
»VERWENDUNG VON AUFBEREITETEM ALTBETON ZUR PORENBETONHERSTELLUNG«

Masterarbeit von Anna-Lena Höhn



ABW Fachtagung Recycling R'16 – Weimar, den 19.09.2016

Einführung

- Ca. 2 Mrd. Tonnen Altbeton fallen jährlich weltweit an
- Ca. 8 % davon werden recycelt
- Gängige Recyclingmethoden
 - Mechanisches Zerkleinern
 - Mechanisches Zermahlen
- Resultierendes Recyclingprodukt
 - Konglomerat aus Zementstein und Zuschlag → nicht sortenrein
- Großteil davon wird als Untergrund für Straßenbau verwendet
→ „Downcycling“

Recyclingmethode

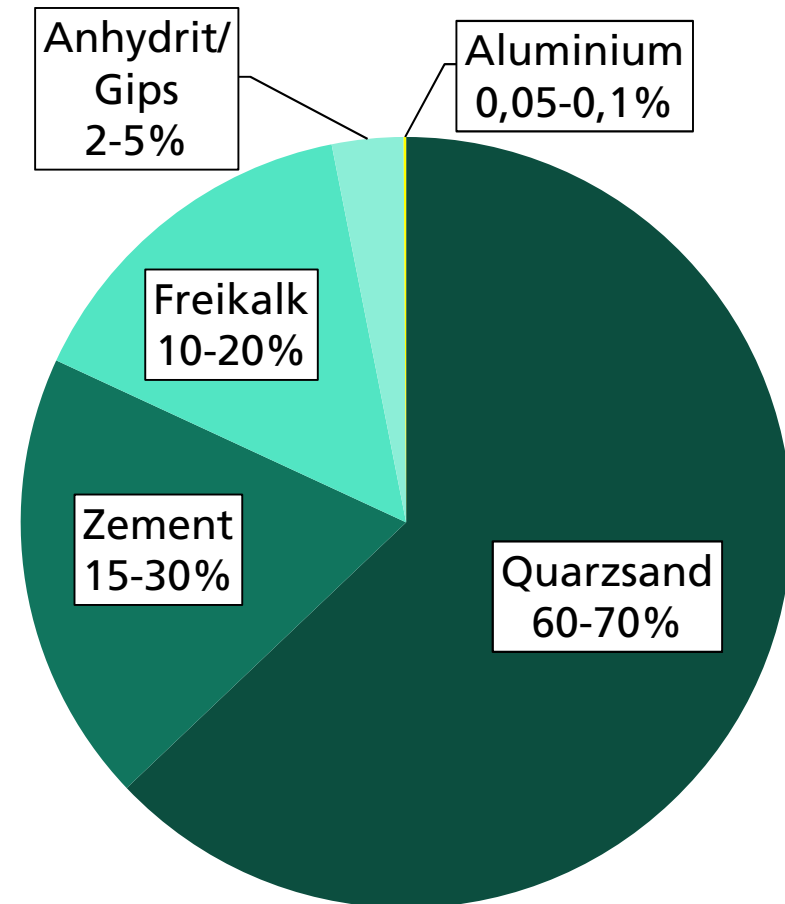
- Elektrodynamische Fragmentierung
 - Zementstein und Zuschlag werden fast vollständig voneinander getrennt
- Verwendung der SiO₂-reichen Fraktion < 2 mm



Middling	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	MgO	Glühverlust
	[Gew.-%]							
Typ 1	62	27	4,5	2,7	0,9	1,6	0,7	14,2
Typ 2	61	26	5,7	2,1	1,6	1,6	1,5	17,8

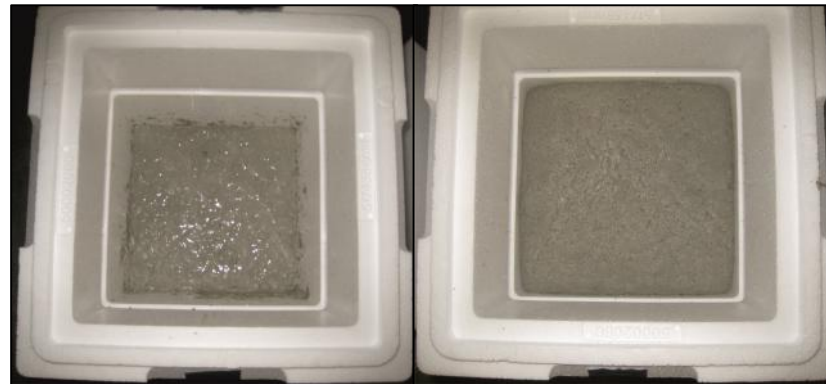
Porenbetonherstellung

- Rohstoffe
 - Quarz
 - Freikalk
 - Zement
 - Wasser
 - Anhydrit/ Gips
 - Aluminiumpulver/ -Paste



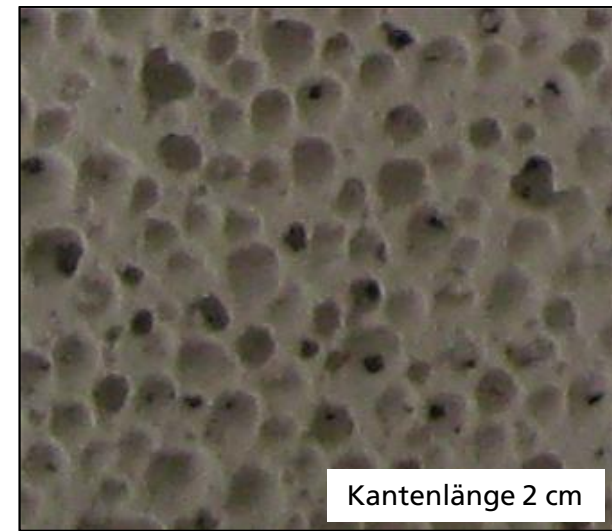
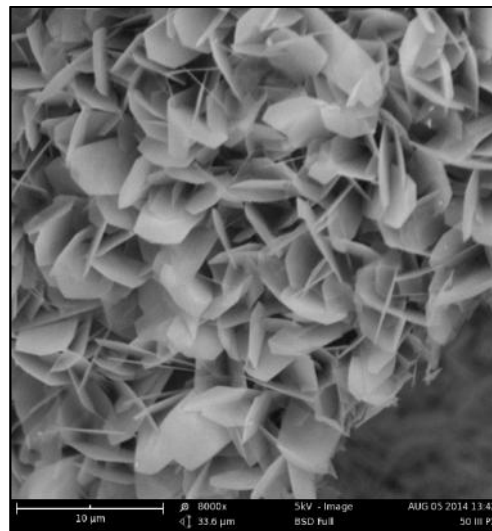
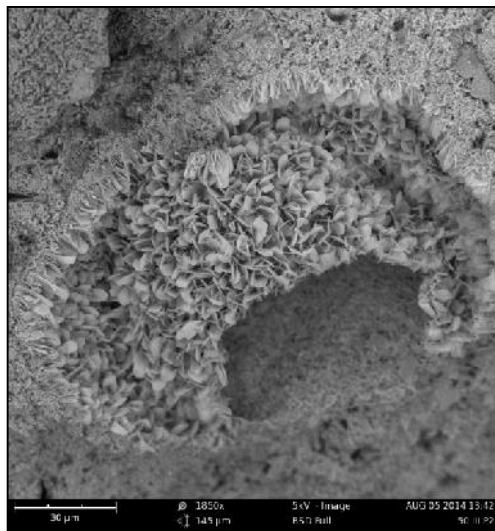
Porenbetonherstellung

- Schritt 1: Mischen der Rohstoffe
- Schritt 2: Schäumen und Bindevorgang
$$2Al + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2 \uparrow$$
- Schritt 3: Dampfhärtung/ Autoklavierung
 - 180 °C & 12 bar bei Sattedampfatmosfera
 - Umwandlung von Quarz und Ca-Phasen zu 11 Å Tobermorit



Porenbeton als Baumaterial

- Poröses Baumaterial mit 65 – 90 Vol.-% Porenanteil
- Dichte 300 – 1000 kg/m³
- Eigenschaften
 - Thermische Isolierung
 - Ausreichend hohe Festigkeit



Porenbeton aus aufbereitetem Altbeton

■ Rohstoffe

- Quarz
- Freikalk
- Zement
- Wasser

Ersatz



■ Recyclingstoffe

- Middlings aus fragmentiertem Altbeton

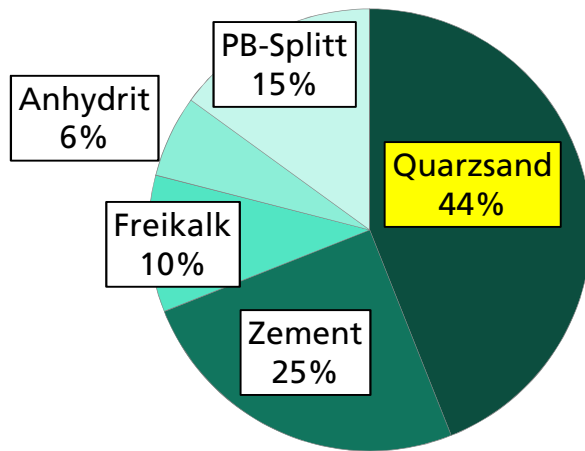
- Anhydrit/ Gips
- Aluminiumpulver/ -Paste

Ziel der Arbeit:

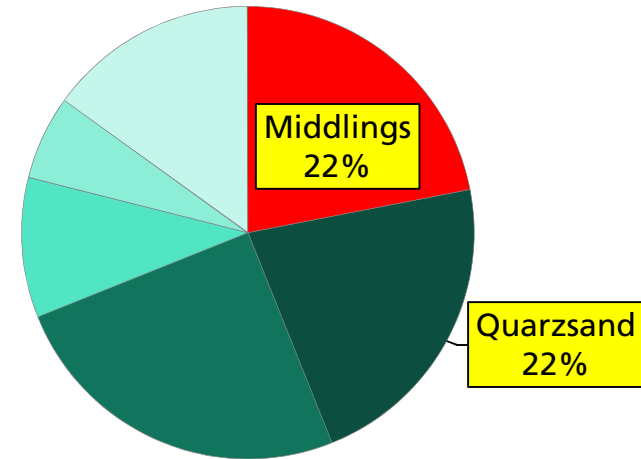
- Rezepturanpassung
- Verbesserung der Eigenschaften

Proben

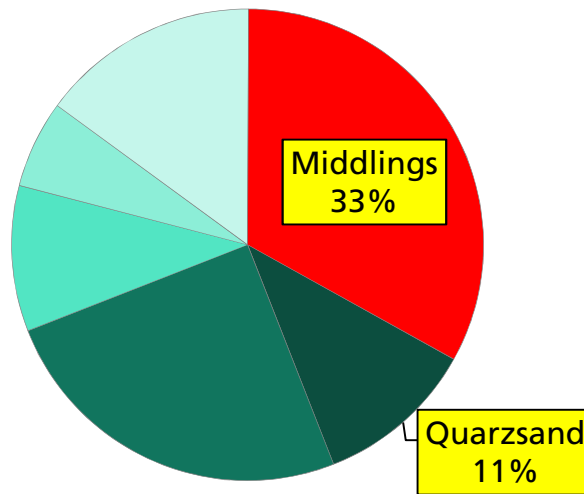
Referenzprobe



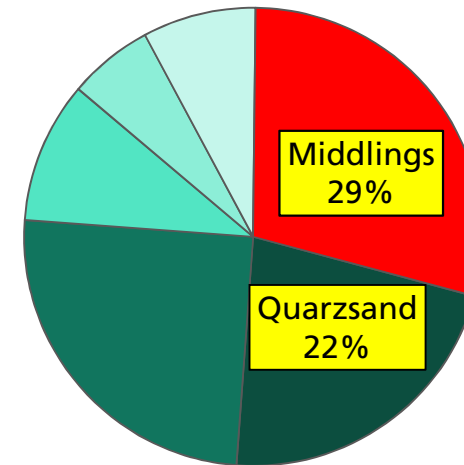
50 %



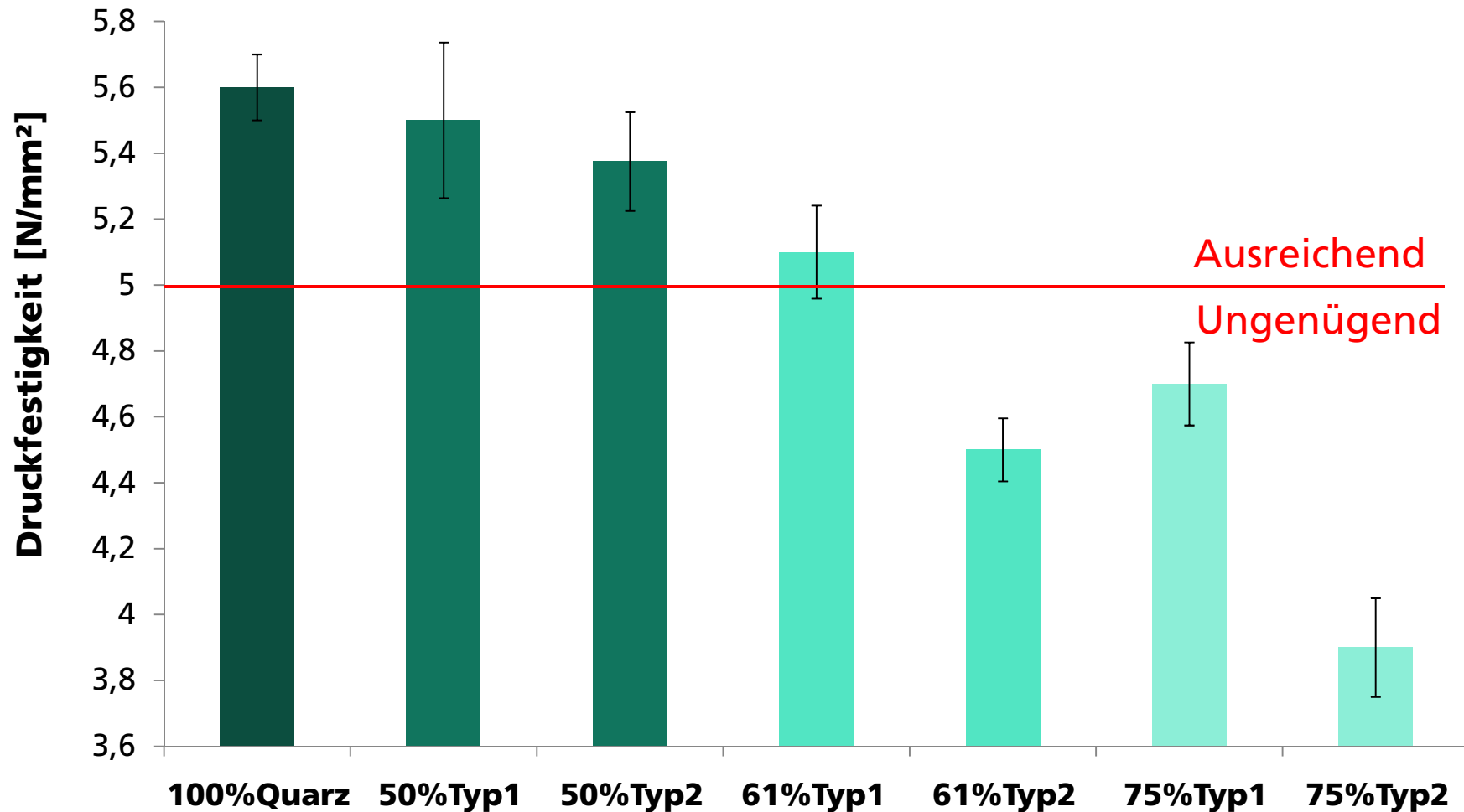
75 %



50 % SiO₂ aus Middlings



Ergebnisse - Druckfestigkeit



Ergebnisse – Mineralogie

■ Gesamtmineralogie

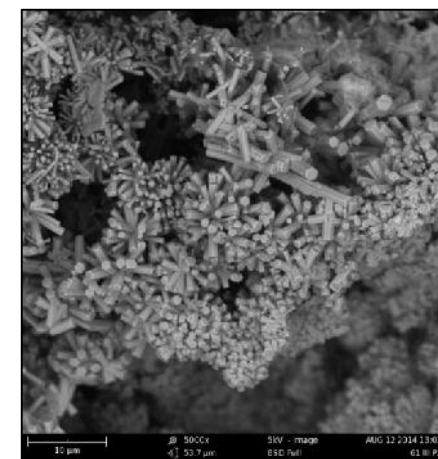
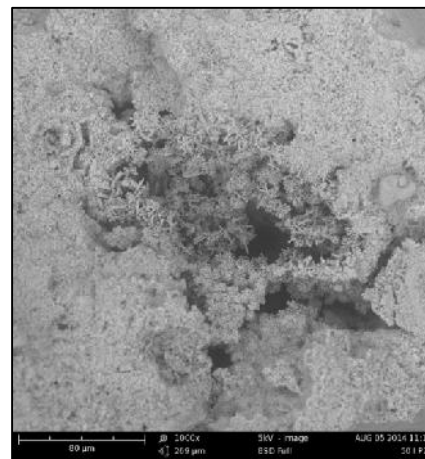
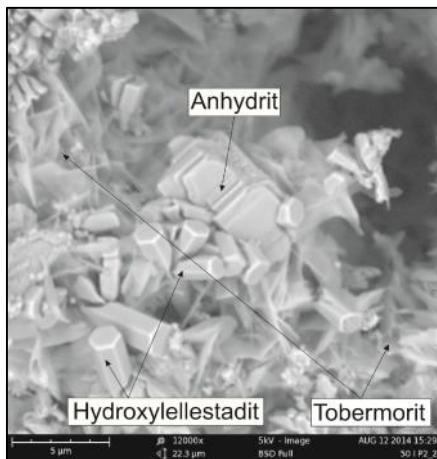
- 40 - 50 Gew.-% 11 Å Tobermorit ($5 \text{ CaO} * 6 \text{ SiO}_2 * 5 \text{ H}_2\text{O}$)
- Quarz
- Calcit
- röntgenamorph
- Hydroxyllestadit ($\text{Ca}_{10}(\text{SiO}_4)_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_2$)
- Anhydrit
- Vaterit
- Bassanit
- Hydrogranat

Ergebnisse – Mineralogische Trends

- Steigender Anteil an Recyclingmaterial bewirkt:
 - Fe_2O_3 - und Al_2O_3 -Gehalt in der Ausgangsmischung steigt
 - 11 Å Tobermorit Anteil im Endprodukt sinkt
 - Amorpher Anteil im Endprodukt steigt
- Hydroxylellestaditmenge steigt mit steigendem Al_2O_3 -Gehalt
- Quarzumsatzmenge annähernd konstant

Ergebnisse – Mineralogische Zusammenhänge

- Hydroxylellestaditmenge abhängig vom Ettringitgehalt
- Bildung von Hydroxylellestadit aus Anhydrit möglich
- Steigender Fe_2O_3 -Gehalt führt zu abnehmender 11 Å Tobermoritmenge
- Zunahme des röntgenamorphen Anteils auf Fe_2O_3 zurückzuführen
- Druckfestigkeit von 11 Å Tobermorit und Hydroxylellestadit abhängig



Zusammenfassung

- SiO₂-reiche Fraktion kann als Quarzersatz verwendet werden
- Ausreichend hohe Druckfestigkeiten werden bei Mengen bis zu 61 Gew.-% Quarzersatz erreicht
- Porenbeton aus insgesamt 38 % Recyclingmaterial!
- Maximierung der Recyclingquote von Altbeton!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Kontaktpersonen:

M.Sc. Anna-Lena Höhn, Tel.: +49 8024 643-682

E-Mail: anna-lena.hoehn@ibp.fraunhofer.de

Dr. Volker Thome, Tel.: +49 8024 643-623

E-Mail: volker.thome@ibp.fraunhofer.de