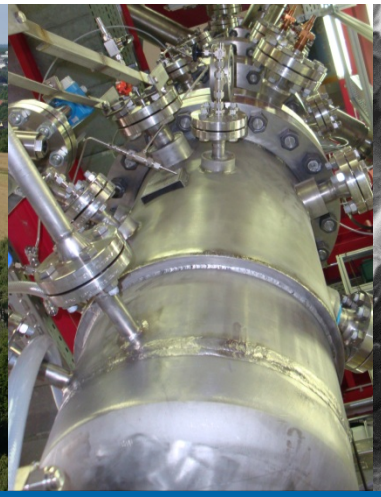
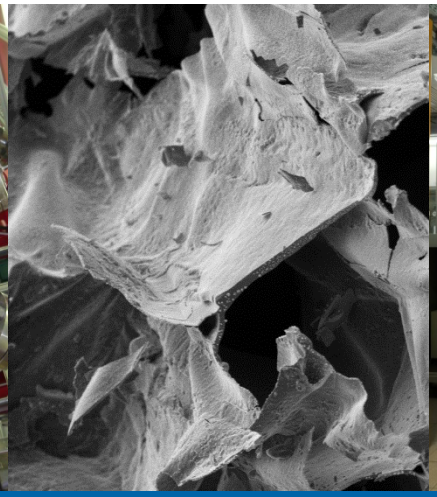
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE FREIBERG
The University of Resources. Since 1765.

Deutsches EnergieRohstoff-Zentrum
Technologien für das Nach-Erdölzeitalter

Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen
Lehrstuhl EVT

Über das Fragmentierungsverhalten von Kohlepartikeln in einem Fallrohrreaktor

J. Friedemann, F. Baitalow, A. Heinze, B. Meyer

Herbsttagung des Arbeitskreises Kohlenstoff der deutschen keramischen Gesellschaft – 7. November 2014

TU Bergakademie Freiberg · Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen· Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik und thermische Rückstandsbehandlung · Reiche Zeche · Fuchsmühlenweg 9 · 09599 Freiberg, Deutschland · Tel: +49 3731 39-4511 · Fax: +49 3731 39-4555 · www,iec,tu-freiberg,de

1 Motivation & Zielstellung

- Partikelgröße beeinflusst Hochtemperaturprozesse
  - Veränderter Wärme- und Stofftransport
  - Vergrößerung der äußeren Partikeloberfläche (Flugstrom)
  - Verringerung des Kohlenstoffumsatzes (Wirbelschicht, Festbett)
  - Erhöhung des Druckverlustes (Festbett)

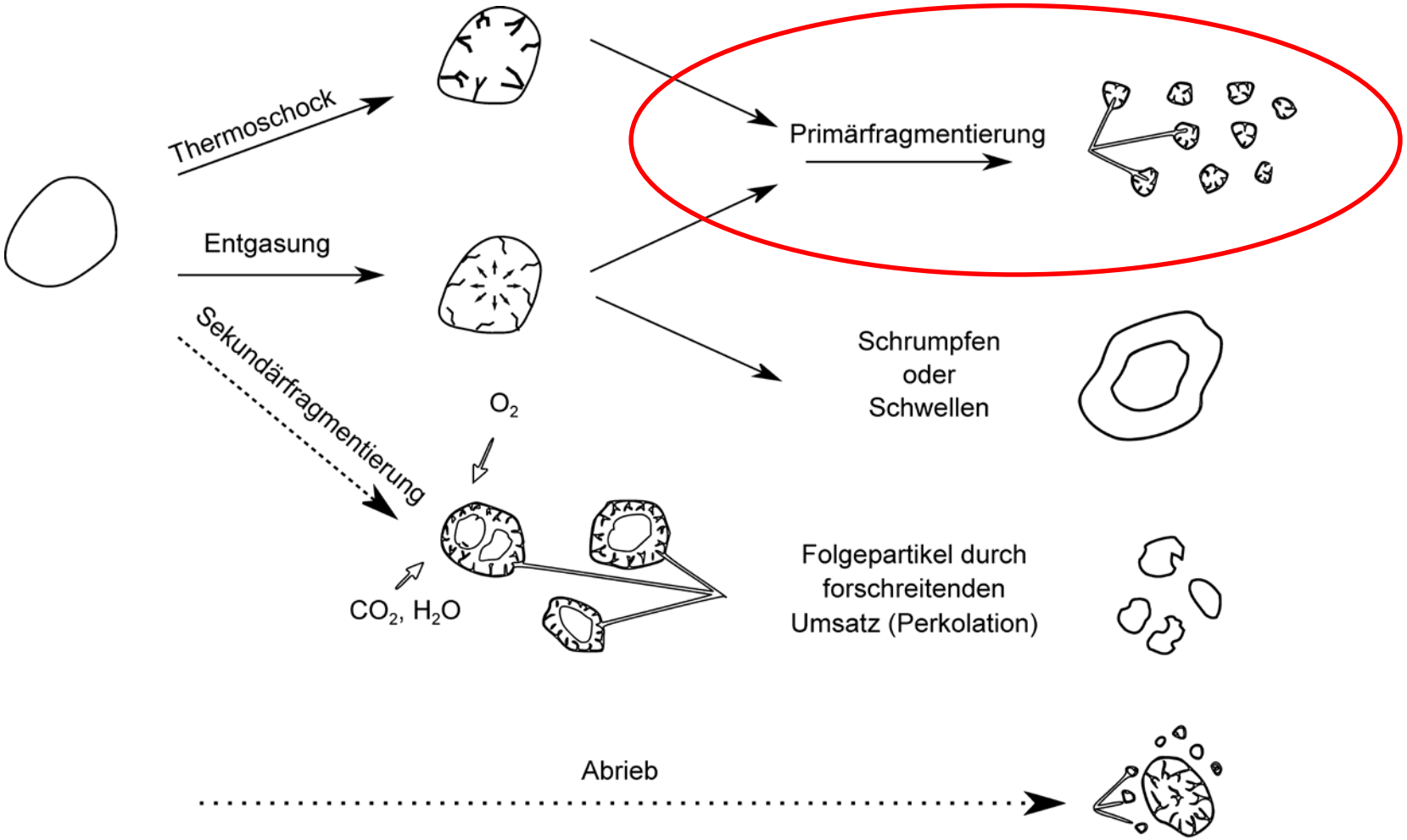
- Experimentelle Untersuchung der Fragmentierung von Kohlepartikeln ist nicht trivial
  - Hohe Temperaturen/Drücke, Reaktive Gasatmosphäre, dichte Partikelströme

⇒ **Untersuchung von Einzelpartikeln im Labormaßstab**

- Verstehen der Faktoren, die den Partikelzerfall beeinflussen

⇒ **Erstellung eines Modells zur Partikelfragmentierung**

Verschiedene Arten der Partikelgrößenänderung



Kennzahlen

- **Fragmentierungszahl**

$$N = \frac{N_{aus}}{N_{ein}} \qquad (1 \ldots \infty)$$

- **Größenänderungsverhältnis**

$$F_d = \sum_i^n x_i \frac{d_{i,aus}}{d_{i,ein}} \qquad (0 \ldots 1)$$

(> 1 Blähen ohne Fragmentierung)

- **Fragmentierungsindex**

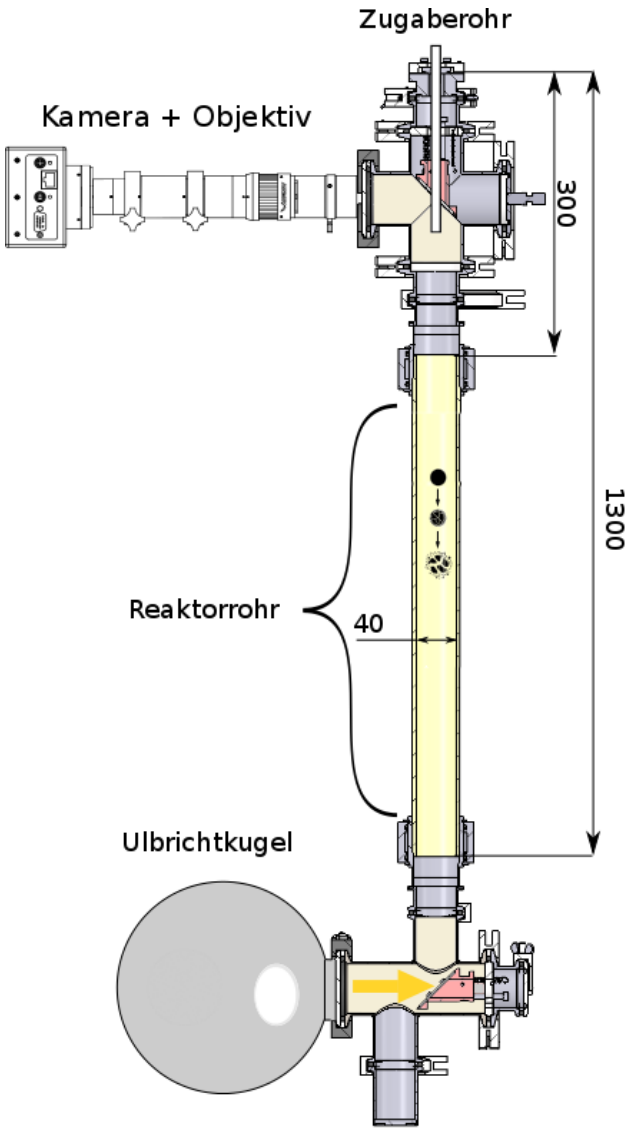
$$I = \frac{N}{F_d} \qquad (1 \ldots \infty)$$

(0…1 Blähen ohne Fragmentierung)

- **Fragmentierungswahrscheinlichkeit**

$$S = \frac{N_{frag}}{N_{ein}} \cdot 100\% \qquad (0 \ldots 100\ \%)$$

SPaltor – Simple Particle Disintegrator



- Zugabe von Einzelpartikeln
- Permanente N_2-Spülung
- Max. 1000 Bilder/Sekunde
- Schmale Fokusebene über gesamte Reaktorlänge
- L = 1000 mm, D = 40 mm
- Max. 1600°C (kurzzeitig)
- Max. 1400°C (dauerhaft)
- Atmosphärischer Druck
- Erzeugung von diffusem Licht

Verhalten von Kohlepartikeln im SPaltor (I)

- Braunkohle (Deutschland), 1-2 mm, 1400°C, 90 cm Fokus

Verhalten von Kohlepartikeln im SPaltor (II)

- Gasflammkohle (Südafrika), 1-2 mm, 1400°C

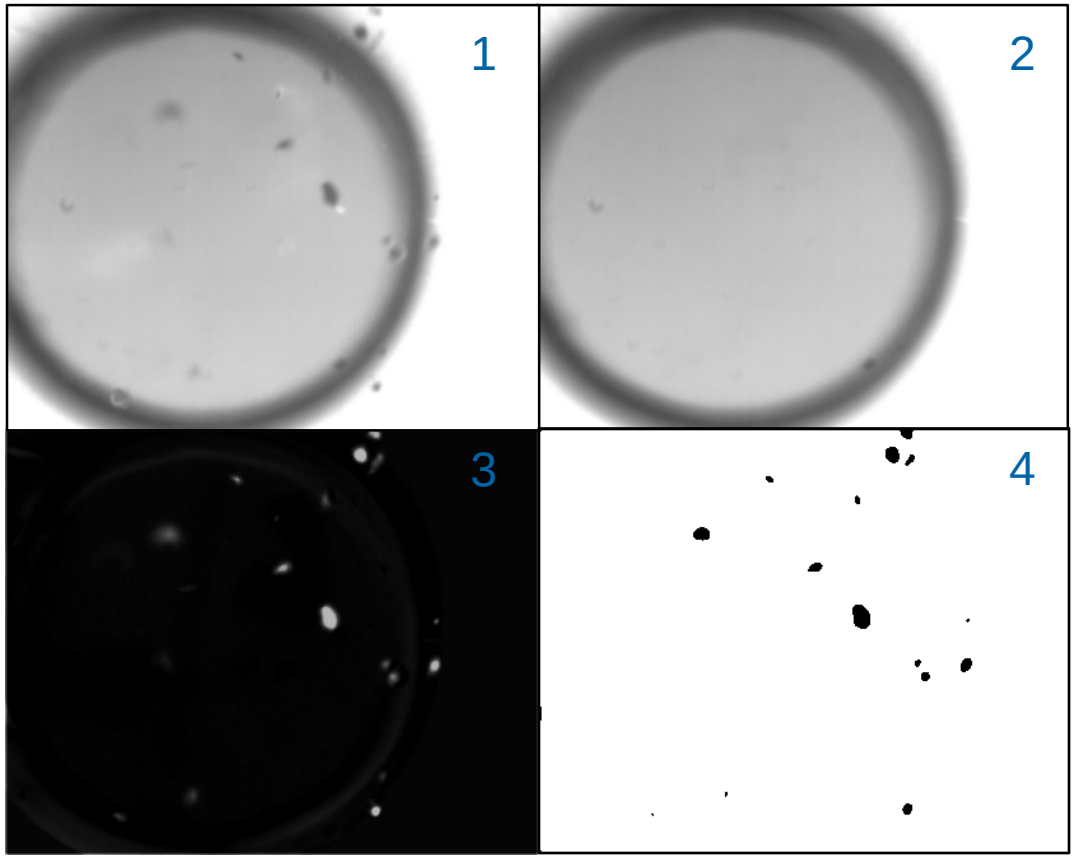
90 cm Fokus

75 cm Fokus

Verhalten von Kohlepartikeln im SPaltor (III)

- Anthrazit (Vietnam), 2-3,15 mm, 1400°C, 40 cm Fokus

Bildauswertung – Background Substraction



1) Originalbild während des Experiments

2) Hintergrund vor dem Experiment

3) Anwendung der Background Substraction

4) Bild nach Invertierung und Binärisierung

Einsatzstoffe

- Einfluss von Partikelgröße (0,8-3,15 mm) und Temperatur (800-1400°C) für zwei Kohlen

Mine	Inkohlungs-grad	Wasser (an, Ma%)	Asche (tr, Ma%)	FB (waf, Ma%)	C_{fix} (waf, Ma%)	Porenvolumen (mm^3/g)	Bläh-zahl
Matla	Gasflammkohle	4,9	30,6	36,2	63,8	29,6	0
Ibbenbüren	Anthrazit	7,1	10,7	7,3	92,7	41,1	0

- Einfluss des Inkohlungsgrades (25 Kohlen)
  - 1x Torf, 9x Weichbraunkohle, 3x Hartbraunkohle
  - 2x Flammkohle, 8x Gasflammkohle
  - 2x Anthrazit

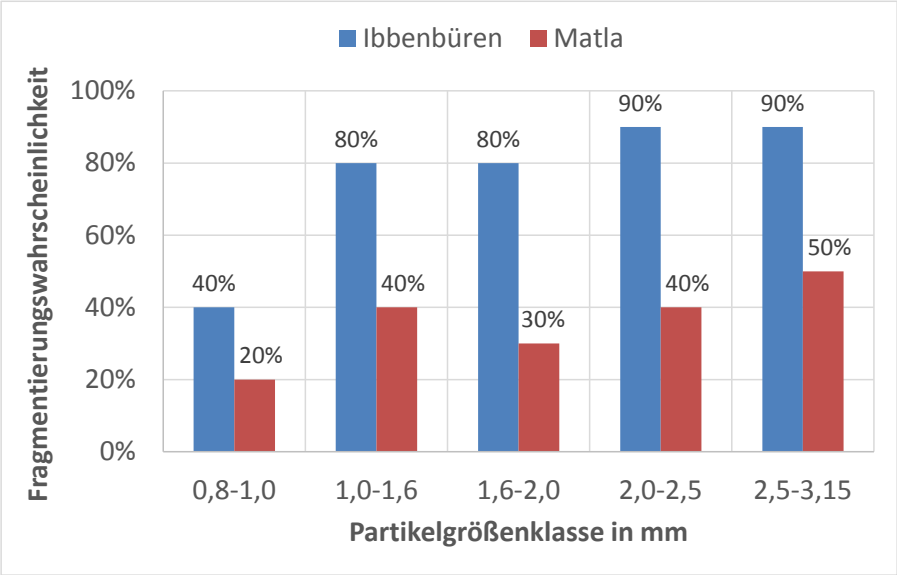
- 10 Partikel
- Temperatur: 1400°C
- Partikelgröße: 2-3,15 mm
- Fokus bei 90 cm

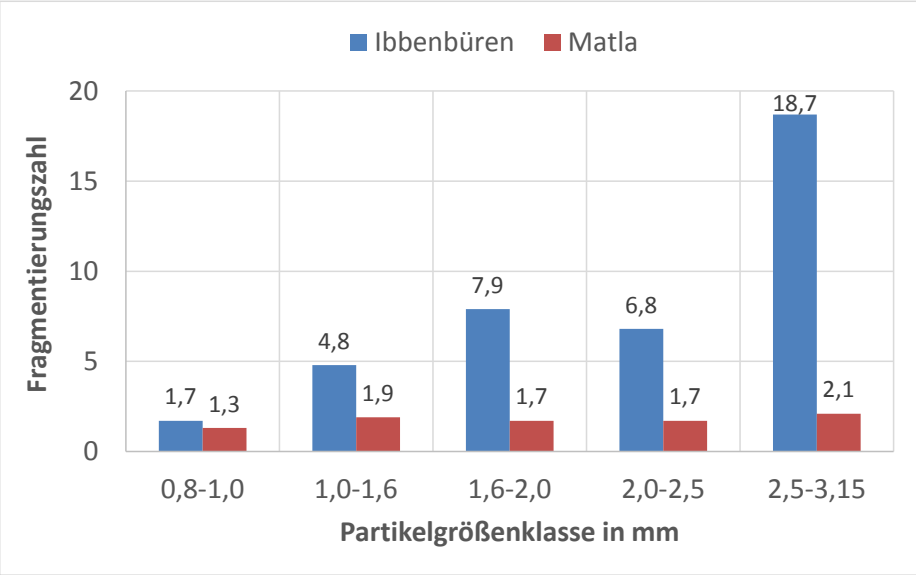
Maximalbedingungen für Fragmentierung im SPaltor

- Partikelverweilzeit: < 1 s (2 mm Partikel)
- Aufheizgeschwindigkeit: ~ 480 K/s (2 mm Partikel)
- Gasvolumenstrom: 1 l(i.N.)/min N_2

Einfluss der Partikelgröße

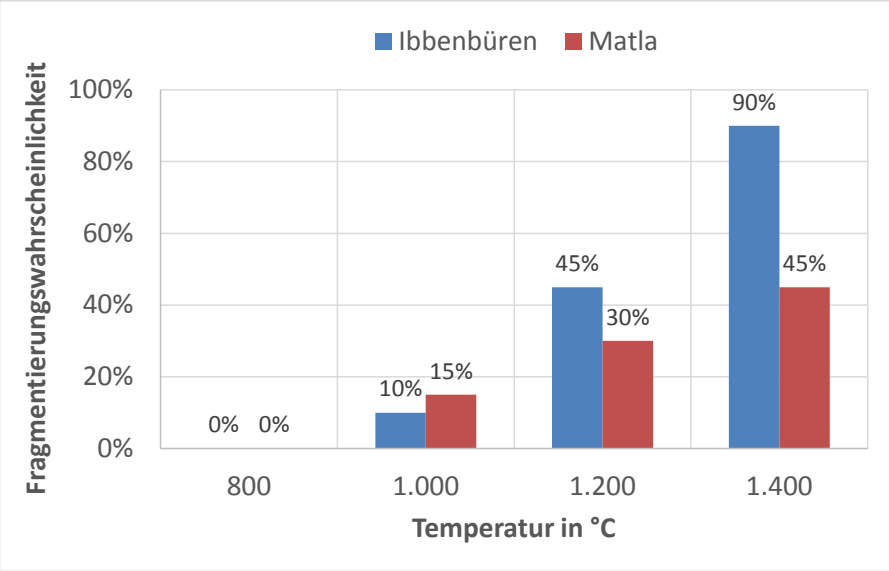
Einsatzstoffe und Prozessbedingungen	
Anthrazit (Ibbenbüren, Deutschland) Gasflammkohle (Matla, Südafrika) 10 Partikel	5 Partikelgrößen (0,8-1 mm; 1-1,6 mm; 1,6-2 mm; 2-2,5 mm; 2,5-3,15 mm) Temperatur: 1400°C Fokusebene: 90 cm

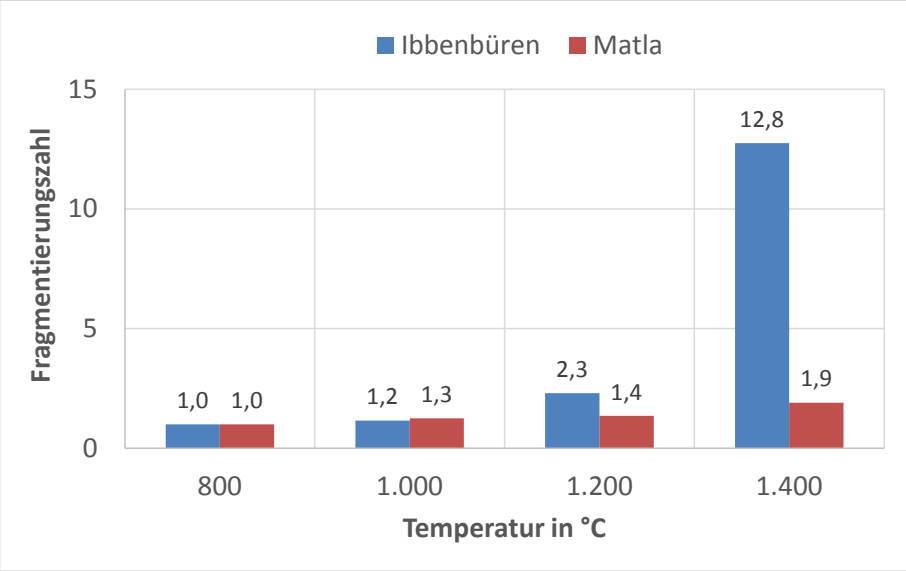




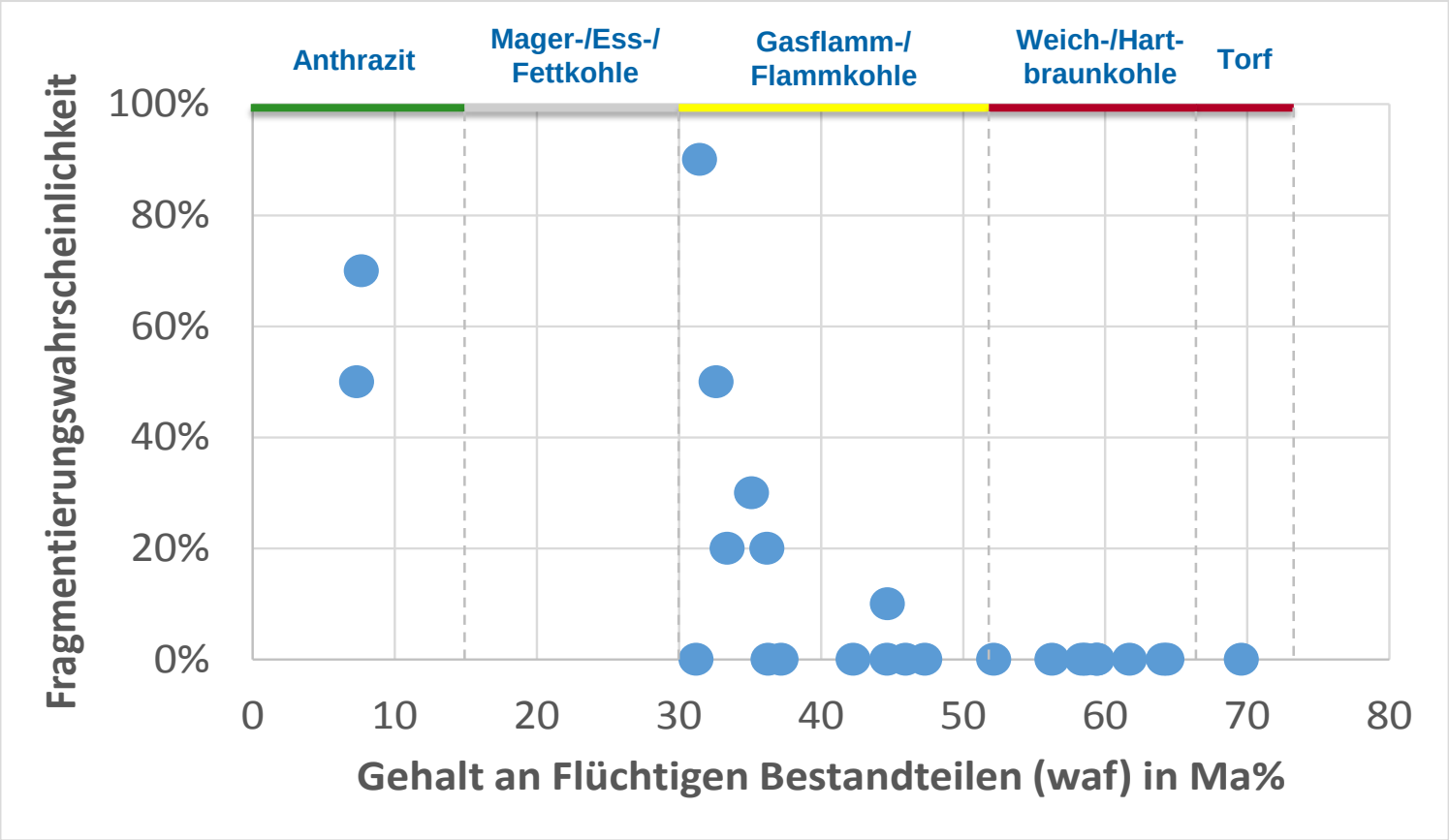
Einfluss der Temperatur

Einsatzstoffe und Prozessbedingungen	
Anthrazit (Ibbenbüren, Deutschland) Gasflammkohle (Matla, Südafrika) 20 Partikel	4 Temperaturen (800; 1000; 1200; 1400°C - 200 K-Schritte) Partikelgröße: 2-3,15 mm Fokusebene: 90 cm

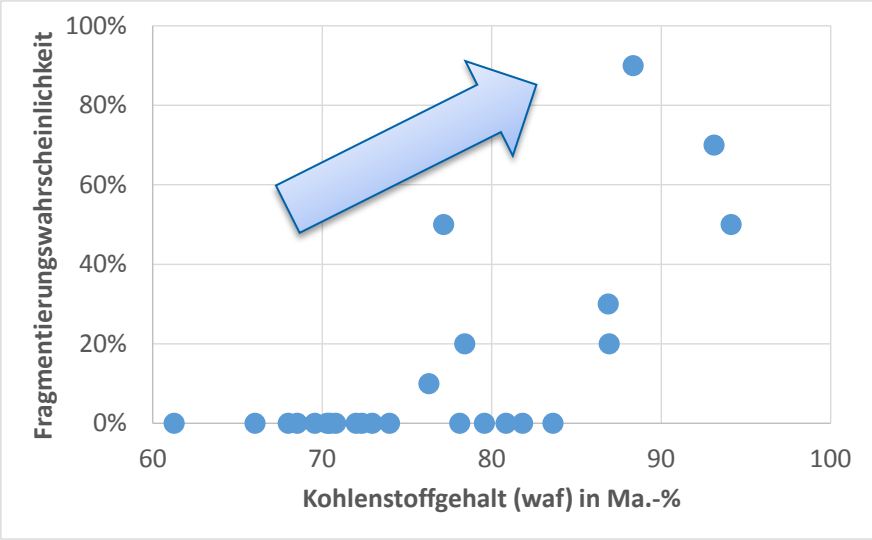


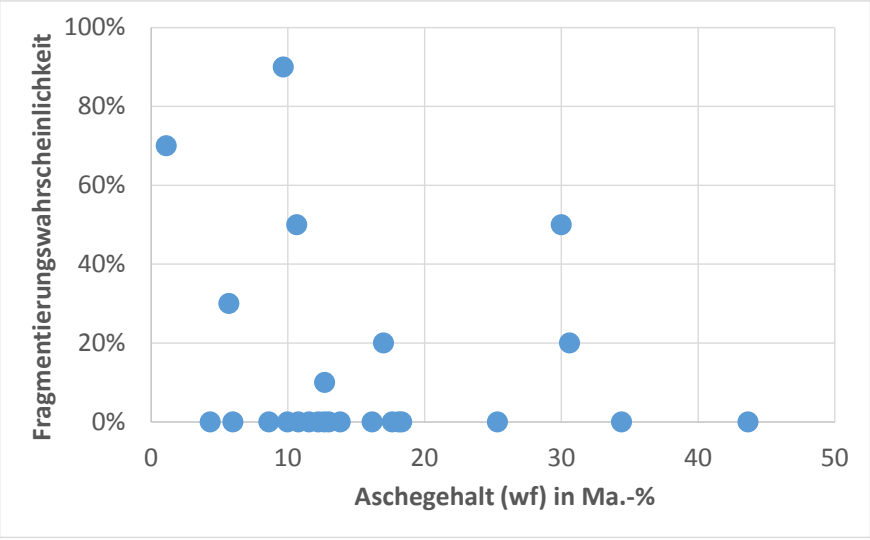


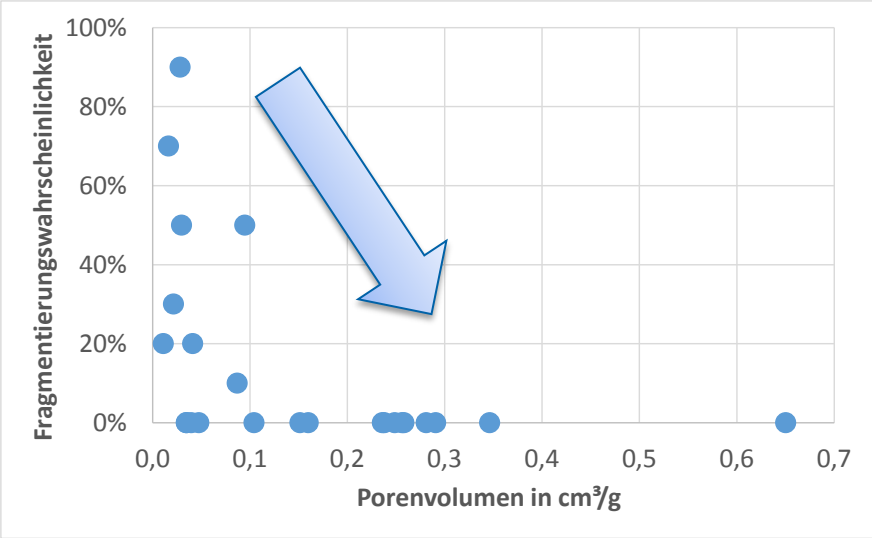
Einfluss des Inkohlungsgrades (I)

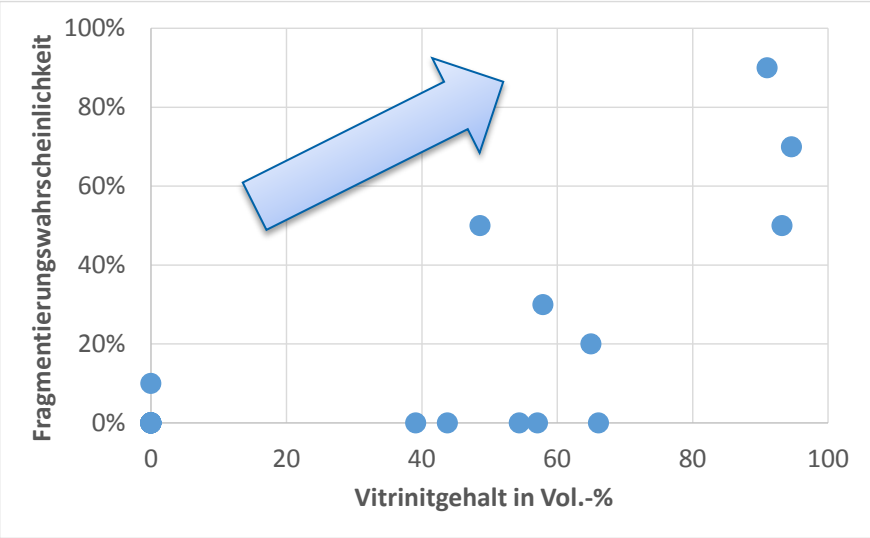


Einfluss des Inkohlungsgrades (II)









5 Zusammenfassung

Direkte Beobachtung des Partikelzerfalls

Fragmentierung läuft in verschiedenen Mustern ab

- **Keine Fragmentierung:**
  - Torf, Weichbraunkohle, Hartbraunkohle
- **Starke Fragmentierung:**
  - Anthrazit
- **Keine klare Tendenz:**
  - Flammkohle, Gasflammkohle

Erhöhung der Fragmentierung mit Vergrößerung von:
- **Temperatur / Aufheizrate**
- **Partikelgröße**
- **Inkohlungsgrad**

Danke für die Aufmerksamkeit!

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

MIBRAG

ROMONTA

VORWEG GEHEN

VATTENFALL