

20.09.2019

VERWERTUNG CARBONFASERHALTIGER RESTSTOFFE IN DER PYROMETALLURGIE

Christian Adam & Karin Weimann

Fachaustausch: Aufbereitung und Verwertung
carbonfaserhaltiger Abfälle

19./20. September 2019 in Dessau



Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung

www.bam.de

Sicherheit in Technik und Chemie



Die BAM ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



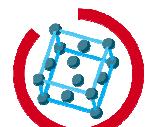
Themenfelder im Überblick



THEMENFELD
ENERGIE



THEMENFELD
INFRASTRUKTUR



THEMENFELD
MATERIAL



THEMENFELD
ANALYTICAL SCIENCES



THEMENFELD
UMWELT

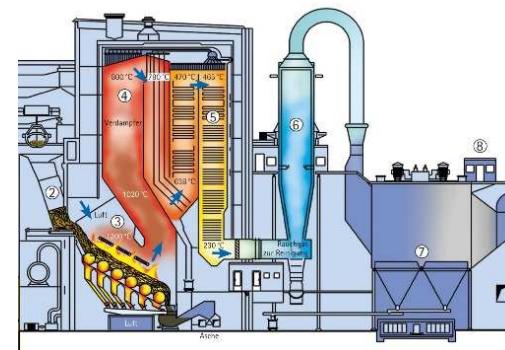


Probleme bei der thermischen Entsorgung in Verbrennungsanlagen



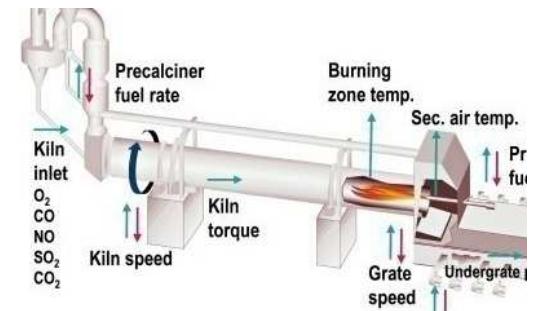
Verbrennungsanlagen (Hausmüll, Sondermüll)

- „Geringe“ Temperaturen <1.300°C
- Geringe Verweilzeit in der Verbrennungszone
- Hohe Gasvolumenströme
→ Mitreißen von Fasern



Zementofen

- „Hohe“ Temperaturen >1400°C
- Einblasen des Brennstoffs und damit geringe Verweilzeit bei hoher Temperatur
- Hohe Gasvolumenströme
→ Mitreißen von Fasern



Pyrometallurgische Prozesse als Alternative?



Pyrometallurgische Prozesse kommen in Frage

- Hohe Temperaturen $>1.500^{\circ}\text{C}$
- Hohe Verweilzeiten
- C als Reduktionsmittel
- Strömungsgeschwindigkeiten unterschiedlich!

Mitreißen von Fasern?



Pyrometallurgische Verfahren (Beispiele)

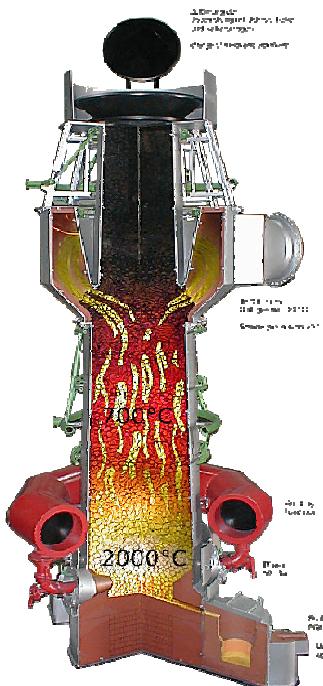


Hohe Temperaturen ~2000°C

aber

Hohe Strömungsgeschwindigkeiten:

- wie verhält sich ein CFK-Bauteil?
- Mitreißen von Fasern?
- eventuell Konditionierung erforderlich?



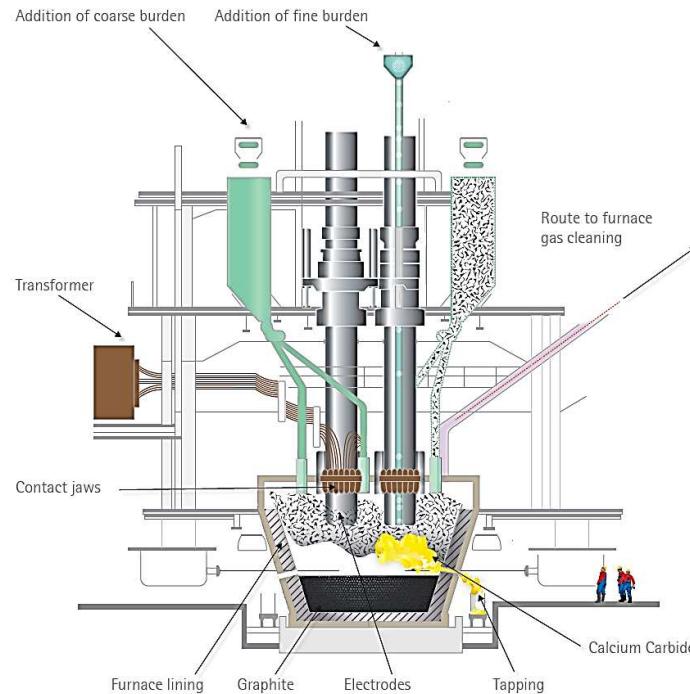
Kupolofen



TSL Technologie

links: <https://www.duktus.com/cast-iron-pipe-technology.html>
rechts: The Outotec® Direct Zinc Smelting Process Proceedings of EMC 2015

Carbidproduktion: Elektroniederschachtofen AlzChem AG



Folie von Tobias Walter, AlzChem AG

Stahlproduktionsroute



- Schmelzen von Stahlschrott
- Temperaturen > 1600°C
- Zugabe CFK-Abfälle mit Stahlschrott
- CFK wirkt als Reduktionsmittel und substituiert Koks
- Turbulente Strömungen?
- Fasern in der Abluft und am Arbeitsplatz?

Initiative Dr. Henning Schliephake
Projektleitung NoWASTE
Georgsmarienhütte GmbH



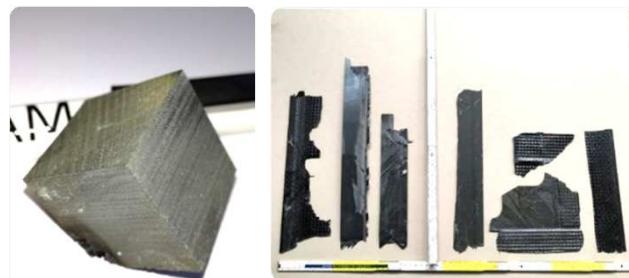
Georgsmarienhütte
GmbH · seit 1856 · Edelstahl

Lichtbogenofen

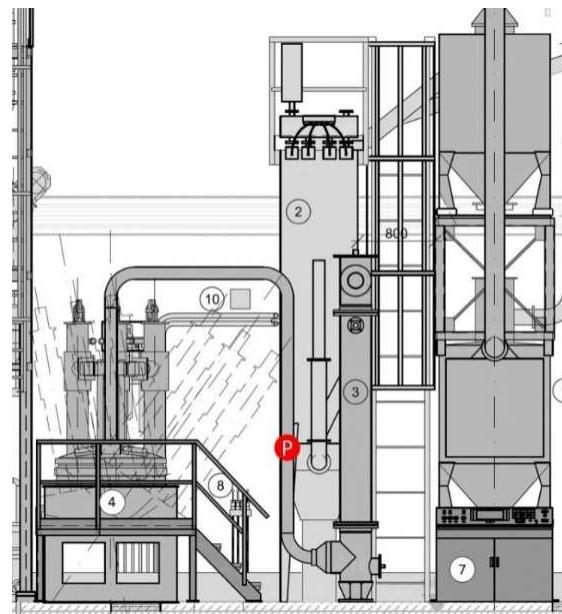
Stahlproduktionsroute



- Voruntersuchungen an der BAM
- Stahlwerksschlacke im kleintechnischen ELO geschmolzen
- CFK-Abfälle in die Schmelze gegeben
 - Schlacke-Briketts mit 3% und 6% CFK
 - CFK Bauteile
 - CFK Würfel



- Fasermessung in Ofenatmosphäre, Abluft (P) und Arbeitsumgebung



Kleintechnische
Lichtbogenofenanlage BAM

Stahlproduktionsroute



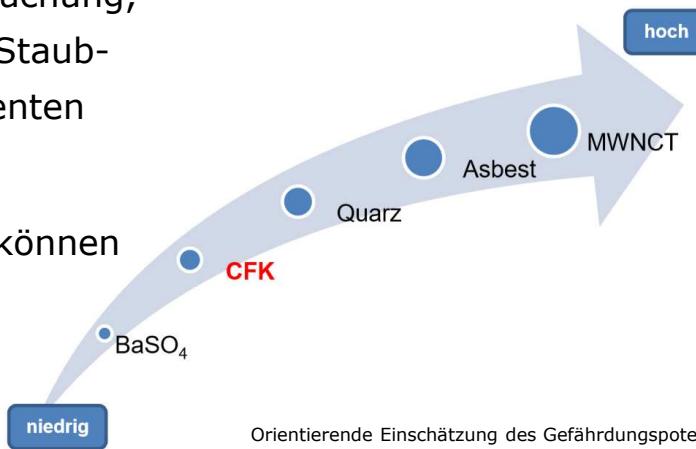
Fasermessungen

Mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit beim Umgang mit carbonfaserhaltigen Materialien durch die Bildung von WHO-Fasern (lungengängig) erfassen

in Abhängigkeit vom Fasertyp:

- schon bei mechanischer Beanspruchung, z.B. Schneiden, kann eine hohe Staubbelastung auch mit WHO-Fragmenten (lungengängig) entstehen
- bei thermischer Beanspruchung können bereits ab 650°C WHO-Fasern auftreten

[Quellen: A. Meyer-Plath, BAuA 2018, S. Eibl, WiWeB 2015]



Orientierende Einschätzung des Gefährdungspotentials
ausgewählter Fasern und Partikel
[Quelle: H.C. Keßeler, IPA 2018]

Stahlproduktionsroute



**Voruntersuchungen an
der BAM**
(Auftrag CCe.V.)
in Kooperation
mit TEER
(RWTH Aachen)

Gasprobenahmen

Arbeitsumgebung

Ofenraum mit SiC-Lanze



Sonde in
Abluftleitung
(isokinetische
Probenahme)



Stahlproduktionsroute

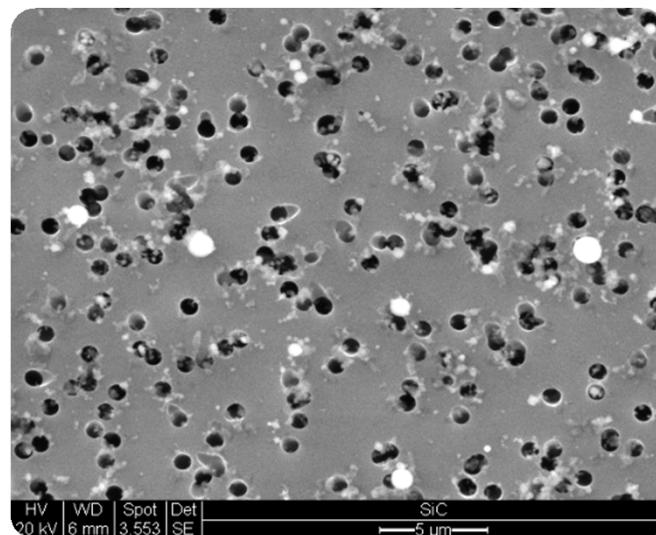
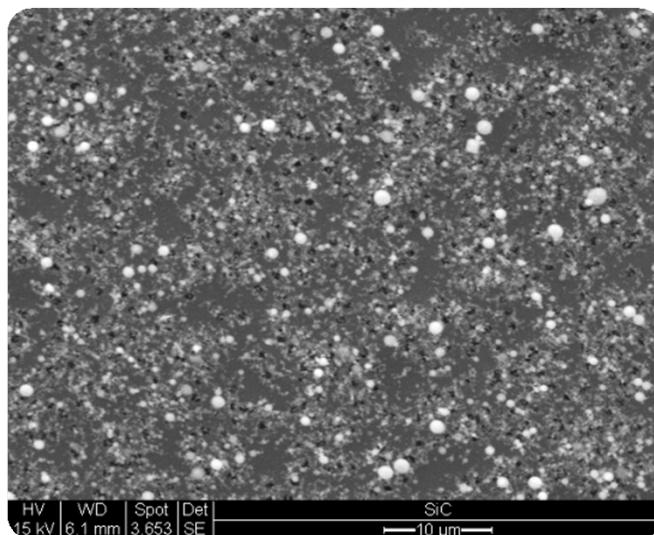


Stahlproduktionsroute



Befunde aus den ersten Messreihen:

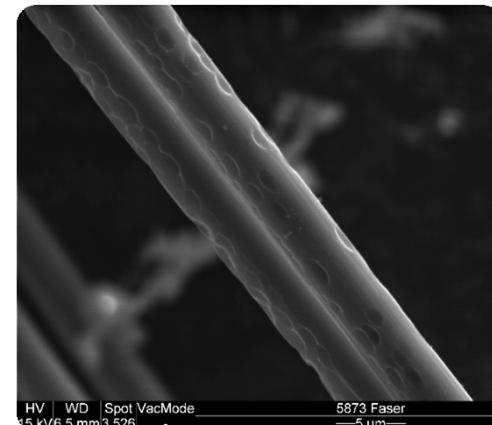
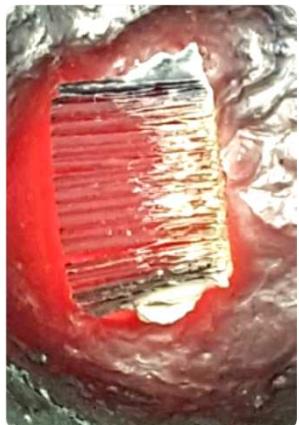
- Keine C-Fasern in der Ofenatmosphäre
- Keine C-Fasern in der Abluft
- Keine C-Fasern in der Arbeitsumgebung



Stahlproduktionsroute



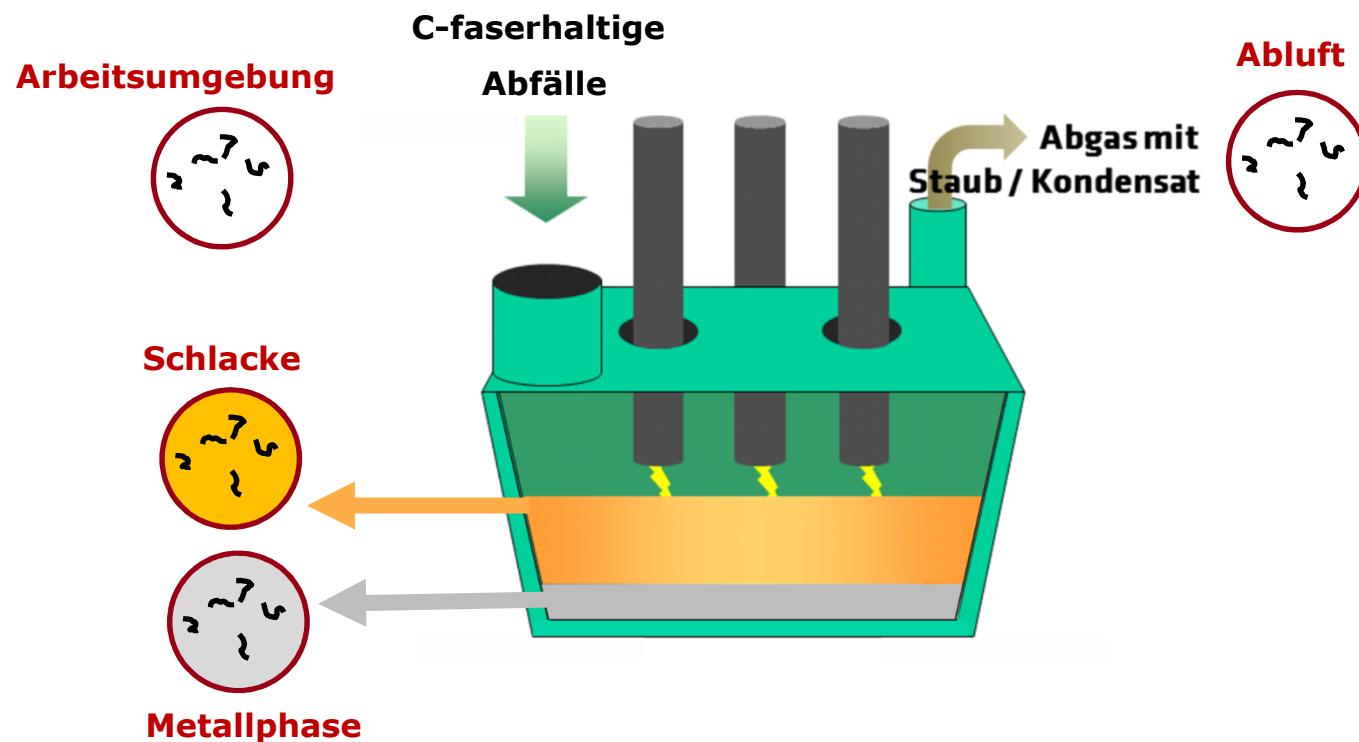
CFK-Teile nach kurzer Beanspruchung im Ofen



Potentiale für Faserfreisetzung sind vorhanden!

⇒ weiterer Forschungsbedarf

Analytische Herausforderungen



Zusammenfassung



- Pyrometallurgische Verfahren können für die Verwertung von CFK-Abfällen geeignet sein
- Geringe Gasströmung vorteilhaft, um Faseraustrag zu vermeiden
- Calciumcarbidherstellung ist eine vielversprechende Verwertungsoption
 - ⇒ weitere Untersuchungen erforderlich
- Stahlproduktionsroute scheint ebenfalls geeignet
 - keine Freisetzung von C-Fasern im kleintechnischen ELO der BAM
 - ⇒ weitere Untersuchungen erforderlich

Ausblick



Zukünftig zu bearbeitende Themen

- Ermittlung besonders geeigneter pyrometallurgischer Routen
(Stahl, Eisen, NE-Metalle, Refraktärmetalle, etc.)
- Weitere C-faserhaltige Abfälle?
 - C-Faserreste aus Aufbereitungsprozessen für C-Beton
(z.B. dichtesortierte Sandfraktion)
 - C-faserhaltige Stäube (vorab konditioniert z.B. aus C-Betonbearbeitung)
 - nicht rezyklierbare Carbonfasern aus anderen Aufbereitungsprozessen
(z.B. Kurzfasern, Fasergemische)
- Untersuchungen zur Vorkonditionierung C-faserhaltiger Abfälle
- Ausarbeitung sicherer Verwertungsverfahren (gesamter Pfad)
- Bereitstellung von Handlungsempfehlungen

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

