

Mahlbarkeit von mineralischen Bauabfällen

Dipl.-Ing. Gabi Seifert

Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller

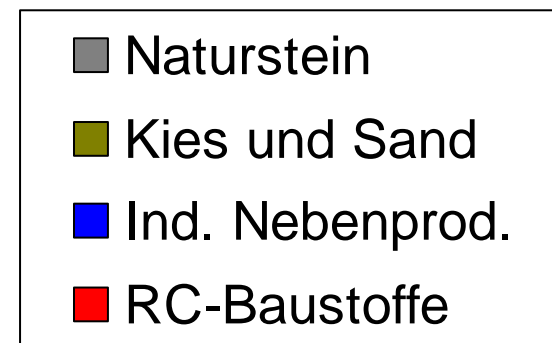
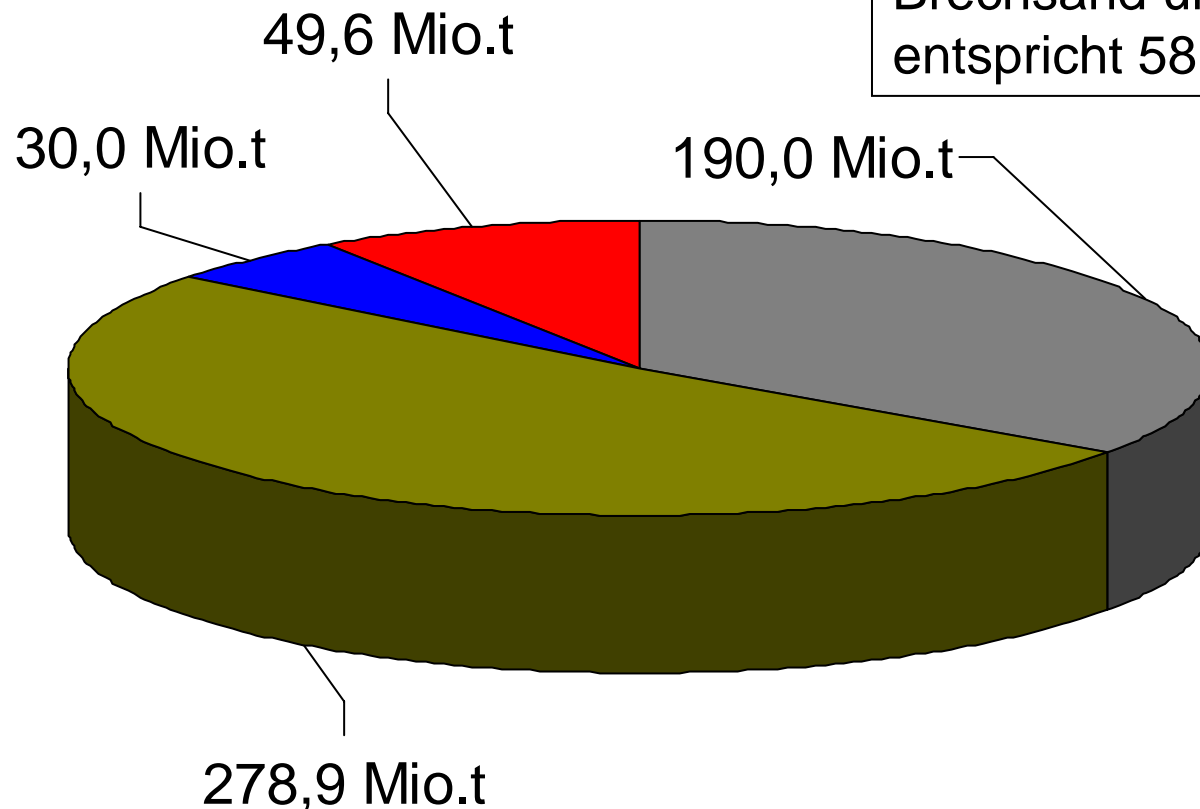
Fachtagung Recycling R'10

Weimar, 22. / 23.09.2010

Produktion von Gesteinskörnungen (2004)

Gesamt 548,5 Mio. t

Beim Brechen von Naturstein und von RC-Baustoffen entstehen ca. 20 % Brechsand und 40 % RC-Sand, dies entspricht 58 Mio.t Sand.



Verwertungsmöglichkeiten für Sande

- Rohstoff für Aufbaukörnungen (Vortrag Alexander Schnell)
- Einsatz als Betonzusatzstoff (Vortrag Alrik Badstübner)
- Einsatz in Kompositzementen

Vorteile:

- Erzeugung neuer Zuschläge für Leichtbeton
- Neue Zusätze für Beton
- Verbesserungen der Eigenschaften von Beton

Wirtschaftlichkeit ↑ CO₂ Emission ↓ Ressourcennutzung ↑

- Abfälle sind die Rohstoffe von morgen
- Mahlbarkeit dient als wichtiger technologischer Parameter

→ Aufgabe: Datenbank mit Mahlbarkeitswerten erstellen



Mahlbarkeitstests

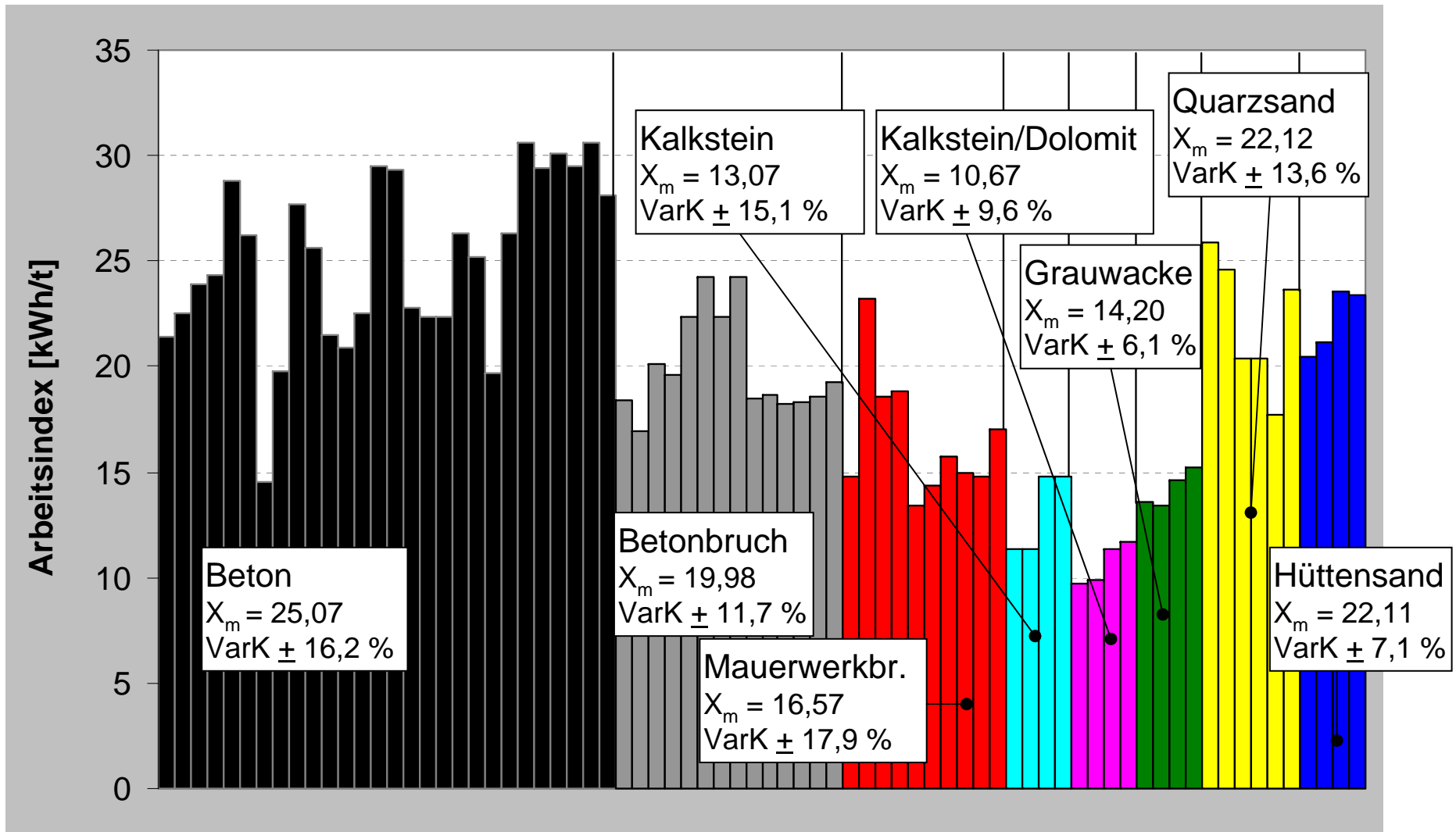
<p>Mahlung nach Hardgrove</p>	<ul style="list-style-type: none"> • In den 30er Jahren von Hardgrove entwickelt • 50 g Probemenge • Maß für die Härte beim Mahlen, hauptsächlich von Kohle • Je kleiner der Hardgrove-Index [°H], desto härter ist die Probe 	 <p>Quelle: ACARP, Hardgrove Grindability Index, Australien</p>
<p>Mahlung nach Zeisel</p>	<ul style="list-style-type: none"> • In den 50er Jahren von Zeisel entwickelt • 30 g Probemenge • Ursprünglich für die Beurteilung von Kugelmöhlen • Ergebnis Zusammenhang erzielte spezifische Oberfläche zu Mahlenergie 	 <p>Quelle: Technische Universität Clausthal, Mahlbarkeitsprüfung nach Zeisel, Handbuch, 2008</p>
<p>Mahlung nach Bond</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1952 von F. C. Bond entwickelt • 700 cm³ Probemenge • Simulierter Mahlkreislauf, als stoffunabhängig angenommen • Unmittelbares Ergebnis: Mahlbarkeit G [g/U] • Mittelbares Ergebnis: Arbeitsindex w_i [kWh/t] 	 <p>Foto: Bauhaus-Universität Weimar, Gabi Seifert</p>

Arbeitsindices - von Bond 1953 ermittelt

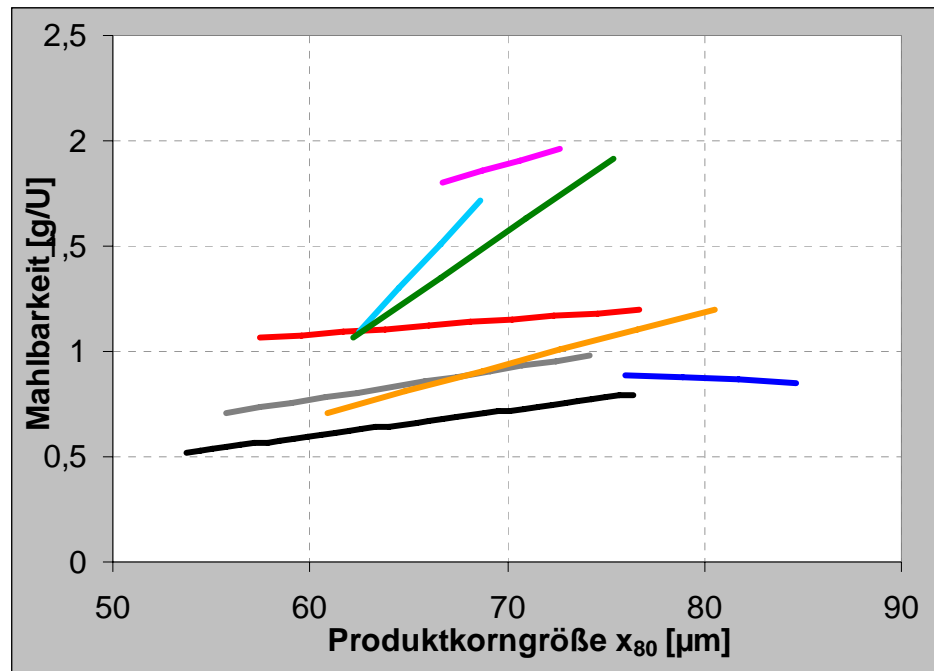
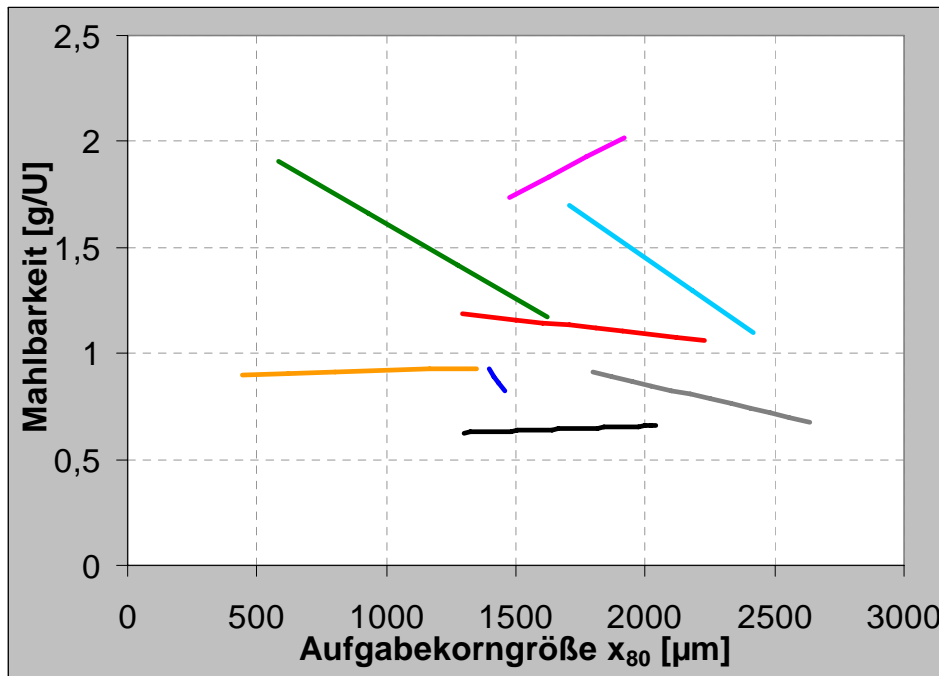
Stoff	w_i [kWh/t]	Stoff	w_i [kWh/t]	Stoff	w_i [kWh/t]
Gipsstein	6,73	Andesit	18,25	Bauxit	8,78
Glas	12,31	Basalt	17,10	Bleierz	11,73
Kalkstein	12,54	Baryt	4,73	Chromerz	7,64
Koks	15,18	Dolomit	11,27	Eisenerz	12,93
Schlacke	9,39	Feldspat	10,80	Golderz	14,93
Schmirgel	56,70	Flint	26,16	Kupfererz	12,73
Zementklinker	13,56	Flussspat	8,91	Manganerz	12,20
Zement-Rohm.	10,51	Gneis	20,13	Nickelerz	13,65
		Granit	15,05	Pyriterz	8,93
		Graphit	43,56	Rutilerz	12,68
		Quarz	13,57	Spodumenerz	10,37
		Schiefer	15,87	Titanerz	12,33
		Syenit	13,13	Zinkerz	11,56

Quelle: Bond, F.C., Work Indexes Tabulated,
Mining engineering, 1953

Arbeitsindizes nach Bond, Mittelwert und Variationskoeffizient

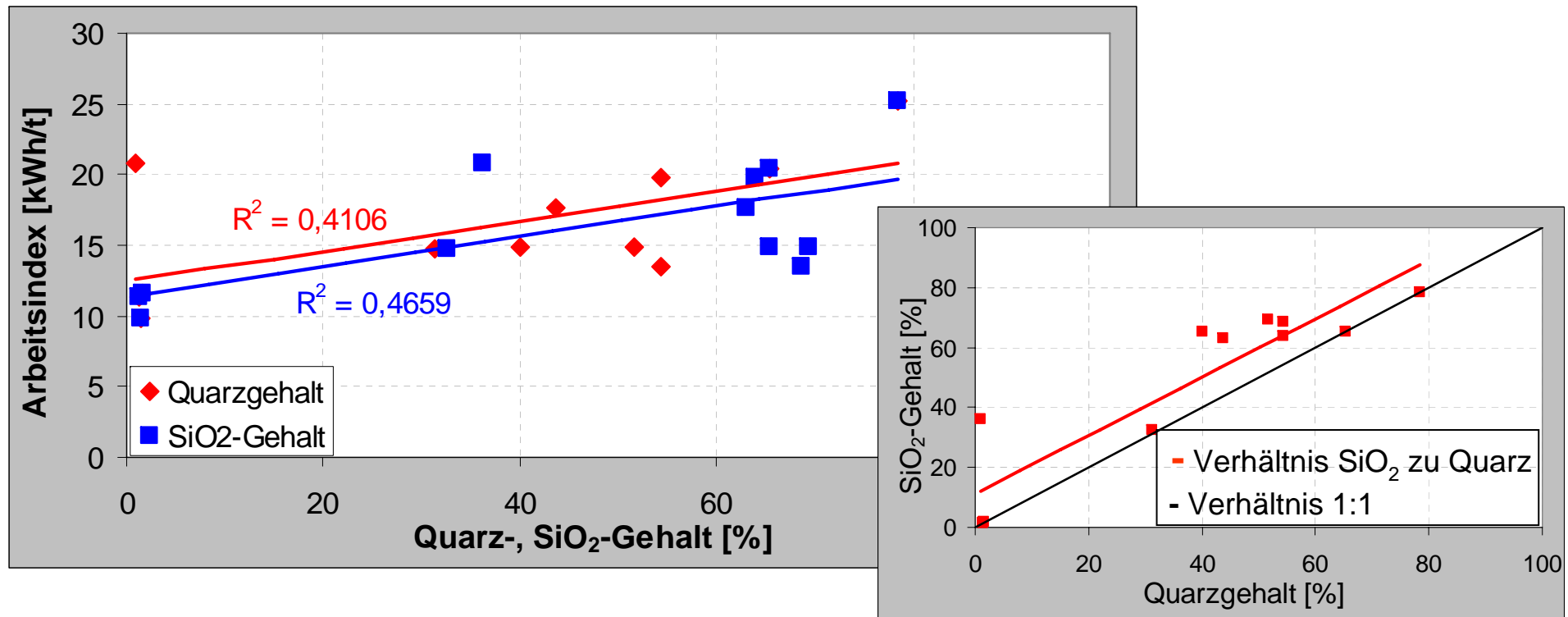


Mahlbarkeit nach Bond zur Korngröße



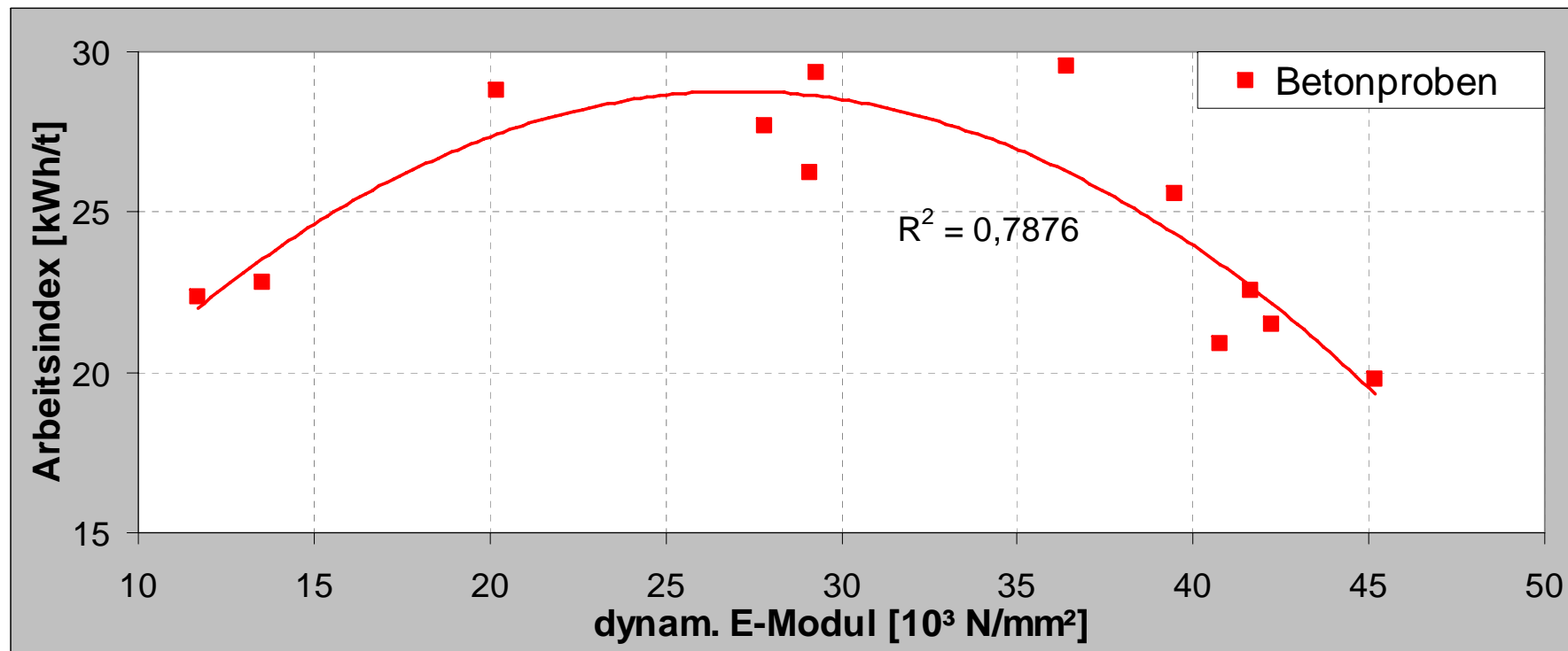
- | | | |
|------------------|---------------------|--------------|
| — Beton | — Kalkstein | — Hüttensand |
| — Betonbruch | — Kalkstein/Dolomit | |
| — Mauerwerkbruch | — Grauwacke | |
| | — Quarzsand | |

Korrelation Quarzgehalt / SiO₂-Gehalt - Mahlbarkeit



- SiO₂-Gehalt immer höher als Quarzgehalt
- Je höher der Quarz- bzw. SiO₂-Gehalt, um so höher der Arbeitsaufwand

Korrelation E-Modul der Betonproben - Mahlbarkeit

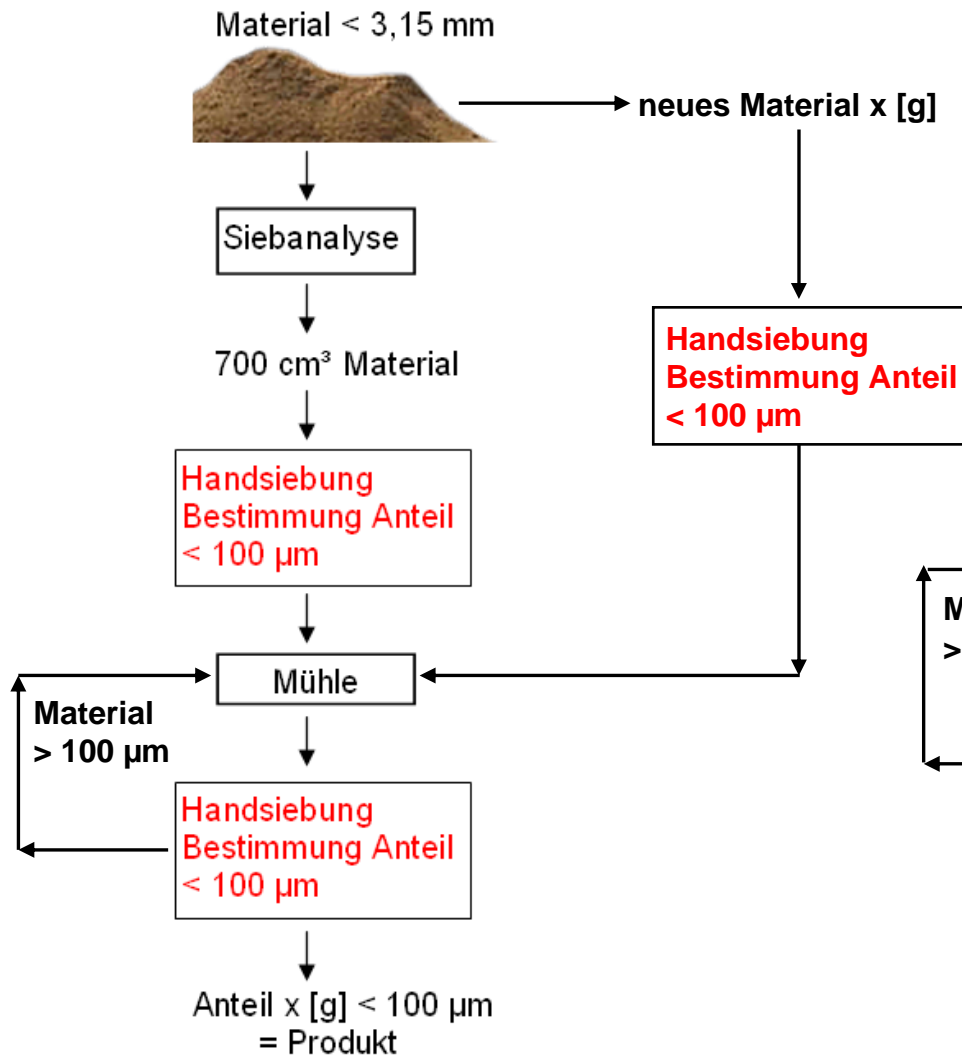


- Bei mittlerem dynamischen E-Modul - Arbeitsaufwand am größten

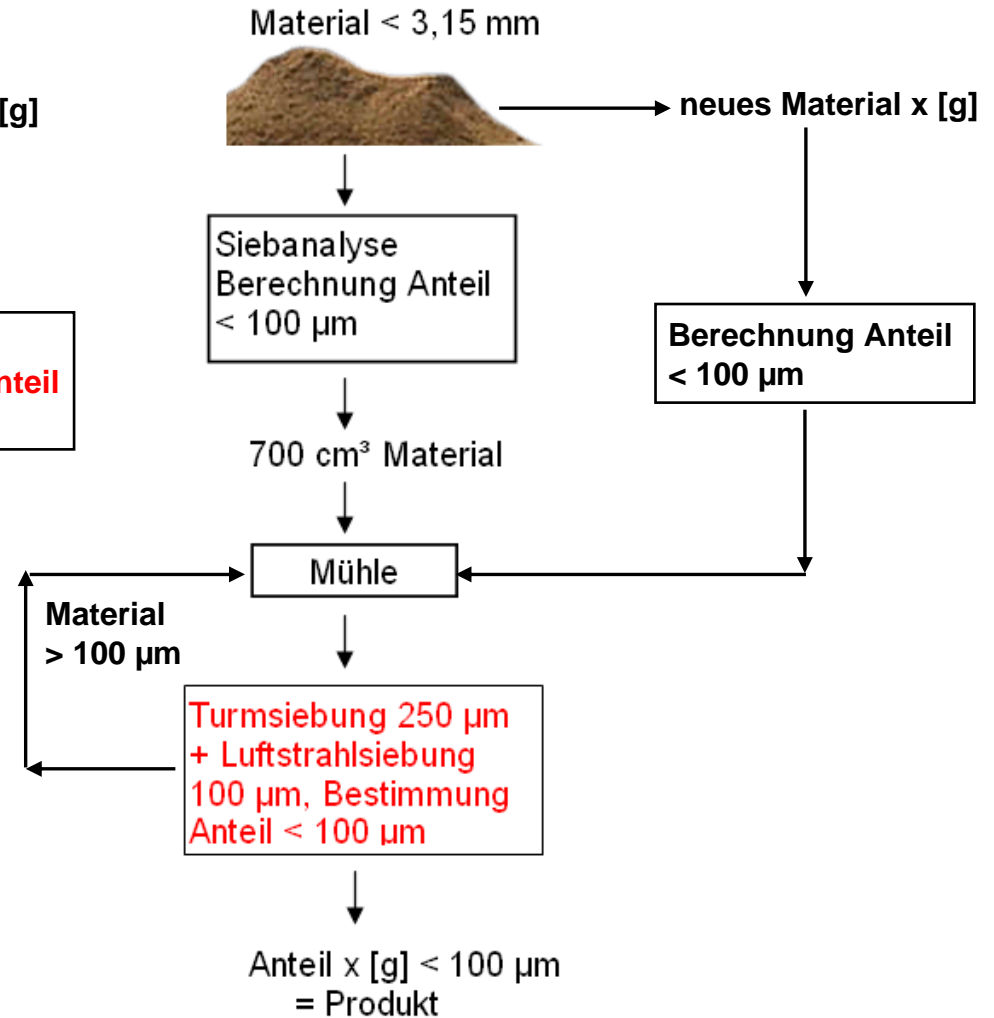


Kritik an der Mahlung nach Bond

Herkömmliche Methode



Modifizierte Methode



Vergleich – herkömmliche und modifizierte Methode

Methode	Mahlbarkeit [Masse < 100 μm in g/U]	Anteil < 100 μm im Material > 100 μm [%]	Zeitaufwand [h]
Beton			
Herkömmliche Methode	0,78	10,1	3,5
Modifizierte Methode	1,00	1,04	14,5
Betonbruch			
Herkömmliche Methode	0,90	4,08	3,5
Modifizierte Methode	1,09	1,28	16,5

Zusammenfassung

Nach Seifert, 2004 - 2010	
Stoff	Mittelwert w_i [kWh/t]
Betonbruch	19,43 (16,92 – 24,21)
Mauerwerkbruch	15,83 (14,30 – 18,87)
Beton	24,87 (19,68 – 30,65)
Kalkstein	13,07 (11,33 – 14,80)
Kalkstein/Dolomit	10,67 (9,71 – 11,72)
Quarzsand	22,12 (17,73 – 25,90)
Grauwacke	14,20 (13,38 – 15,21)
Hüttensand	22,11 (20,43 – 23,52)

Nach Bond, 1953	
Stoff	w_i [kWh/t]
Zementklinker	13,56
Zement-Rohmaterial	10,51
Glas	12,31
Gipsstein	6,73
Kalkstein	12,54
Schlacke	9,39
Schmirgel	56,70
Baryt	4,73
Dolomit	11,27
Feldspat	10,80
Granit	15,05
Quarz	13,57
Schiefer	15,87

Quelle: Bond, F.C., Work Indexes Tabulated,
Mining engineering, 1953



Zusammenfassung

- Große Unterschiede der Arbeitsindices der verschiedenen Materialien und innerhalb eines Materials
- Der Arbeitsaufwand ist umso höher, die Mahlbarkeit umso schlechter:
 - Je höher der Quarz- bzw. SiO_2 -Gehalt ist
 - Bei mittlerem dynamischen E-Modul
- Bond-Methode konnte verbessert werden, an den Stand der Technik angepasst werden

Ausblick

- Mahlungen an definierten Gemischen
- Einflussgrößen für Mahlbarkeit präzisieren
- Weitere Verbesserungen an der Durchführung der Mahlung nach Bond



ILLUMATI

beim Bauhausfest - Hauptgebäude, 1. Etage // hier Erlebnisse, Tagträume, persönliche Katastrophen, Porträtwünsche und Theorien notieren

Bond-Mühle

ILLUMATI

Doku • <http://illumat.typolis.net>

ILLUMAT – Automat für Spontanzeichnung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

<http://www.uni-weimar.de/bauing/aufber/>

gabi.seifert@uni-weimar.de

