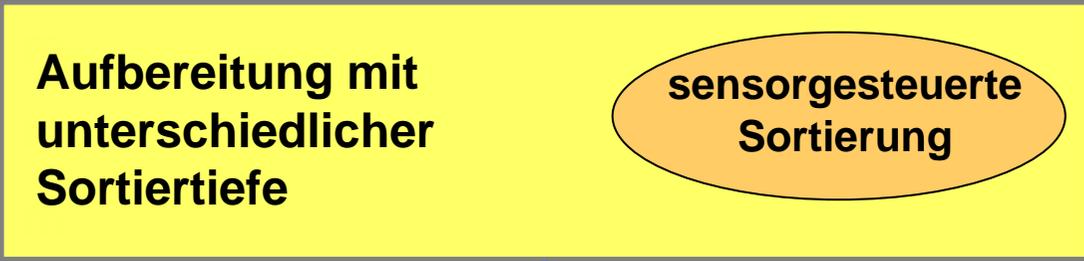
Forschungsvereinigung Recycling und Wertstoffverwertung im Bauwesen e.V.



- Dachbahnen
- PVC
- KMF
- Holz
- Kabel
- Fe, NE



Begleitende Qualitätsüberwachung, Schnellanalytik



Fazit der bisherigen KS-Recycling-Forschung:

- Kalksandstein-Material ist in weiten Bereichen recyclingfähig.
- Potenzielle Einsatzbereiche:
 - Erneute Kalksandstein-Produktion
 - Betonbau Expositionsklasse XF1 (Stahlbetonstütze im Freien)
 - Erd-, Straßen- und Wegebau, Vegetationssubstrate
- Bestimmte Stoffe (z.B. Holzreste, Kunststoff, Gips) sind zu entfernen.
- Die Art des Zerkleinerungsaggregats ist nachrangig.
- Die Auswirkungen auf die Kalksandstein-Eigenschaften sind von den Sandeigenschaften und von der Rezeptur abhängig.
- Druckfestigkeits- und Rohdichte-Einbußen bei Kalksandsteinen sind auszugleichen.
- Recyclingsteine sind mittels KS-Technologie herstellbar.