

Aufbaukörnungen aus heterogenem Abbruchmaterial

Dipl.-Ing. Alexander Schnell
Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller

Fachtagung Recycling R´10
22. und 23. September 2010

○ Aktuelle Daten für Deutschland:

- Aufkommen an Bauschutt: **57 Mio. t/a** (ohne Straßenaufbruch und Bodenaushub)
- Recyclingquoten 1995 bis 2008: **68 bis 73 %**; stagnierend
- Einsatzbereiche: Tiefbau, Landschaftsbau
- Anteil Recycling im Hochbau (als rezyklierte Gesteinskörnung): **< 5 %**
- Verwertungsdefizite bei Mauerwerkbruch und Sandfraktionen
- Deponieraum begrenzt
- Verbundbaustoffe → zukünftige Probleme beim Recycling

○ Fazit:

- Jährlich werden **15 bis 18 Mio. t Bauschutt nicht verwertet**
- Bedarf an neuen Trenn- und Sortierverfahren und/oder Verfahren zur **stofflichen Verwertung**

- Ziel: Leichtgranulate aus **heterogenen** mineralischen Bauabfällen
- Anwendungspotentiale für das Produkt:
 - Zuschlag für Leichtbeton
 - Schüttung zur Wärme- und Schalldämmung
 - Trägermaterial zur Mykorrhiza-Bildung, Pflanzgranulat
- Lösungsansatz: **Stoffliche Verwertung** nach folgendem Prozessschema:

Zerkleinerung – Homogenisierung – Formgebung – Thermische Stabilisierung

Brecher – Kugelmühle – Intensivmischer – Drehrohrofen



Leichtgranulate: Einsatzgebiete und Anforderungen

o Bereich 1: Betonzuschlag und Schüttung

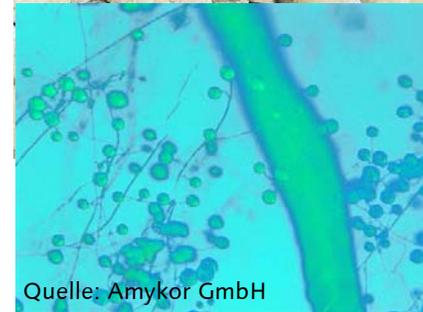
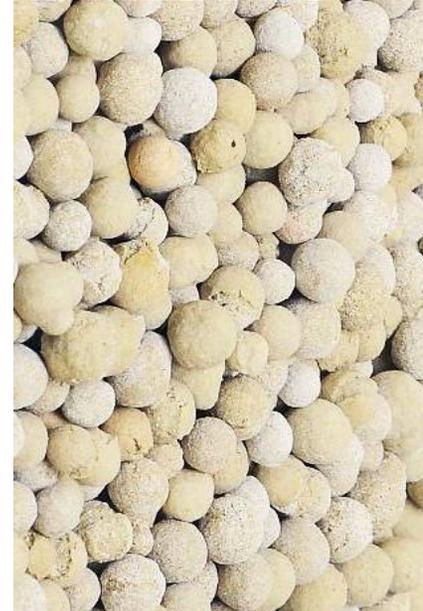
- Schüttdichten $< 800 \text{ kg/m}^3$, möglichst geringer ($< 300 \text{ kg/m}^3$)
- Kornfestigkeit $> 1 \text{ N/mm}^2$, möglichst höher
- Korndurchmesser: 2 bis 8 mm
- Keine betonschädlichen Bestandteile (z.B. Chloride)
- Für Schüttungen: Geruchsneutral, nicht brennbar

o Bereich 2: Pflanzgranulat

- Biologische Verträglichkeit
- Korndurchmesser und -form:
 - o Als Hydrokultursubstrate: 2 bis 4 mm, „rund“
 - o Als Beimischung: 1 bis 6 mm, „rund“

o Bereich 3: Trägermaterial für Mykorrhiza

- Optimale Porendurchmesser (um $250 \mu\text{m}$)
- Offene Porosität
- Biologische Verträglichkeit
- Korndurchmesser und -form: 2 bis 4 mm, gebrochen



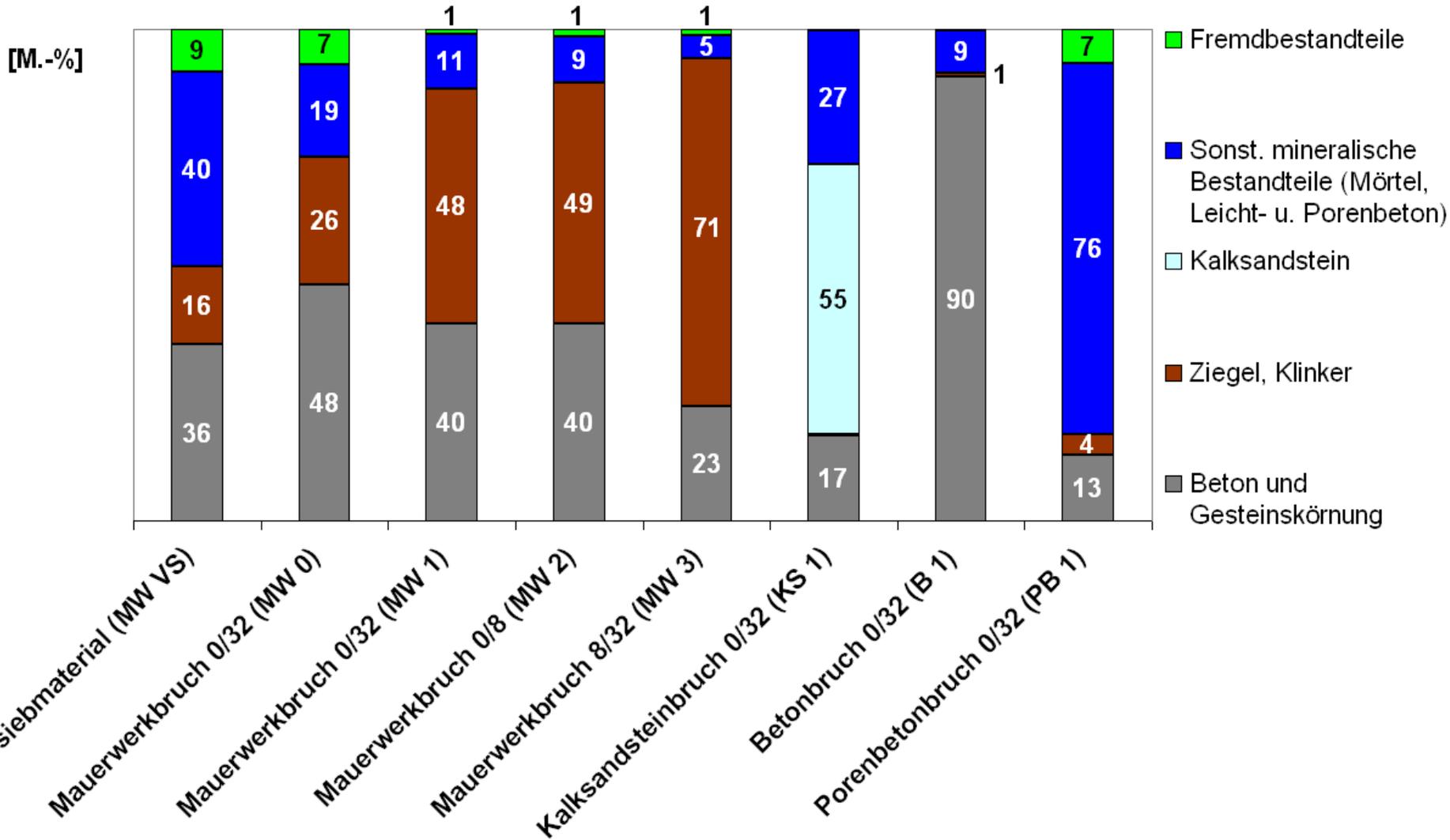
○ Bau- und Abbruchabfälle

- Mauerwerkbruch (MW 0/8, 0/32 und 8/32)
- Vorsiebmaterial (MW VS)
- Kalksandsteinbruch (KS 0/32)
- Porenbetonbruch (PB 0/32)
- Betonbruch (B 0/32)



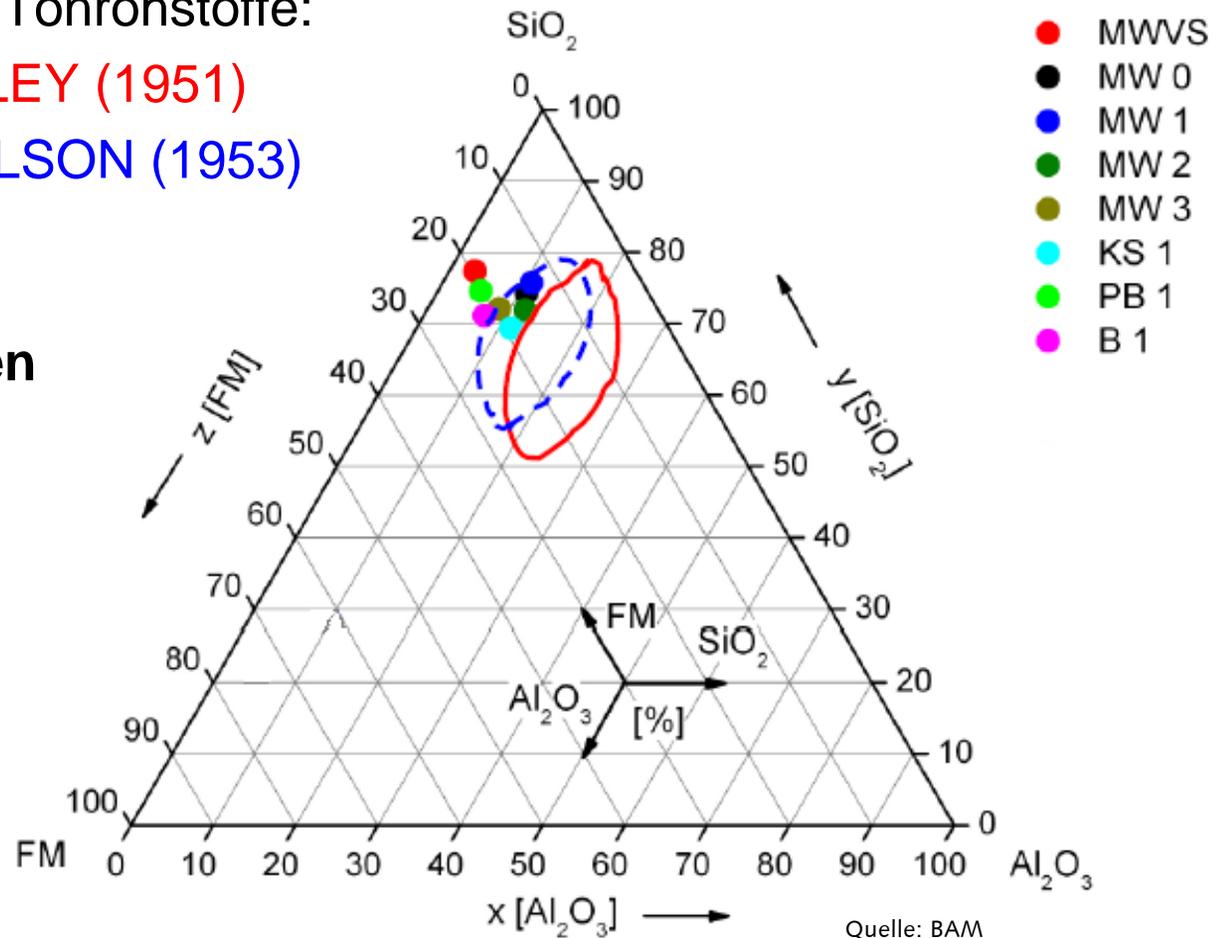


Ausgangsmaterialien: Sortieranalyse



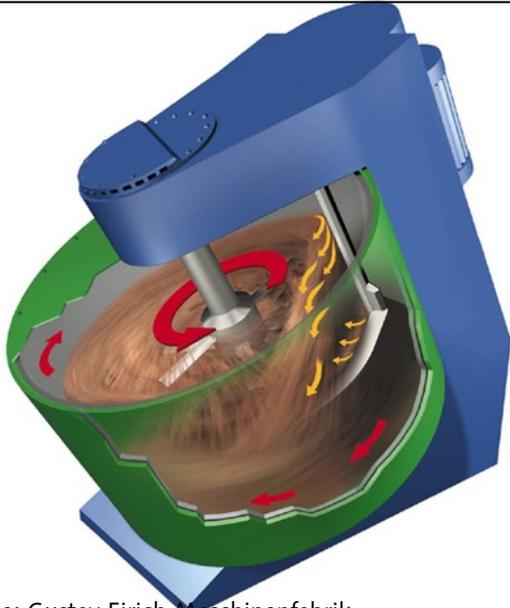
- Ausgangsmaterialien im ternären System SiO_2 - Al_2O_3 - Flussmittel (FM)
(Flussmittel = $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)
- Bereich für blähfähige Tonrohstoffe:
nach RILEY (1951)
nach WILSON (1953)

**Chance zur stofflichen
Verwertung?**



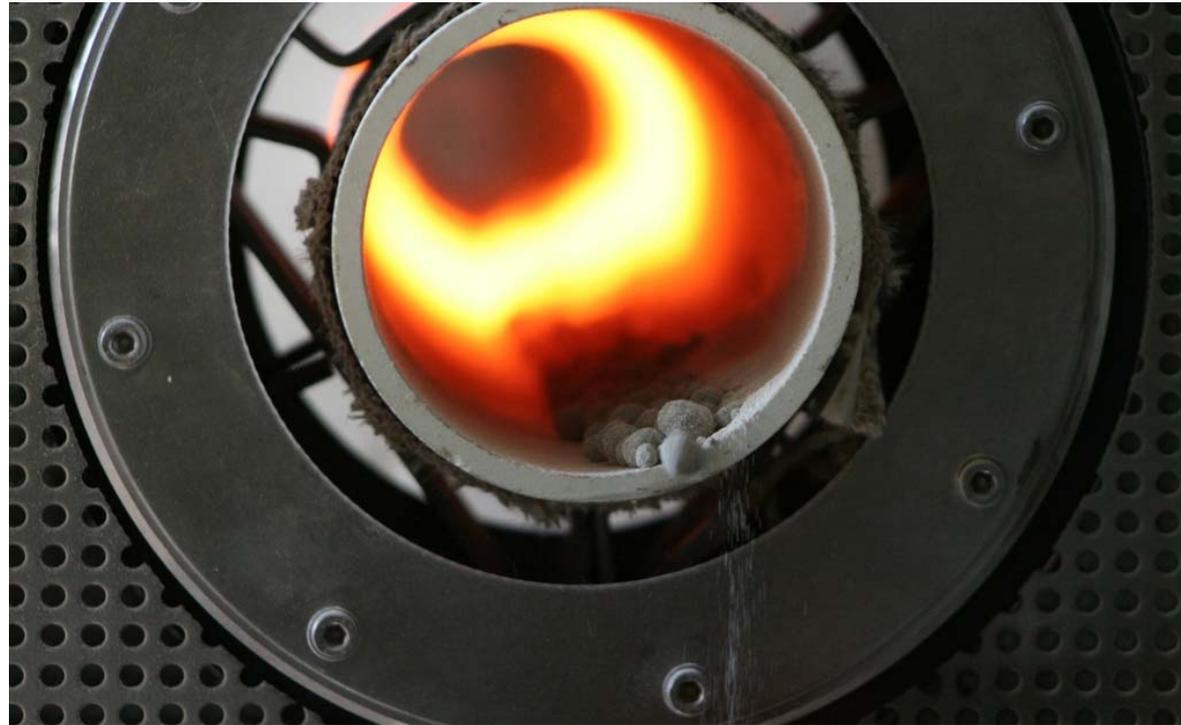
- **Zusatz- und Hilfsstoffe (Trenn- und Porosierungsmittel)**
 - Chemische Porosierungsmittel:
 - Siliciumcarbid (SiC), Gasfreisetzung im Bereich der Schmelzphasenbildung
 - Alternative: SiC-haltige Reststoffe
 - Trennmittel für Brennprozess im Drehrohrofen:
 - Korundmehl mit mittl. Korndurchmesser von 2 μm
- **Referenzmaterialien** für vergleichende Untersuchungen
 - Marktübliche Blähtone mit unterschiedlichen Rohdichten

- Tests mit Mehlen aus Mauerwerkbruch (Größtkorn 100 μm)
- Granuliersversuche mit Intensivmischer lieferten positive Ergebnisse:
 - **Mischen und Agglomerieren** in einem Arbeitsschritt im **Chargenbetrieb** möglich



Thermische Behandlung im Drehrohrofen

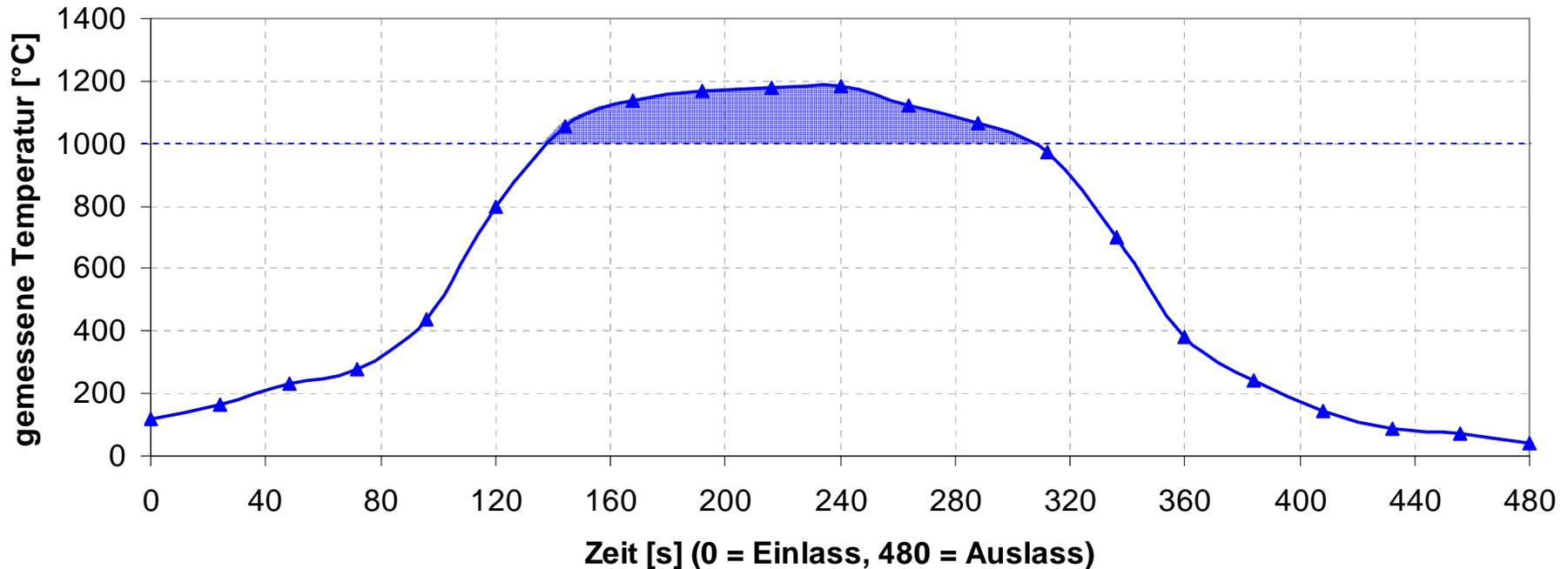
- Rezeptur:
 - 97 M.-% MW 0
 - 3 M.-% SiC
- Trennmittel:
 - Al_2O_3
- Brennprozess:



Versuch	Ofen	Solltemp. [°C]	max. Temp. [°C]	Brand	Drehzahl [min ⁻¹]	Neigung [%]	Durchsatz [l/h]
MW 0 (Brand 2x)	Gero DRF 100- 750/13	1240	1180	2x	8,00	4,5	1 bis 3
MW 0 (Brand 1x)		1245	1185	1x	9,00	4,5	2 bis 3
MW 0-S (Brand 1x)		1241	1192	1x	9,00	4,5	2 bis 3

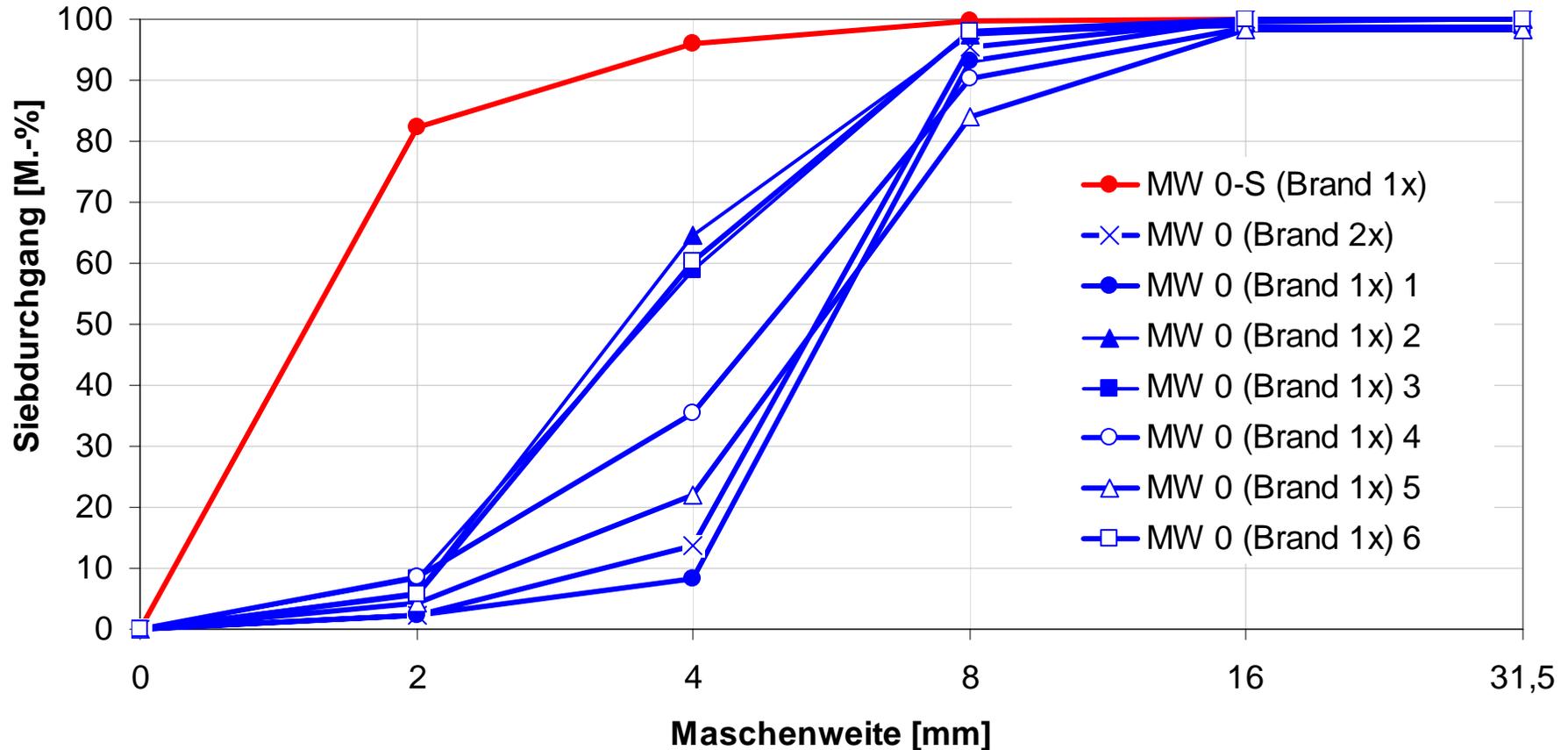
Thermische Behandlung: Temperaturprofil

Temperatur-Zeit-Kurve des Drehrohrofens (bei Geräteeinstellung: 1245 °C)



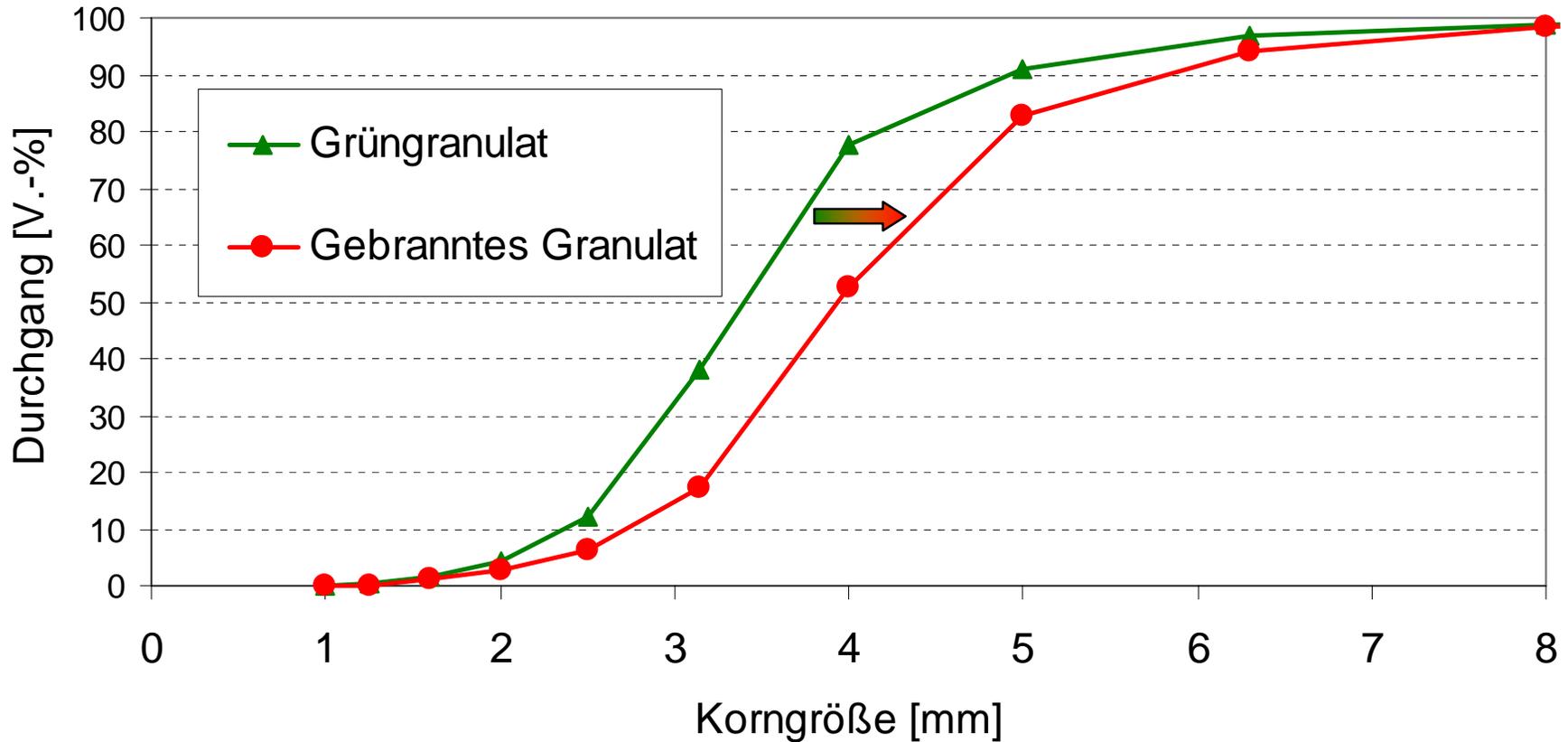
- Verweilzeit: ca. 8 Minuten, davon ca. 4 Minuten > 1000 °C
- Kontinuierlicher Betrieb, Durchsatz 2 bis 3 l/h

Ergebnisse: Sieblinien der Chargen nach dem Brennen



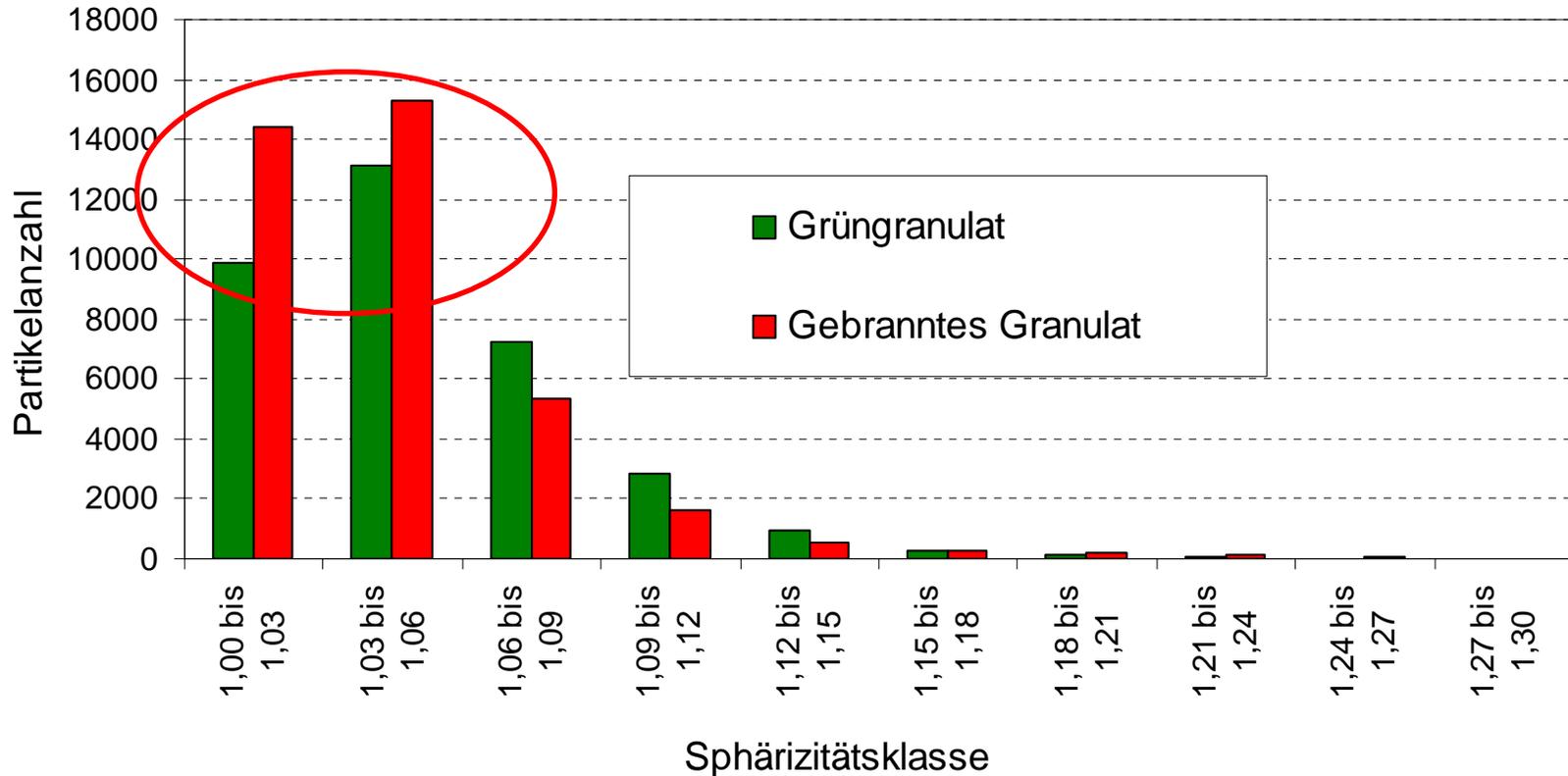
- Zielkorngröße 2-8 mm: Ausbeute > 90 % (Bereiche Beton/ Pflanzgranulat)
- Zielkorngröße 0-2 mm: Ausbeute > 80 % (nur für Bereich Pflanzgranulat)

Ergebnisse: Sieblinie Grüngranulat vs. Endprodukt

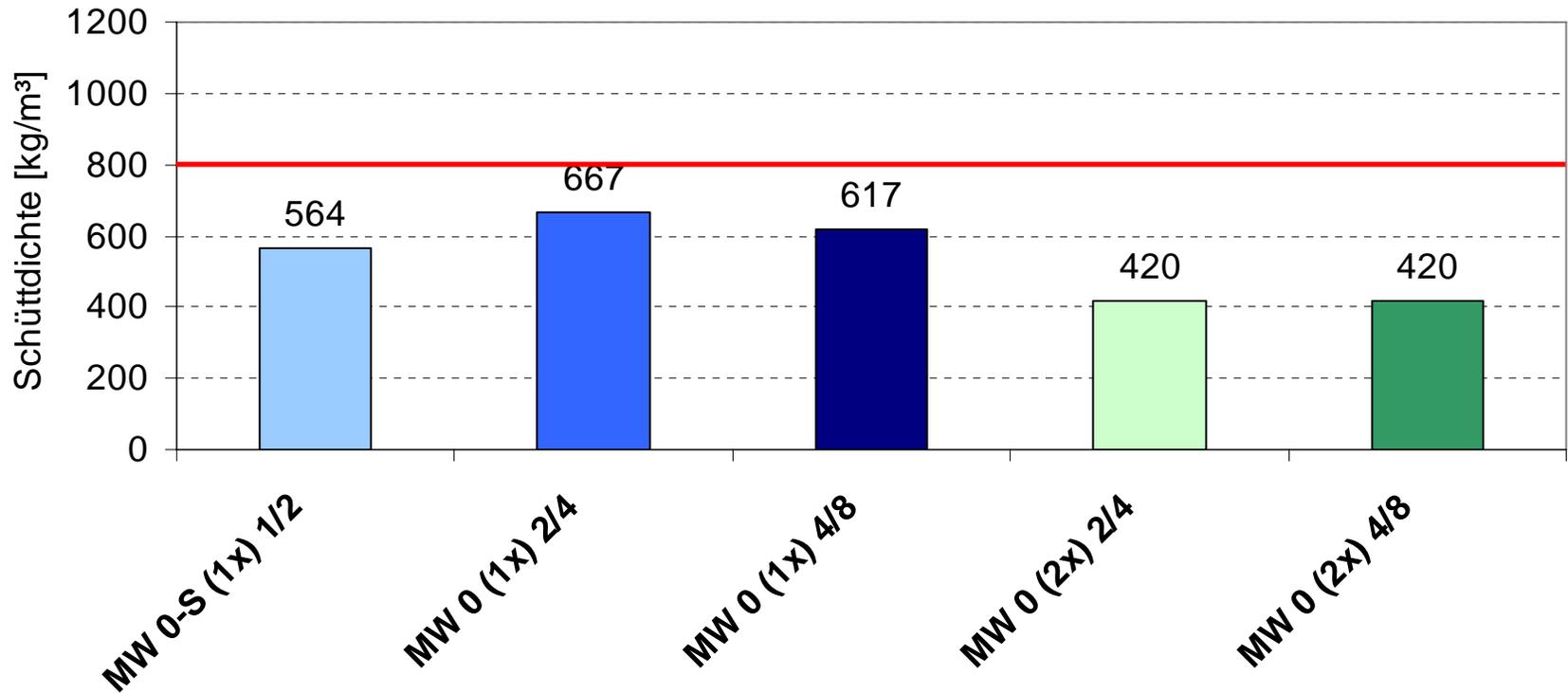


- Volumen nimmt um **70 Prozent** zu (über alle Kornklassen)
- Brand: 1x

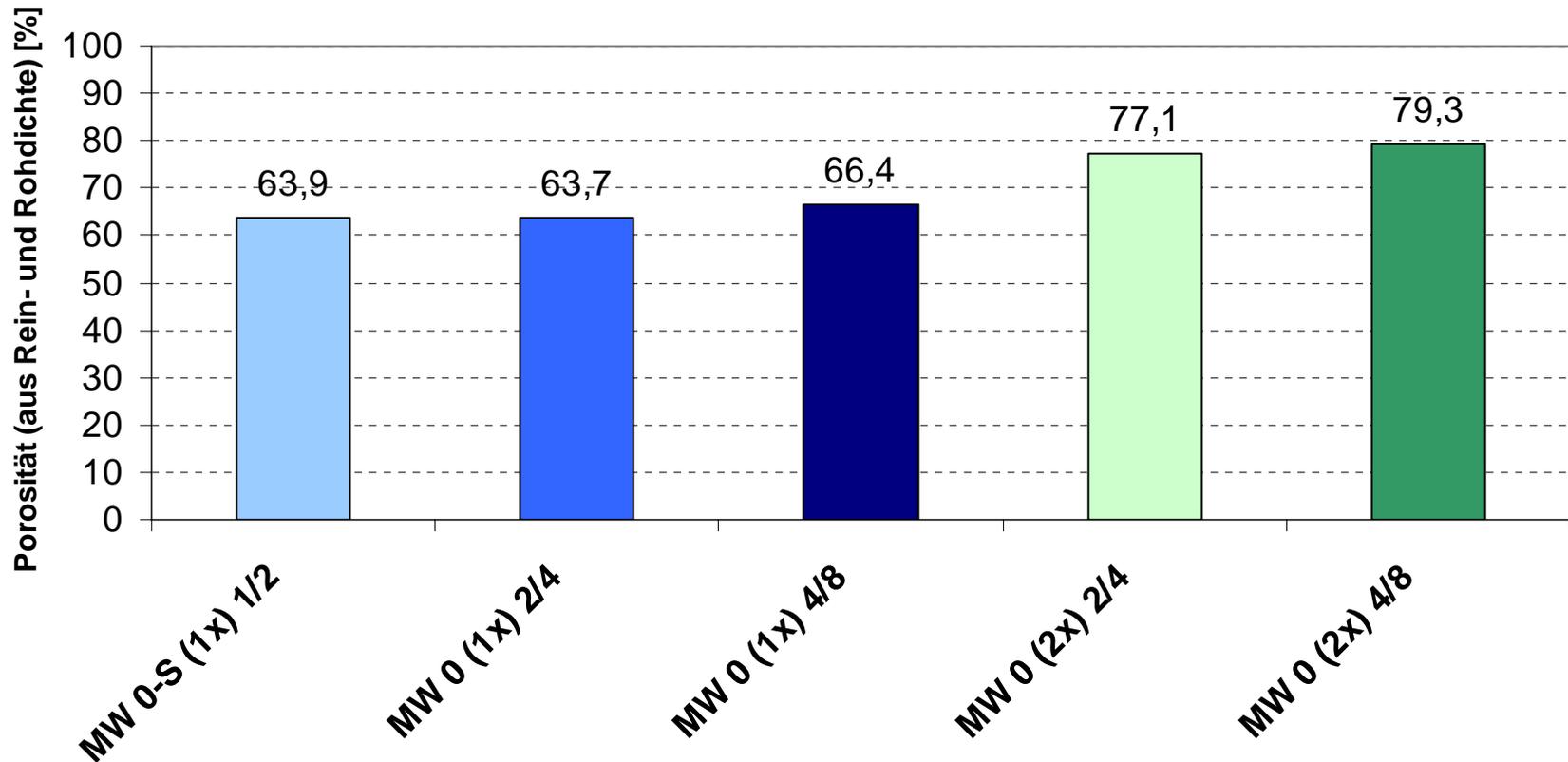
Ergebnisse: Zirkularität Grüngranulat vs. Endprodukt



- Nach Brenn- und Blähvorgang: deutlich mehr Granalien der Zirkularität 1 bis 1,06
- „Rundung“ durch Blähvorgang



- Zielbereich (< 800 kg/m³) erreicht – weitere Absenkung sinnvoll

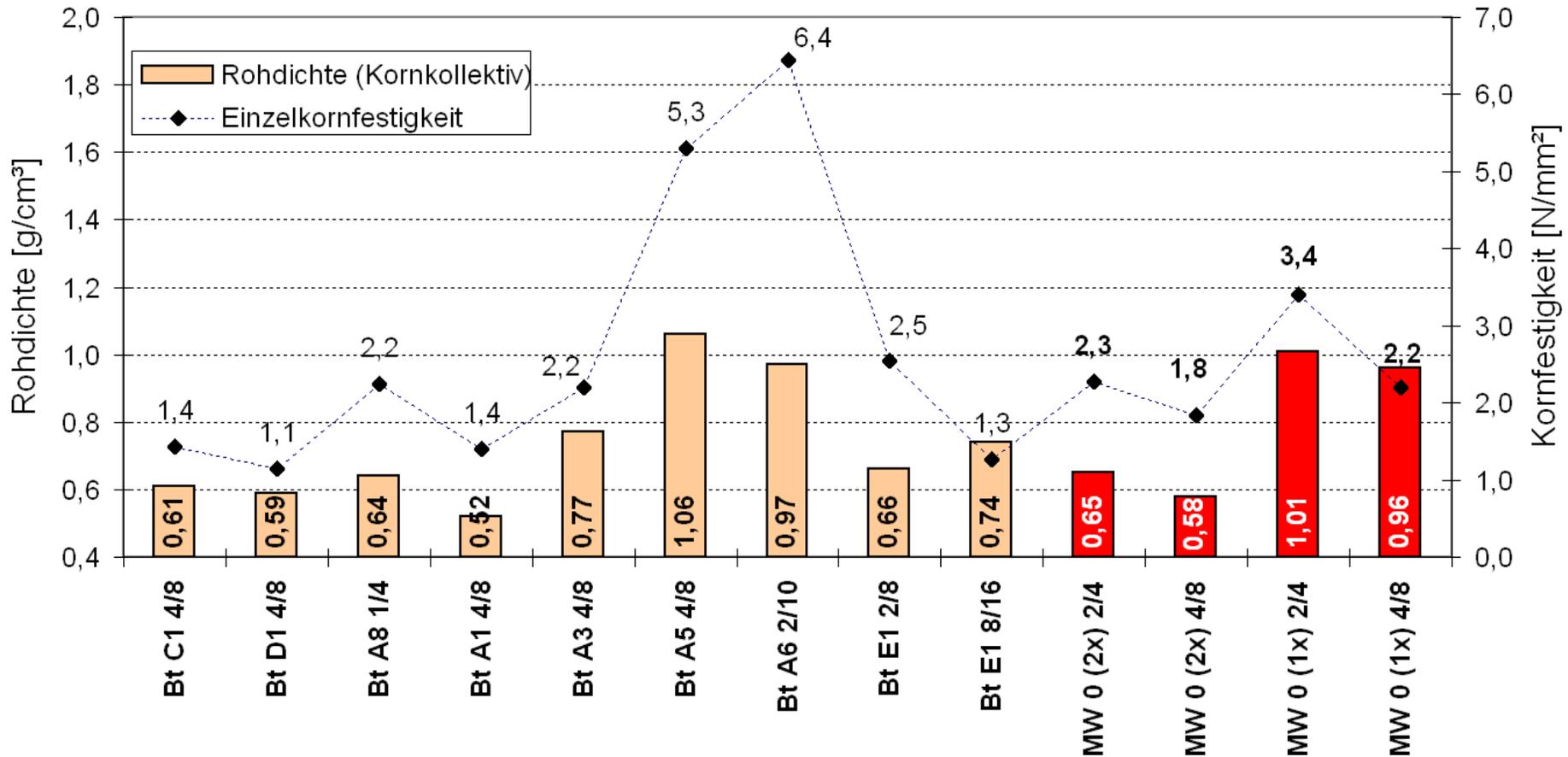


- Konstante Porosität, kaum Abhängigkeit von Kornfraktion
- Porosität beim 2. Brennvorgang: + 13 %

- Messung der Einzelkornfestigkeit mittels Tablettenprüfgerät
 - Grund: Sehr geringe Probemengen sind ausreichend (20 Granalien)
 - Gerät: Pharma Test PTB 511
 - Korreliert trotz hoher Streuung mit Druckzylinderverfahren nach DIN EN 13055-1

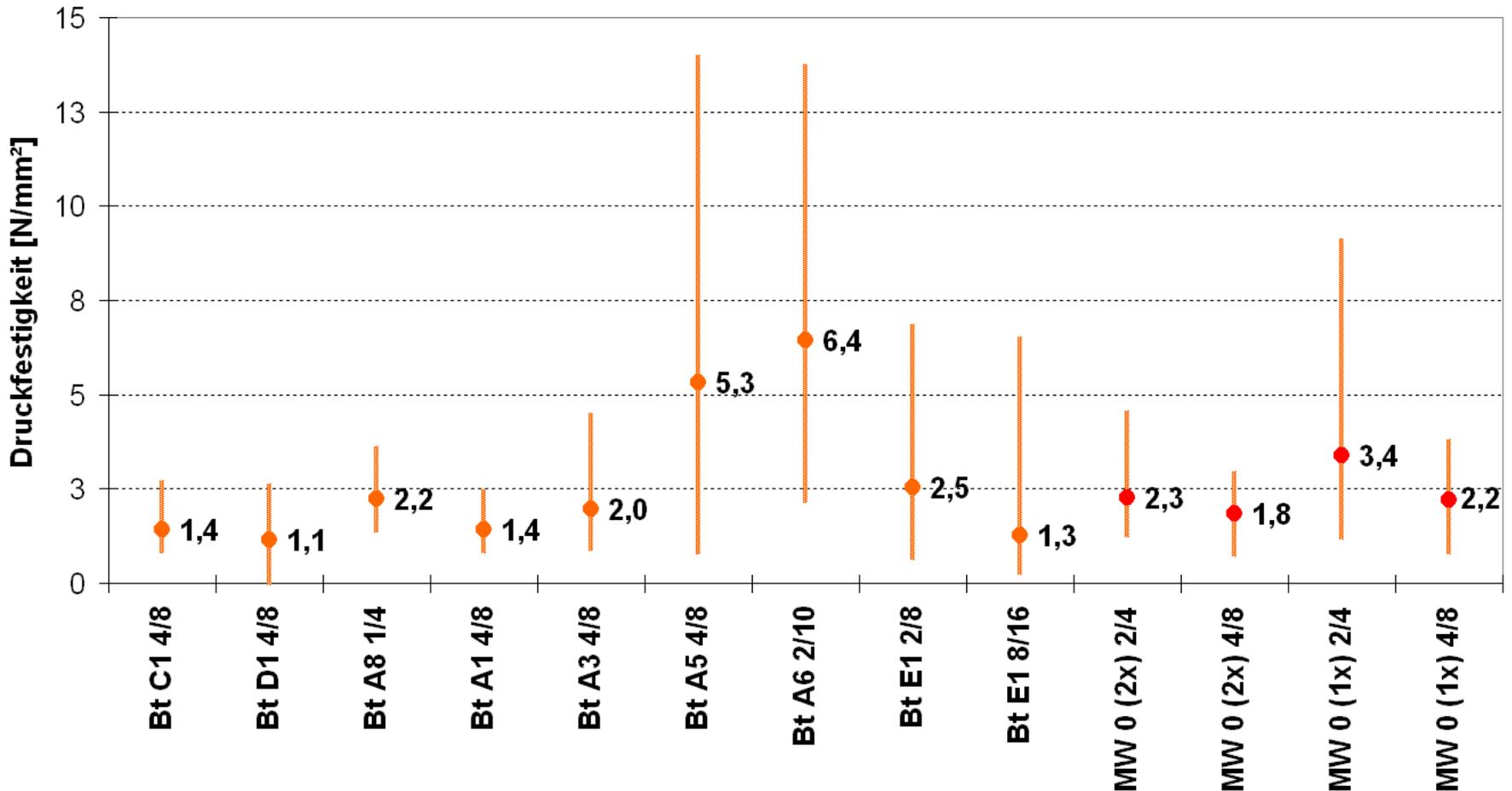


Ergebnisse: Einzelkornfestigkeit und Rohdichte



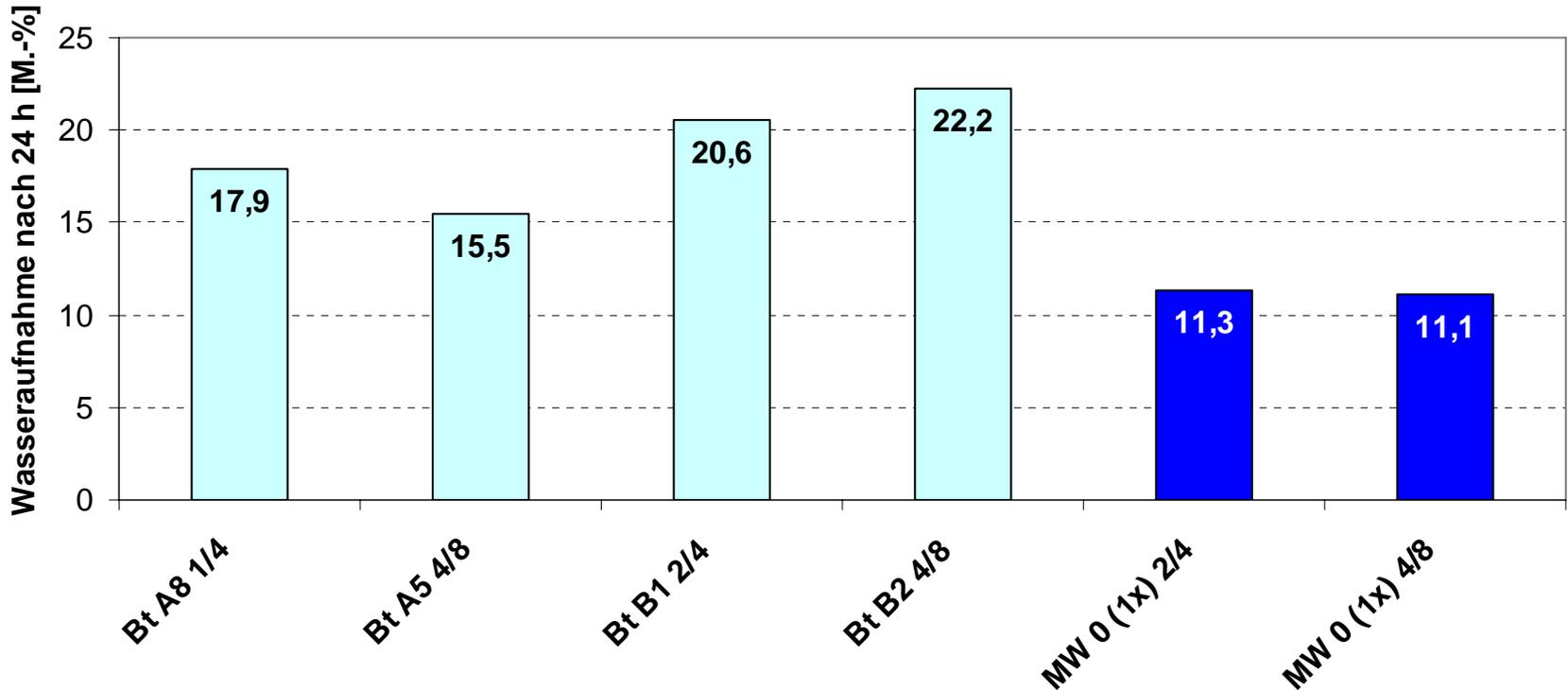
- Zielbereich für Kornfestigkeit ($> 1 \text{ N/mm}^2$) erreicht
- Absenkung der Rohdichte bei konstanter Kornfestigkeit wünschenswert

Ergebnisse: Einzelkornfestigkeit, Schwankungsbreite



- Große Schwankungsbreite (über 20 Einzelwerte) bei allen Materialien
- Schwankungsbreite steigt mit zunehmender Druckfestigkeit u. Rohdichte

Ergebnisse: Wasseraufnahme



- Referenzmaterial und RC-Granulate mit Rohdichten um 1 g/cm^3
- Prüfung nach DIN EN 1097-6
- Deutlich geringere Wasseraufnahme als vergleichbare Blähtone

- Ausgangsmaterialien
 - Sortieranalyse: Inhomogenität
 - Chemische Analyse: Homogenität
 - Prinzipielle Eignung als Rohstoff: Ja

- Grüngranulatherstellung
 - Mischen + Granulieren: Intensivmischer favorisiert
 - Transportfestigkeit: Gut

- Gebrannte Granulate
 - Druckfestigkeiten und Rohdichten: Vergleichbar mit Referenz
 - Wasseranspruch: Geringer als Referenz
 - Zielkorngrößen: Erreicht
 - Porendurchmesser für Bereich Mykorrhiza: Günstig

- **Ziel 1:** Absenkung der Schüttdichten auf $< 300 \text{ kg/m}^3$
 - Variation Ausgangsmaterial
 - Variation Zugabemenge SiC
 - Variation technische Parameter Drehrohrofen

- **Ziel 2:** Prozessoptimierung hinsichtlich minimaler Kosten
 - Tests mit SiC-haltigen Reststoffen
 - Variation technische Parameter Granulier- und Brennprozess
 - Vergleich Rollgranulierung vs. Mischgranulierung

- **Ziel 3:** Maximale Reproduzierbarkeit und Umsetzung in die Praxis
 - Mörtel- und Betonversuche
 - Untersuchungen zur Gleichmäßigkeit von Mauerwerkbruch
 - Upscaling auf halbtechnischen Maßstab: Granulier- und Brennprozess

Vielen Dank!

www.aufbaukoernung.de

www.uni-weimar.de/bauing/aufber



Innovative Technologien
für Ressourceneffizienz –
rohstoffintensive
Produktionsprozesse



E.S.C.H.



Fraunhofer
ICT

GRAF
Berlin - Brandenburg



GEORG-SIMON-OHM
HOCHSCHULE NÜRNBERG

FENGER
BETON & KIES

AMYKOR
Natürliche Wurzel-Vitalstoffe



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung