



Auswirkungen carbonfaserhaltiger Abfälle auf die thermische Abfallbehandlung

Siedlungs-, Sonderabfallverbrennungsanlage und Zementdrehrohr

Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker, Jan Stockschröder

Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe
RWTH Aachen University
Forschungskolleg Verbund.NRW

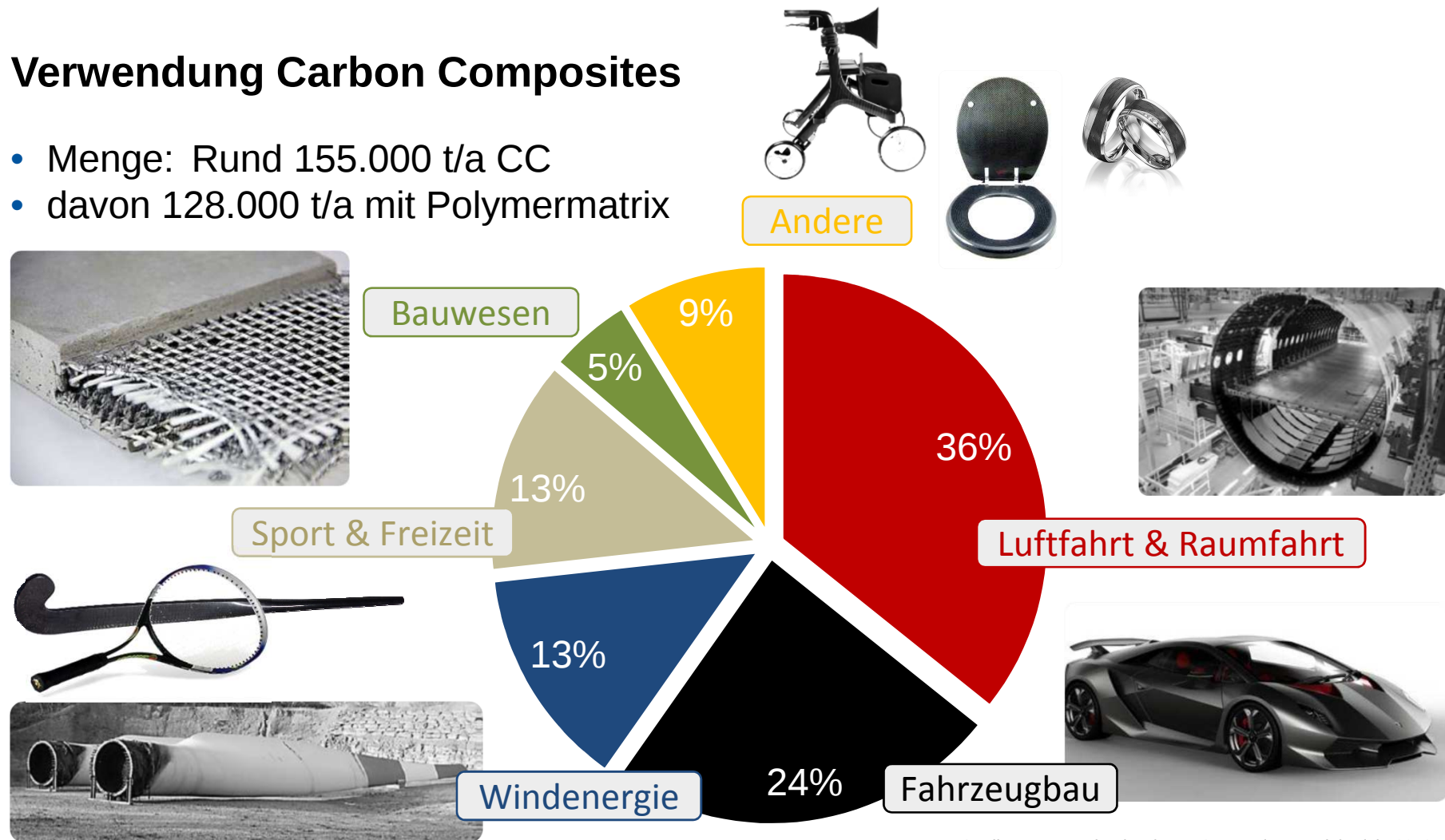
Aufbereitung und Verwertung carbonfaserhaltiger Abfälle
Umweltbundesamt, Dessau
19. und 20. September 2019

Entsorgungssituation

Entsorgungssituation

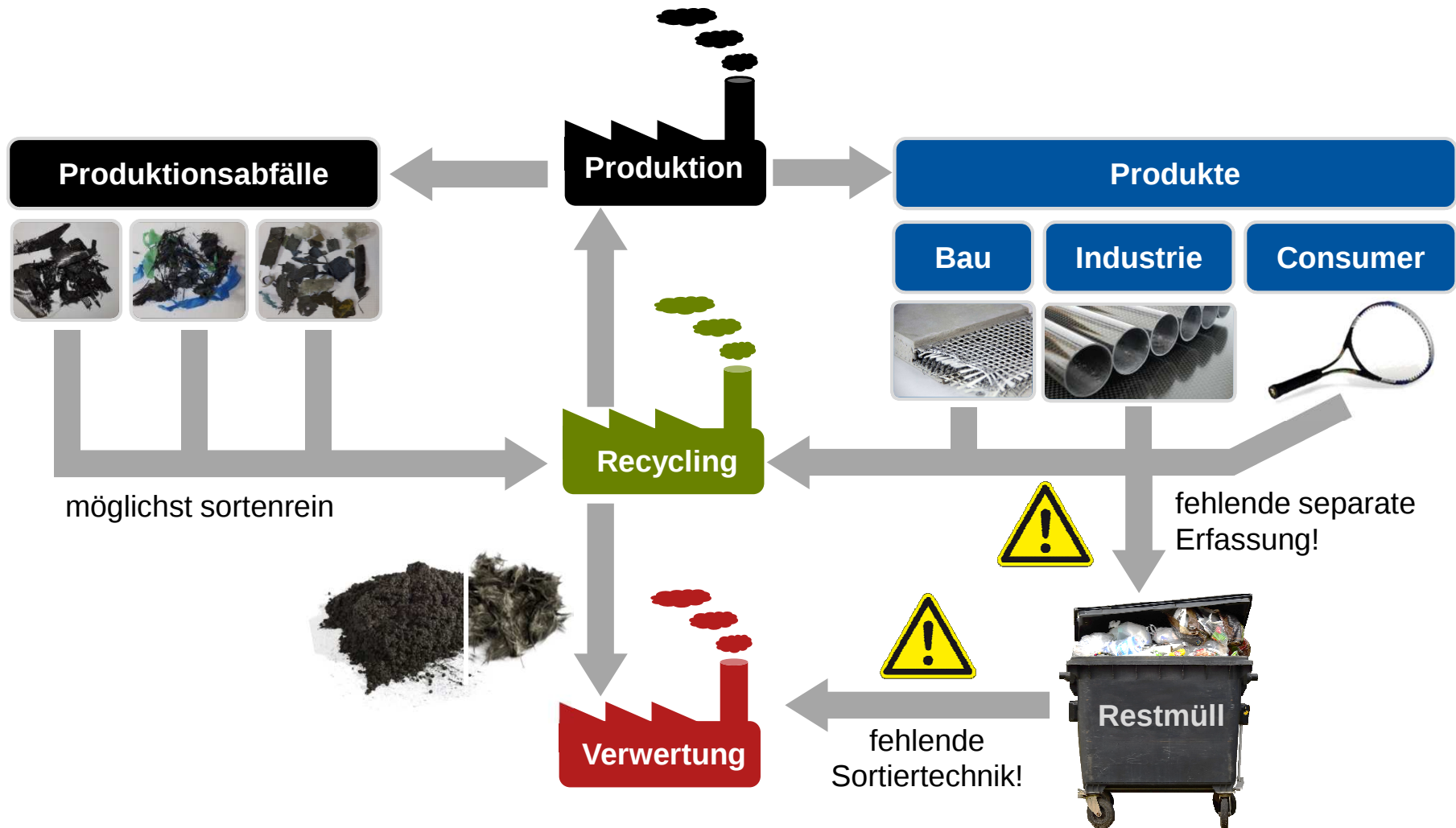
Verwendung Carbon Composites

- Menge: Rund 155.000 t/a CC
- davon 128.000 t/a mit Polymermatrix



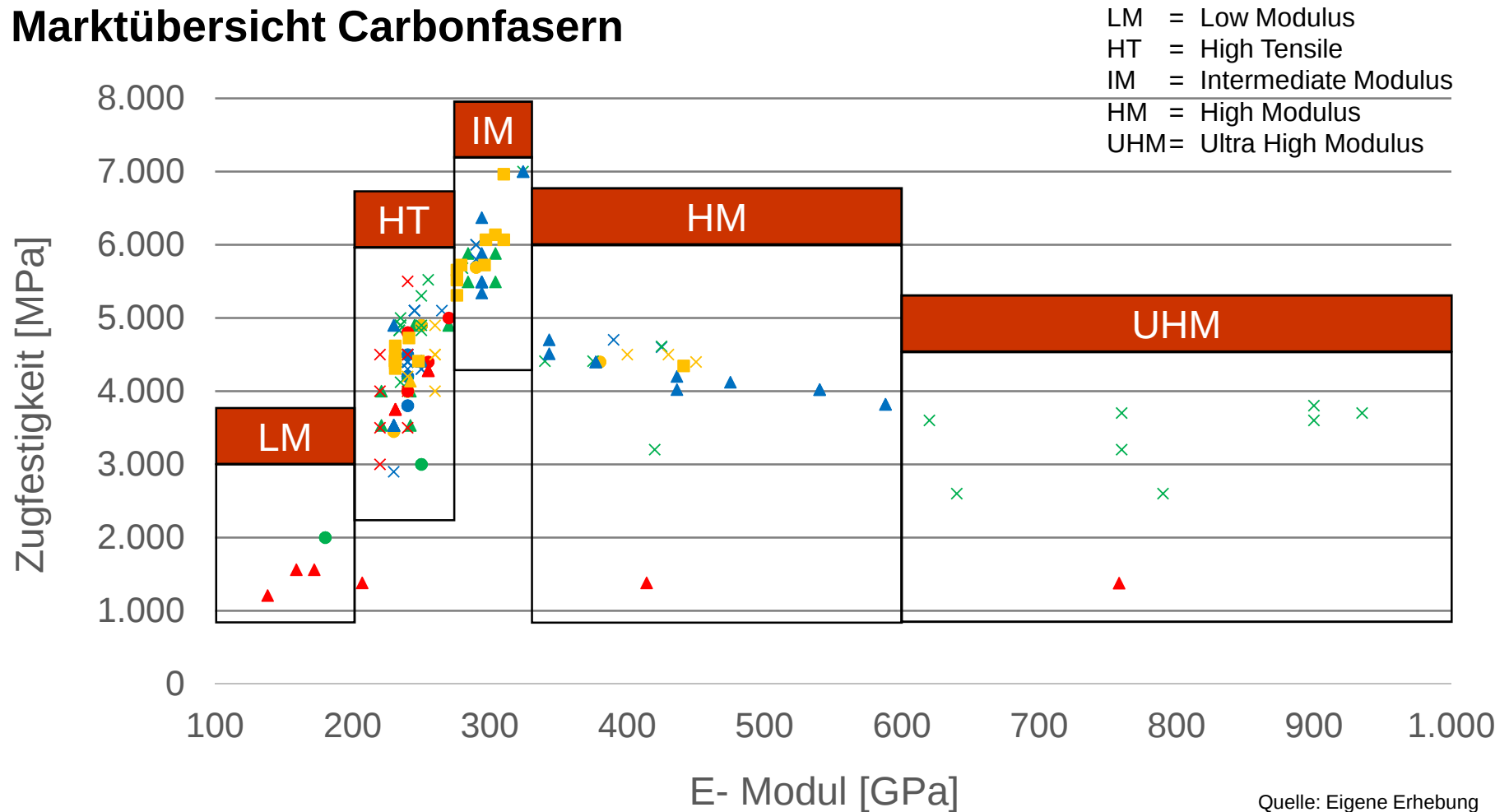
Quelle: Kraus, Kühnel, Witten., Composites-Marktbericht 2018

Entsorgungssituation



Grundlagen

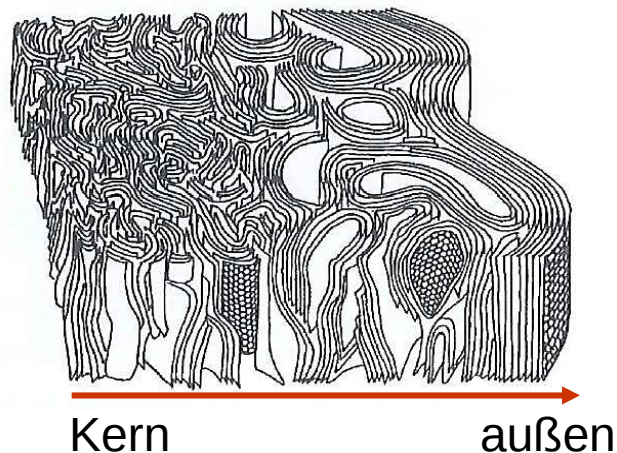
Marktübersicht Carbonfasern



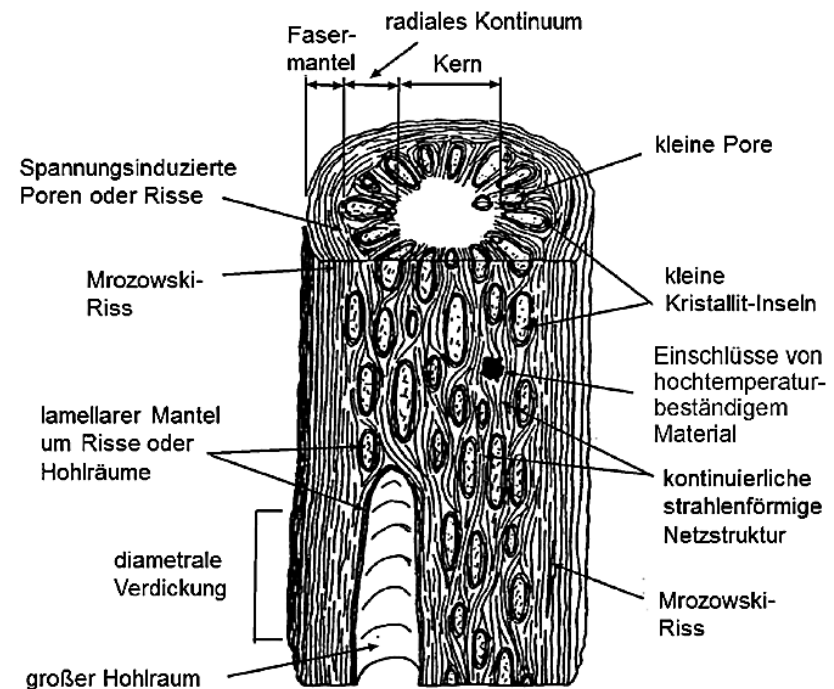
Grundlagen

Carbonfasern

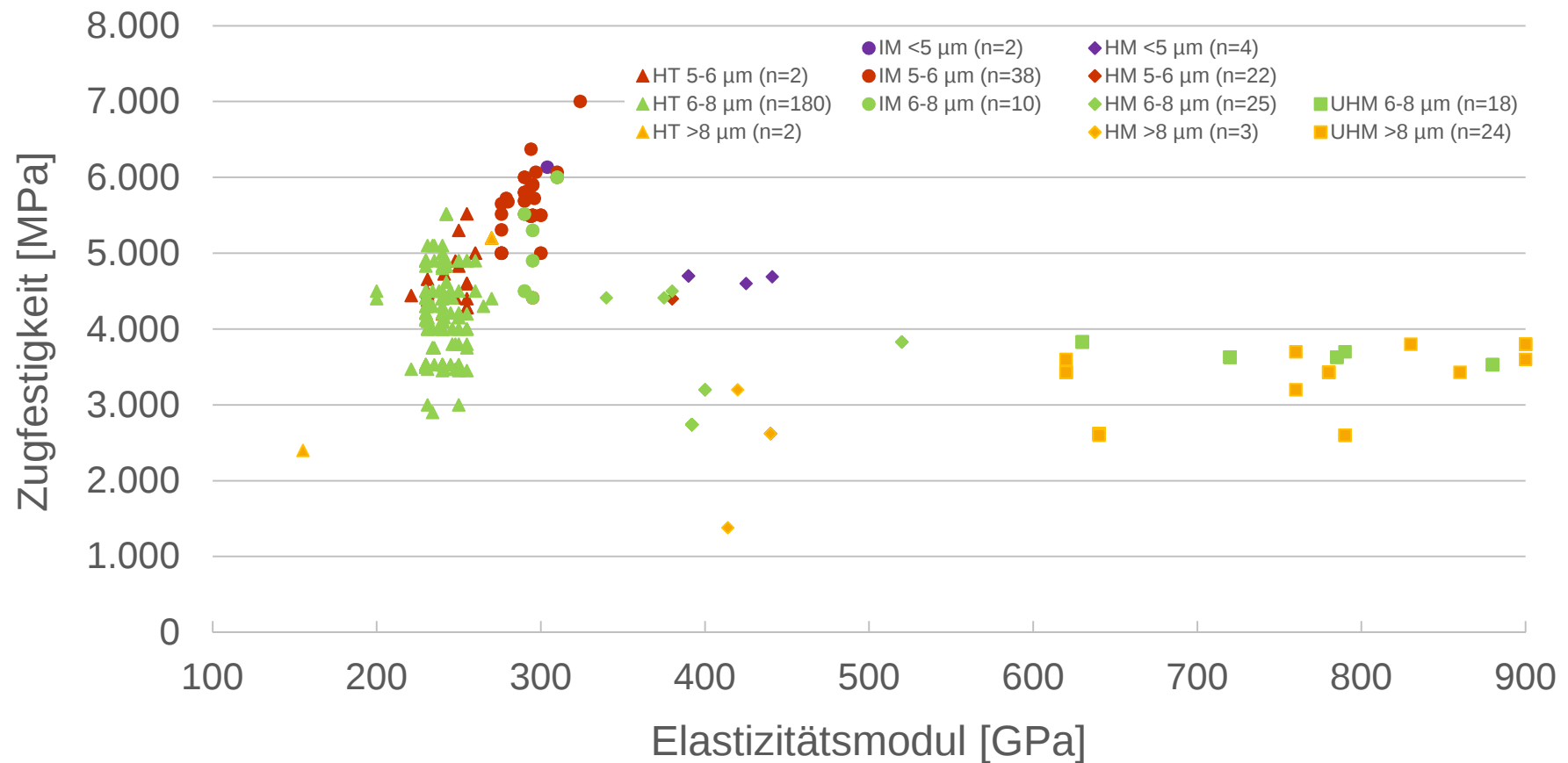
- Ergebnis eines industriellen Herstellungsprozesses
- Besitzen gute mechanische Eigenschaften durch Unterschiede in der Kohlenstoffstruktur
- „Verbund“ im Verbund durch Unterschiede in der Kohlenstoffstruktur



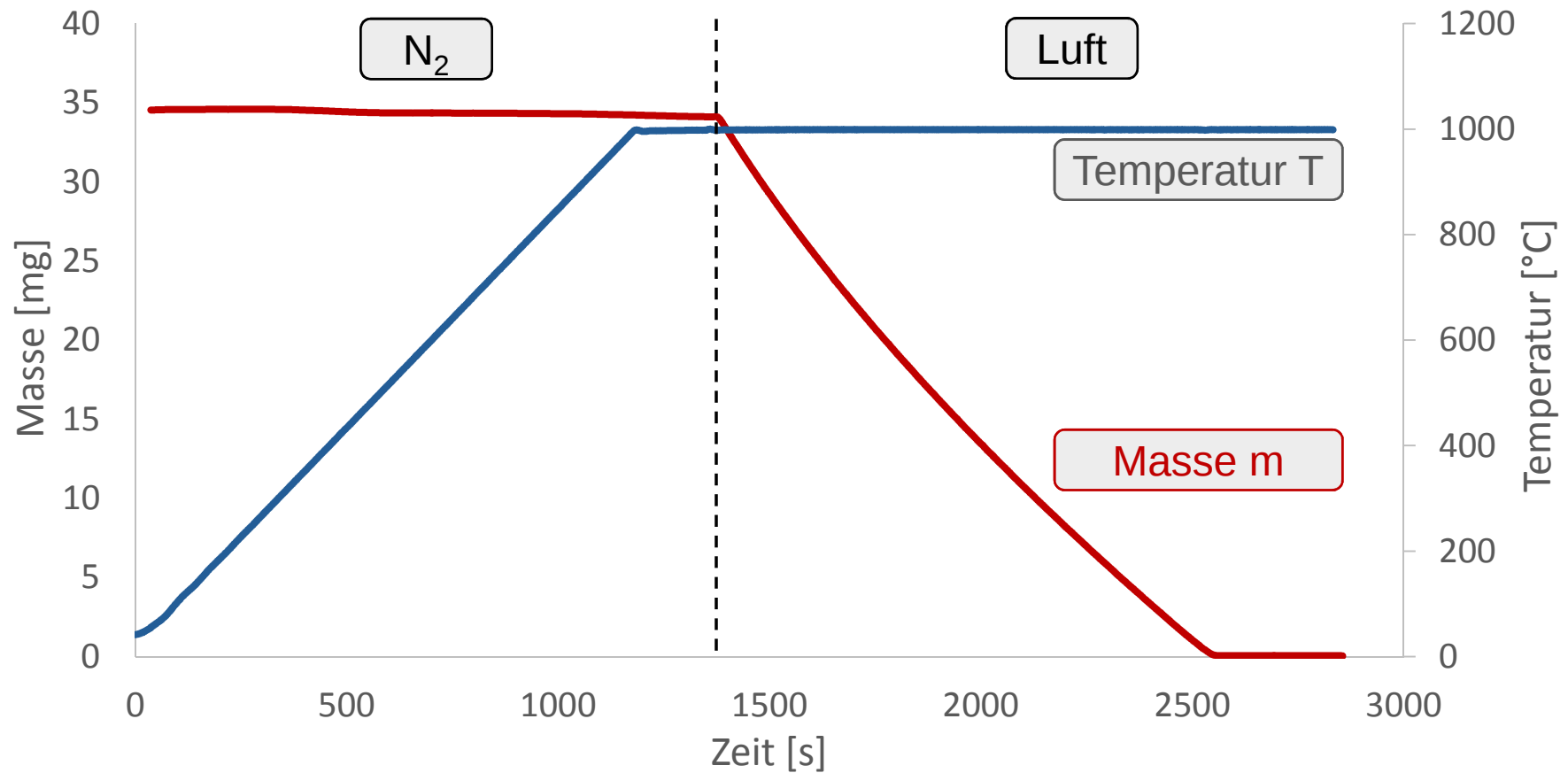
Quellen: Figueiredo, F. L.; Bernado, C. A.; Baker, R. T. K.; Hüttinger, K. J. (Hrsg.): Carbon Fibers Filaments and Composites. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 1990, S.137
Frank, E.; Steudle, L.; Ingildeev, D.; Spörl, J.; Buchmeiser, M.: Carbonfasern: Prkursor-Systeme, Verarbeitung, Struktur und Eigenschaften. In: Angewandte Chemie. 126. Jg., 2014, S. 5364–5403



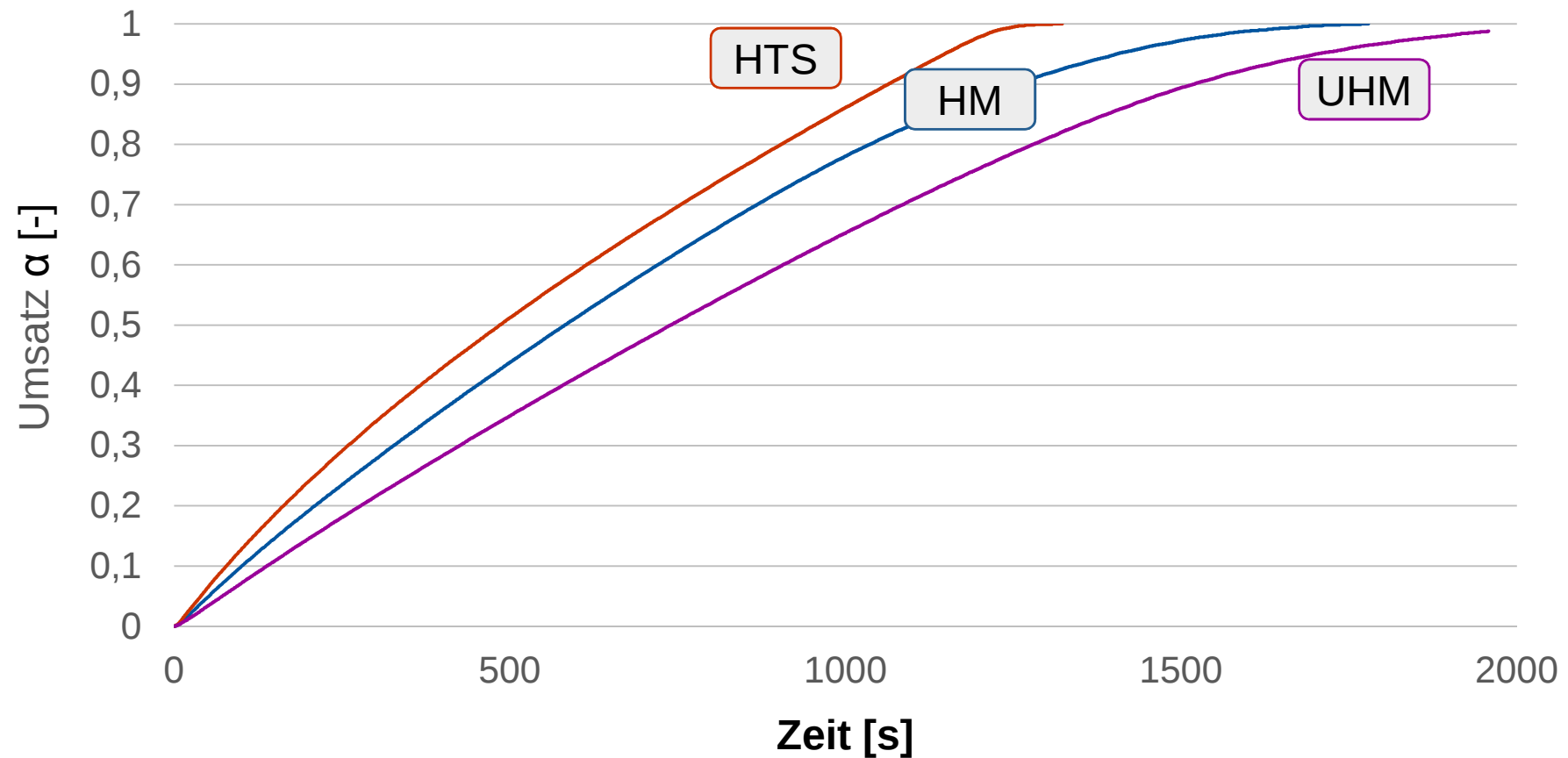
Marktübersicht Carbonfasern



Thermogravimetrische Analyse von reinen Carbonfasern



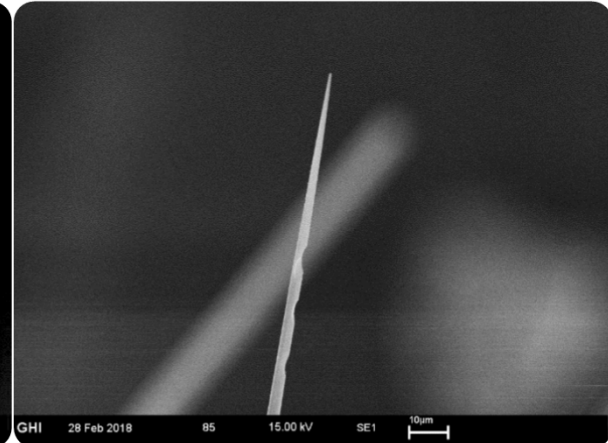
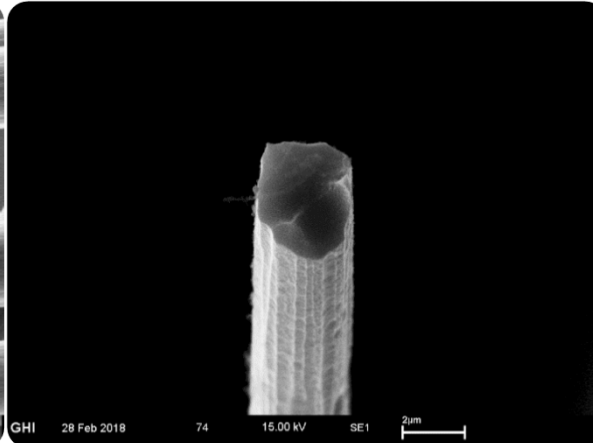
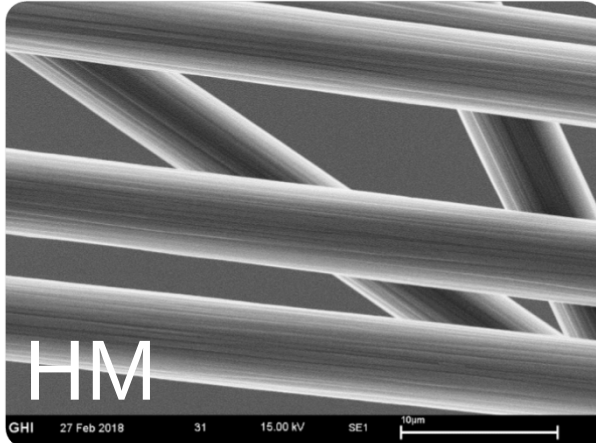
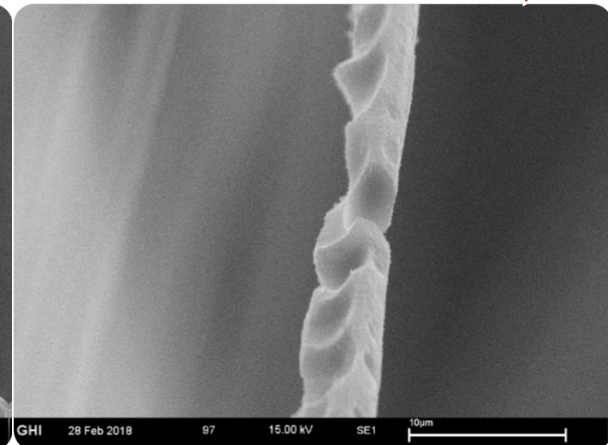
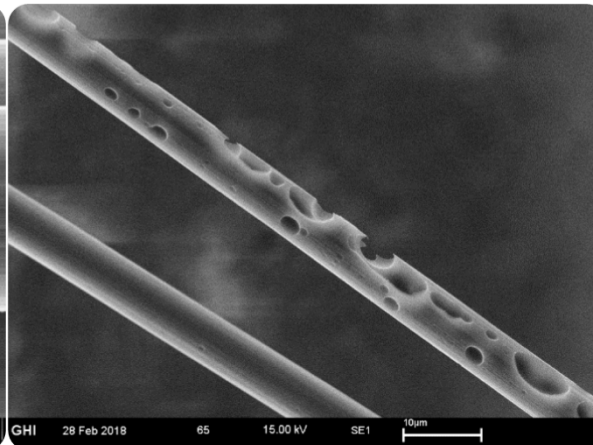
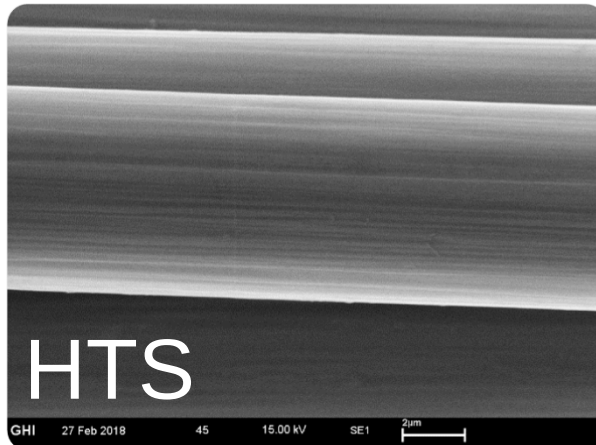
Umsatz bei der Verbrennung verschiedener Fasertypen über die Zeit



Grundlagen

Zersetzungsverhalten

OXIDATION



Quelle: Stockschläder et. al. 2019

Zwischenfazit

- Carbonfasern besitzen eine unterschiedliche Kohlenstoffstruktur über den Faserquerschnitt
- Mechanische Eigenschaften werden maßgeblich von diesen Unterschieden beeinflusst
 - Zugfestigkeit von „innerer“ Struktur
 - Elastizitätsmodul von „äußerer“ Struktur
- Zum Erreichen der geforderten Materialwerte gibt es verschiedene Wege
→ dies zeigt die Vielzahl der einzelnen Carbonfasern (Zugfestigkeit, E-Modul, Durchmesser)
- Unterschiede in der Struktur führen unterschiedlichem thermischen Verhalten

Thermische Behandlung

Projektrahmen

Entsorgungssituation

Partner

- Auftraggeber Umweltbundesamt (UFOPLAN-Vorhaben FKZ 3716 34 318 0)
- Titel Untersuchungen zu Möglichkeiten und Grenzen der Entsorgung carbonfaserverstärkter Kunststoffabfälle in thermischen Prozessen unter Berücksichtigung möglicher Risiken im Umgang mit den prozessspezifischen Reststoffen

- Projektpartner

RWTH Aachen TEER (Leitung)	Verein Deutscher Zementwerke	ZAW Coburg
KIT Institut für Technische Chemie	MARTIN	AlzChem AG
TU Dresden EVT	Indaver	ITAD
TH Nürnberg iii	HeidelbergCement	



Thermische Behandlung

Großtechnische Versuche Siedlungs- und Sonderabfallverbrennung

Versuchskampagne

- Versuchskampagne über jeweils 3 Versuchszeiträume
 - Referenz
 - CF-Mitverbrennung
 - Kontrolle
- Aufgabe verschiedener carbonfaserhaltiger Abfälle
 - MHKW Coburg etwa 100 kg CF/h (1 Ma.-% des Inputs)
 - SAVA Biebesheim etwa 142 kg CF/h (4 Ma.-% der festen Abfälle)

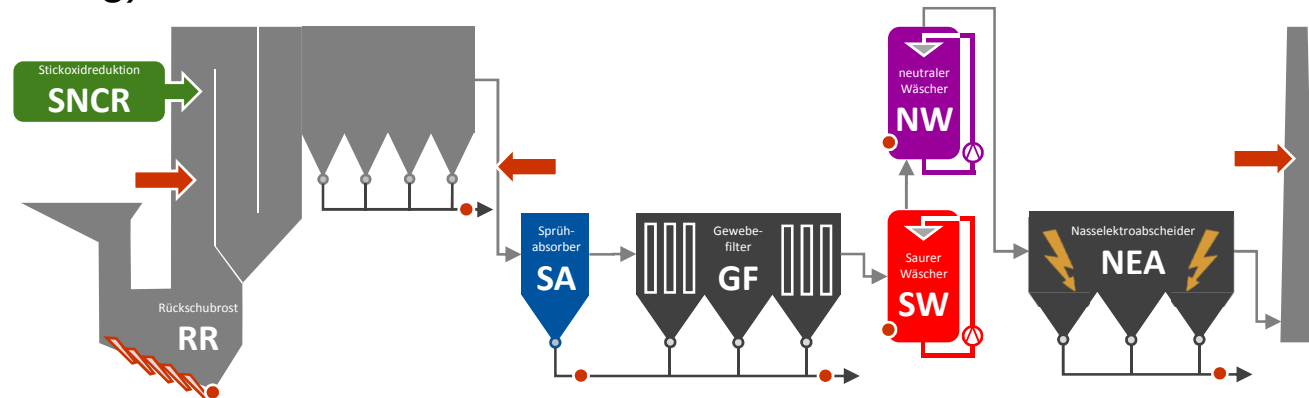


Vorgehen

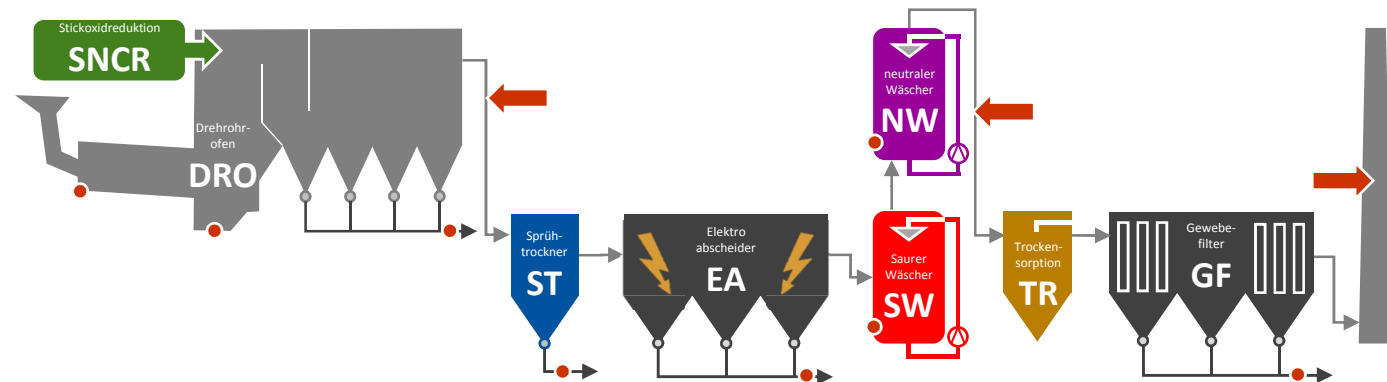
Messstellen

- ← Gasbeprobung
- Probenahme (fest/flüssig)

- **MHKW Coburg**
 - Schlacke
 - Kesselasche
 - Sprühabsorberreststoff
 - Gewebefilterreststoff
 - Saurer Wäscher
 - Neutraler Wäscher
 - Reststoff NEA



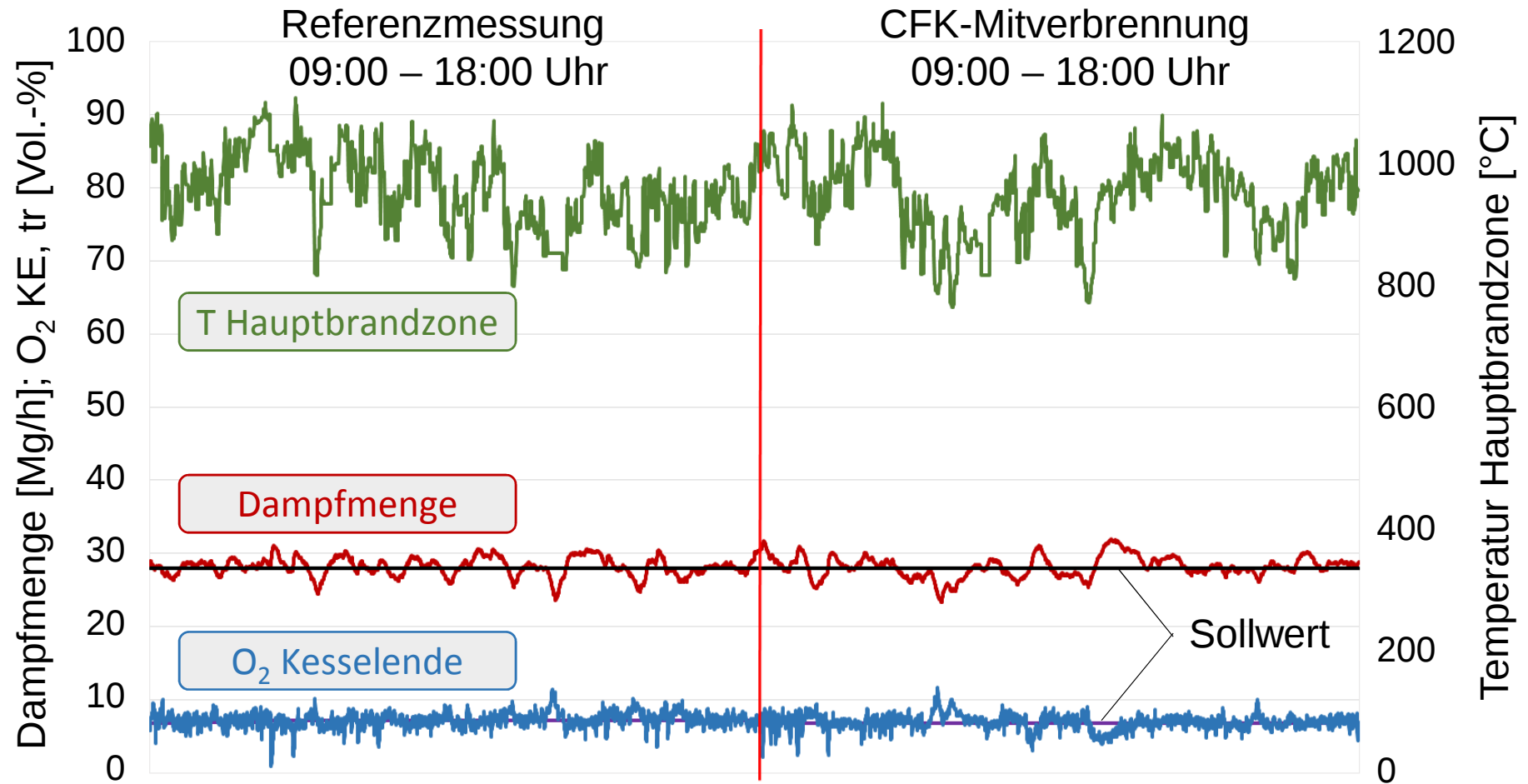
- **SAVA Biebesheim**
 - Stirrwandentaschung
 - Schlacke
 - Kesselasche
 - Sprühtrocknerreststoff
 - E-Filterreststoff
 - Saurer Wäscher
 - Neutraler Wäscher
 - Gewebefilterreststoff



Zwischenstand

Siedlungsabfallverbrennungsanlage Coburg

Prozessstabilität

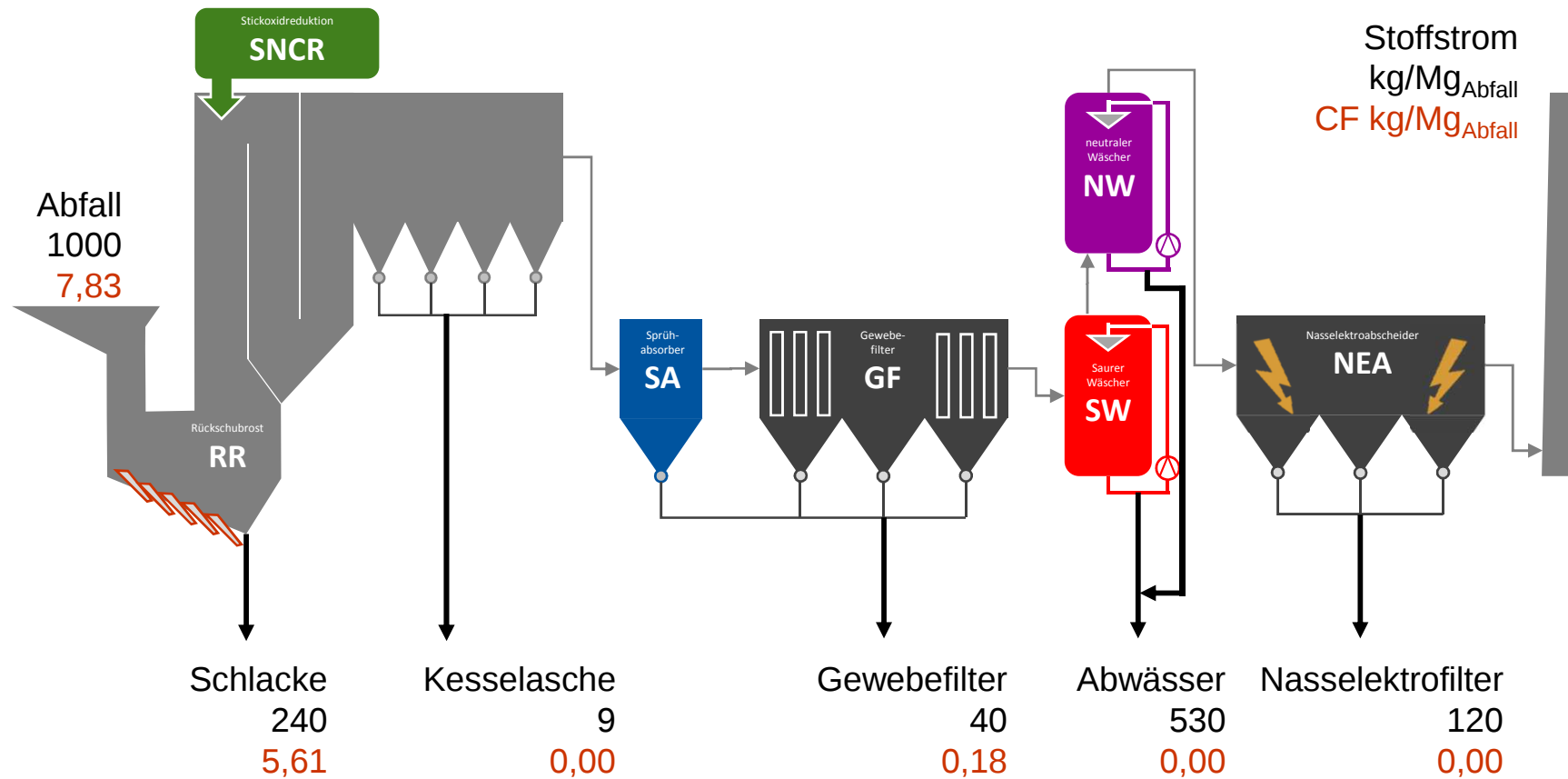


Rostschlacke

- deutlicher Anteil an Carbonfasern mit bloßem Auge sichtbar
- Klassierung und Sortierung bestätigt diesen Eindruck



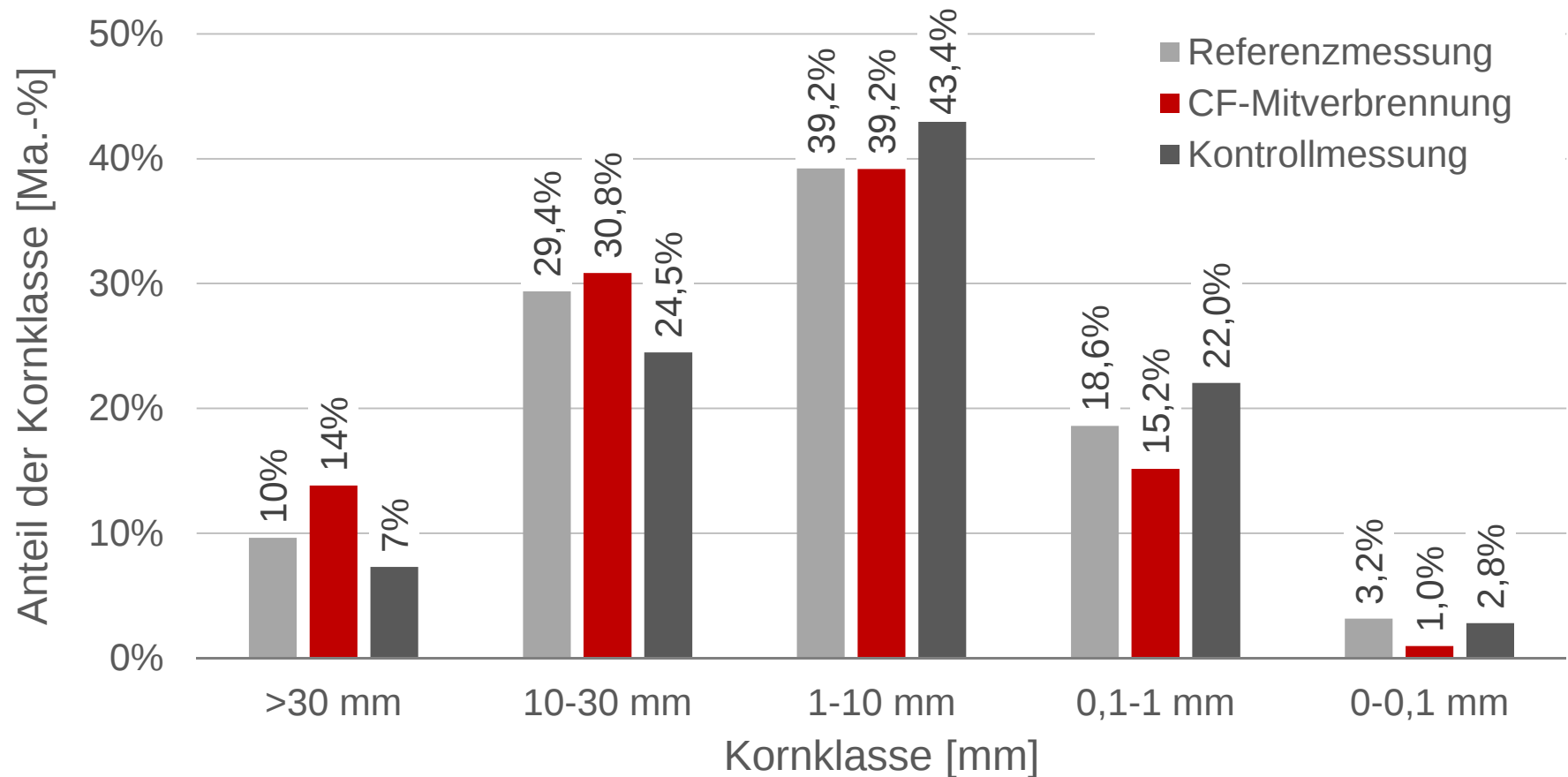
Großtechnischer Versuch MVA – Massenbilanz (vorläufig)



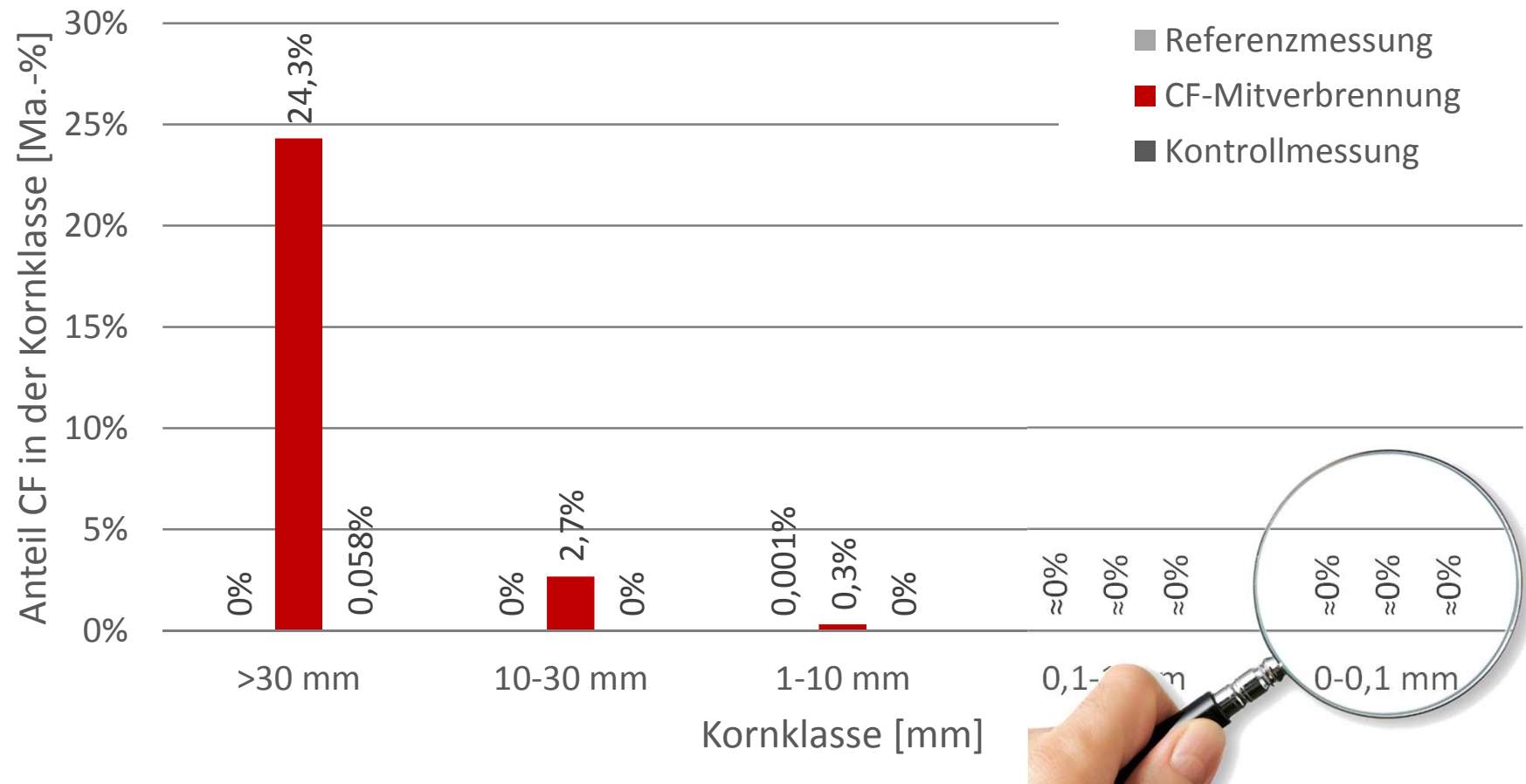
≈ 74 Ma.-% der CF in Rostasche

Reingasstaubwerte < 1 mg/m³_{i.N.,tr.}

Korngrößenverteilung der Rostaschen

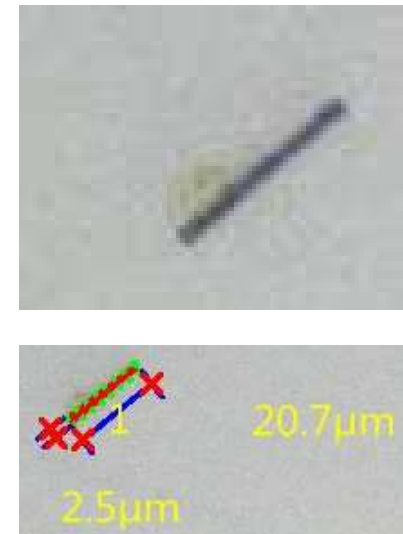
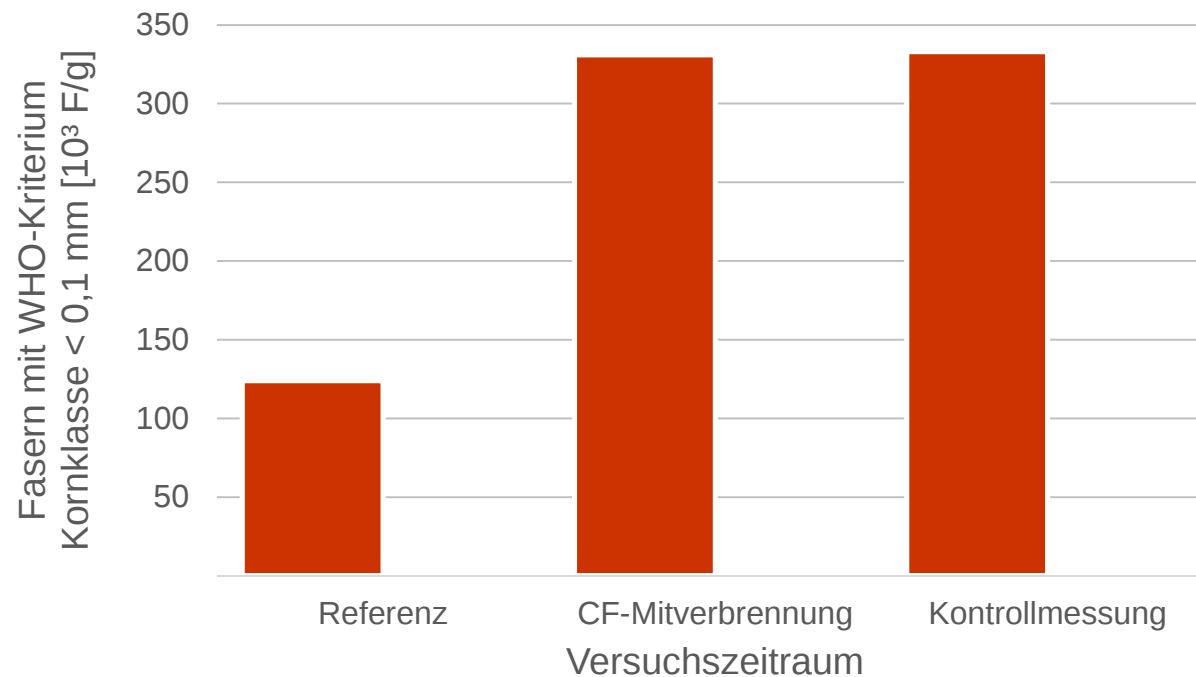


Carbonfaseranteil in den Rostaschen



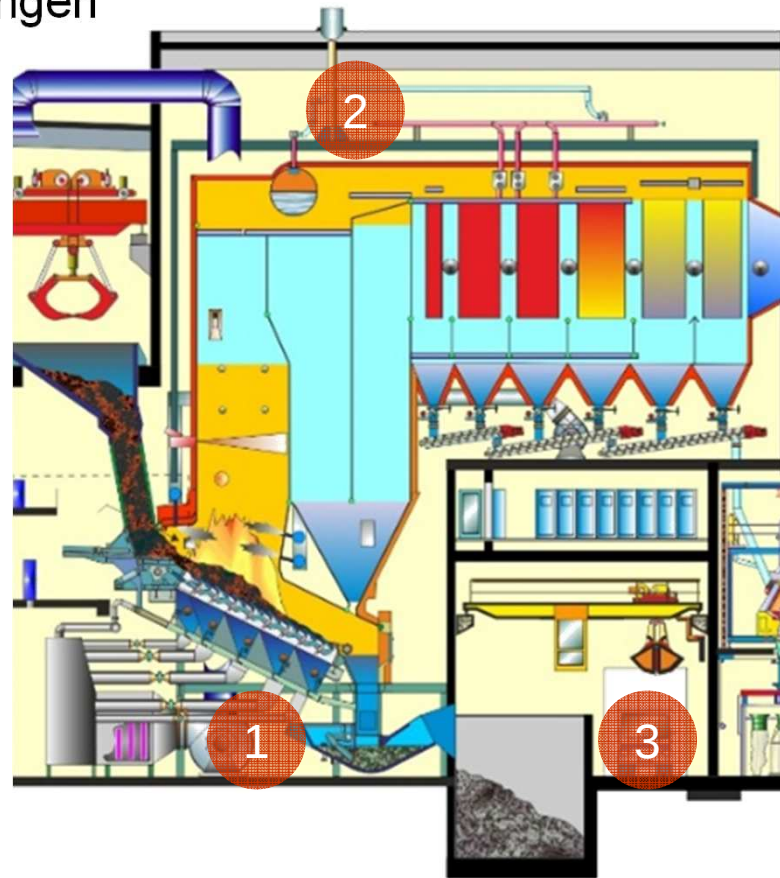
Faseranalytik der Rostaschen

- statische Bildanalyse im Auflichtmikroskop (500 x Vergrößerung)
- Auswertung der Korngröße < 0,1 mm

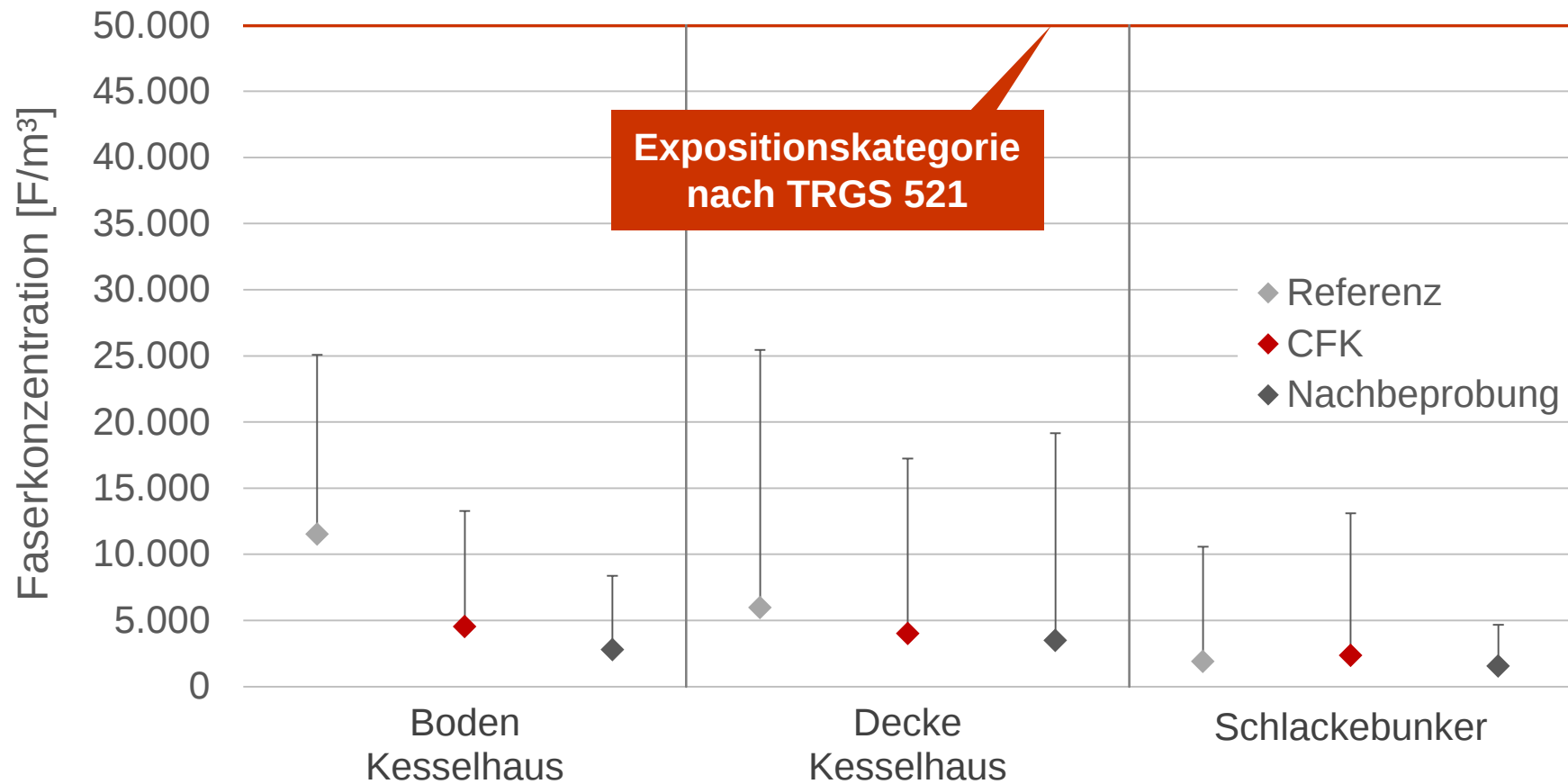


Arbeitsplatzmessungen

- 3 stationäre Arbeitsplatzmessungen
 - Boden Kesselhaus
 - Decke Kesselhaus
 - Schlackebunker



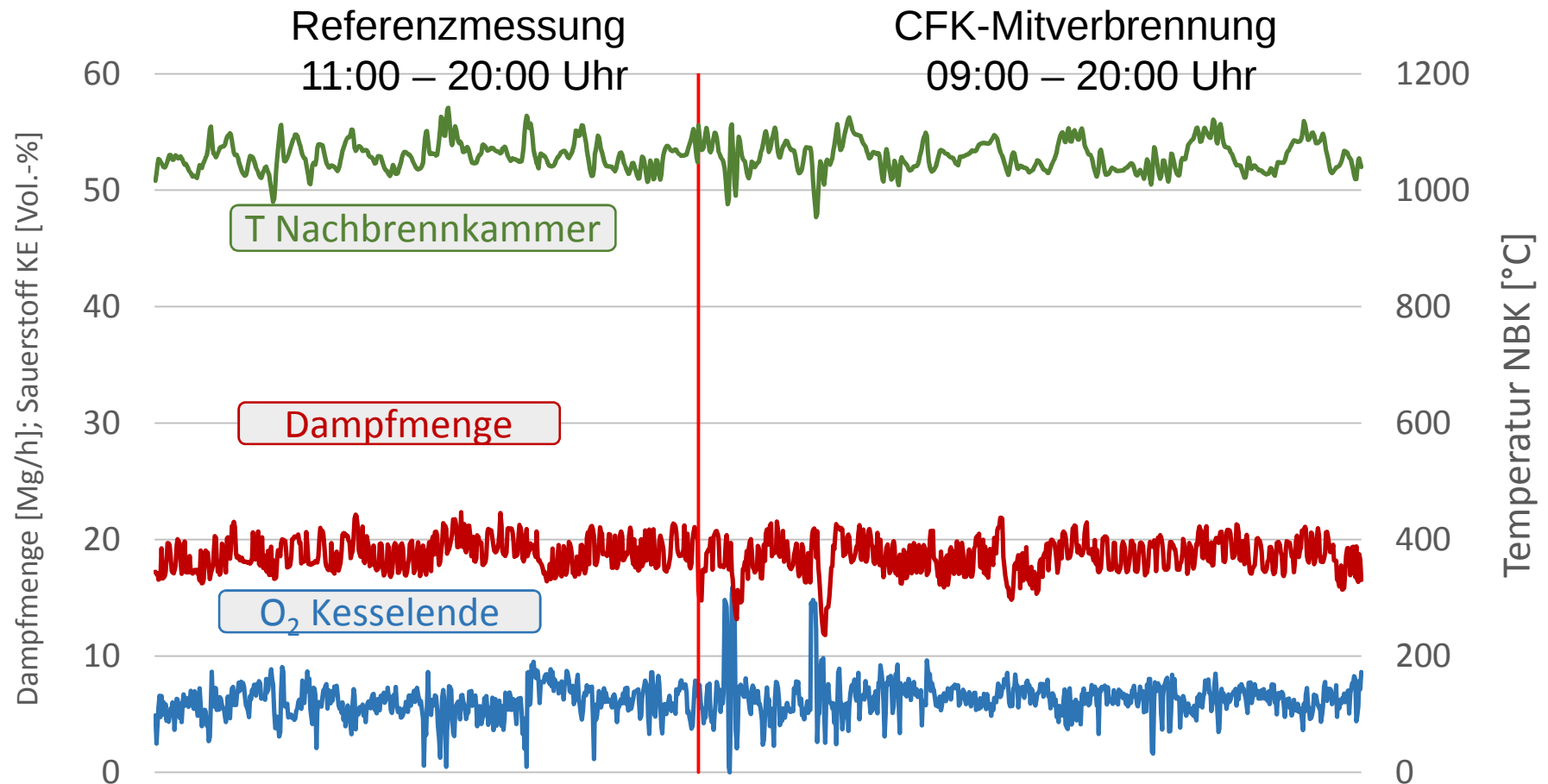
Arbeitsplatzmessungen



Zwischenstand

Sonderabfallverbrennungsanlage Biebesheim

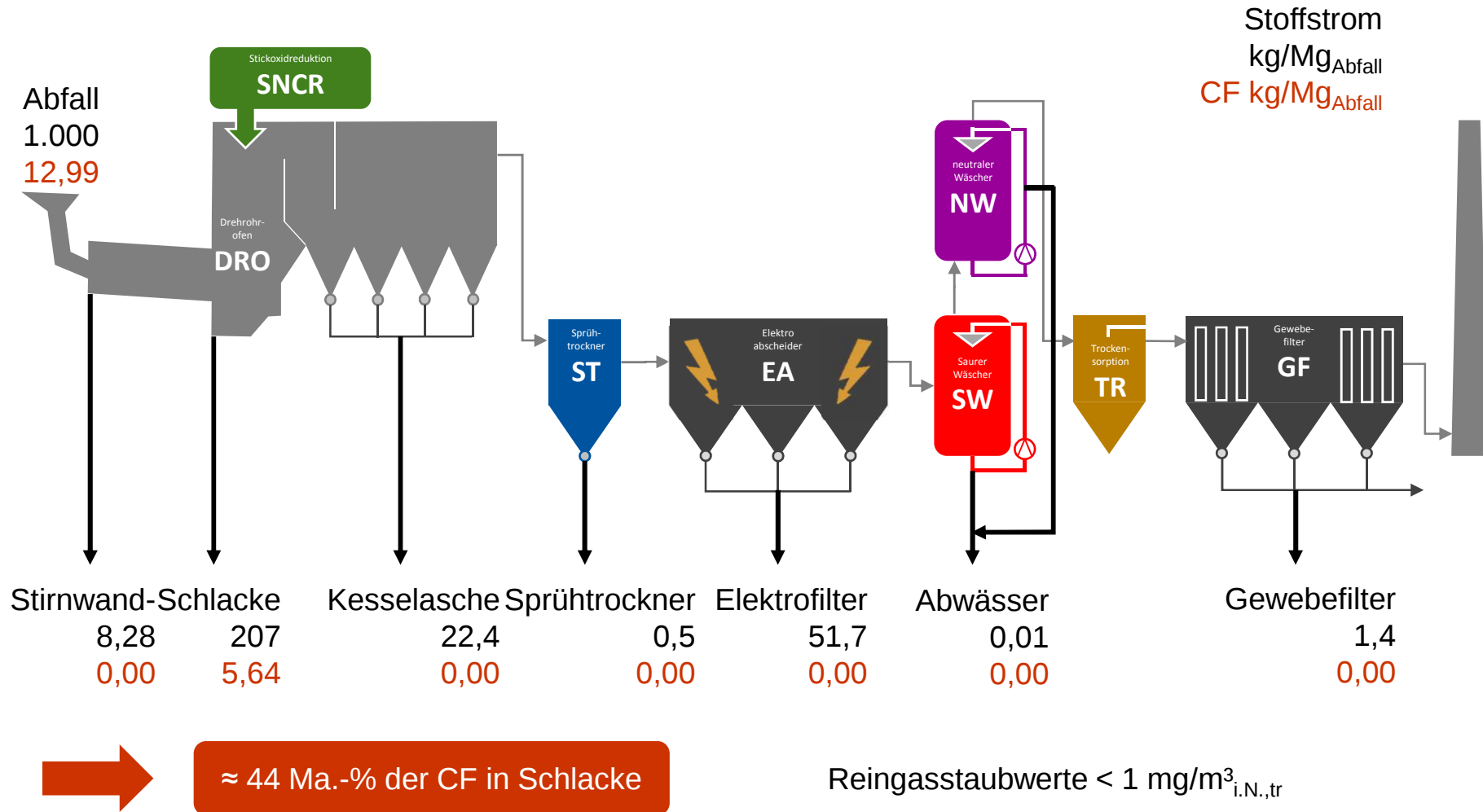
Prozessstabilität



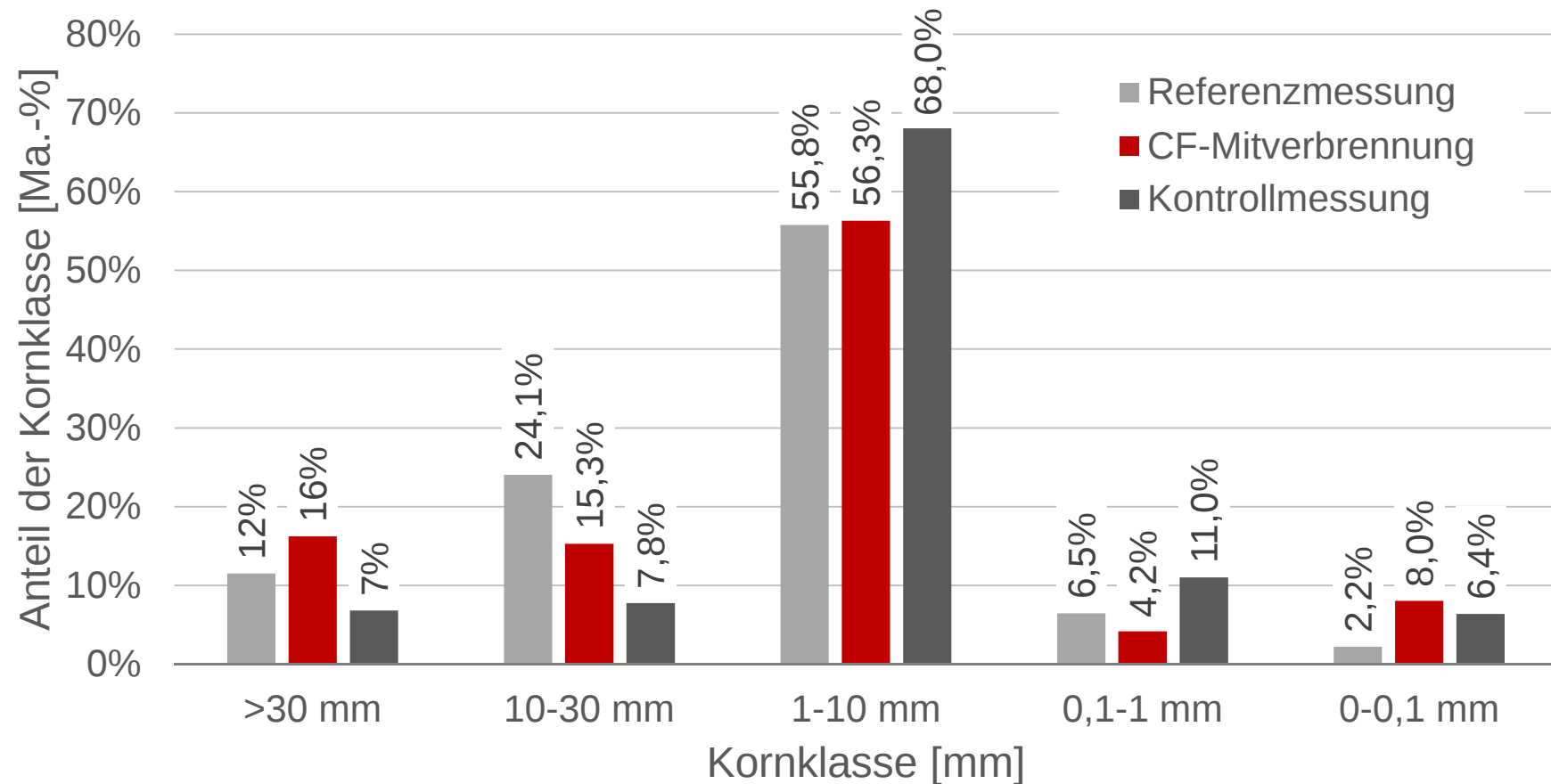
Ergebnisse Schlacke



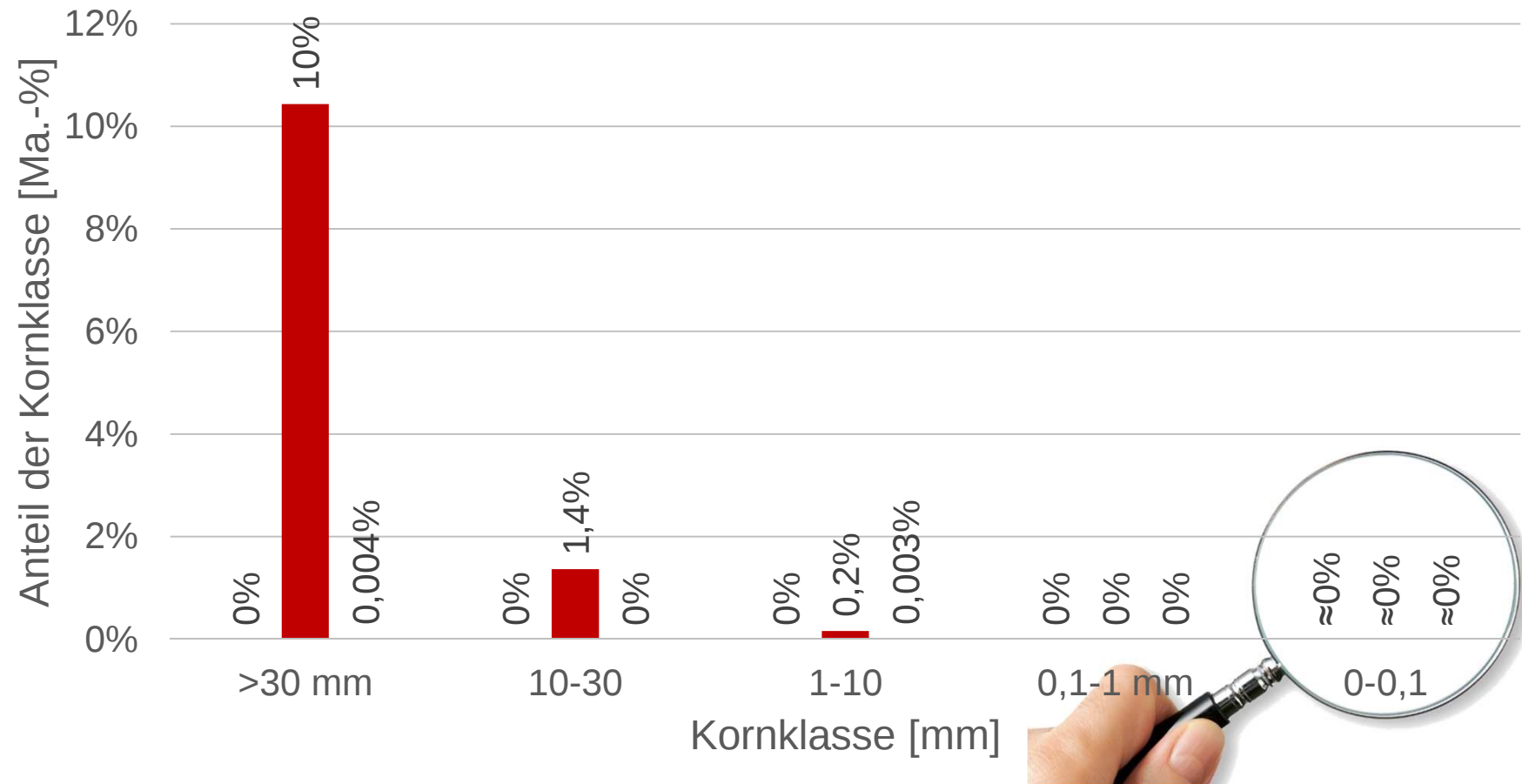
Großtechnischer Versuch SAVA



Korngrößenverteilung der Sonderabfallverbrennungsschlacken

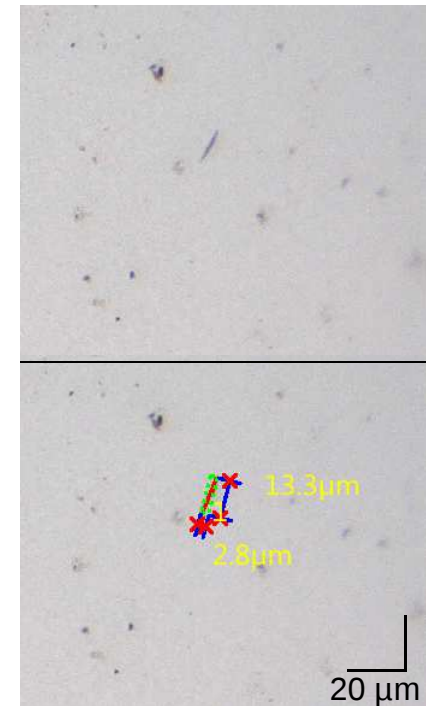
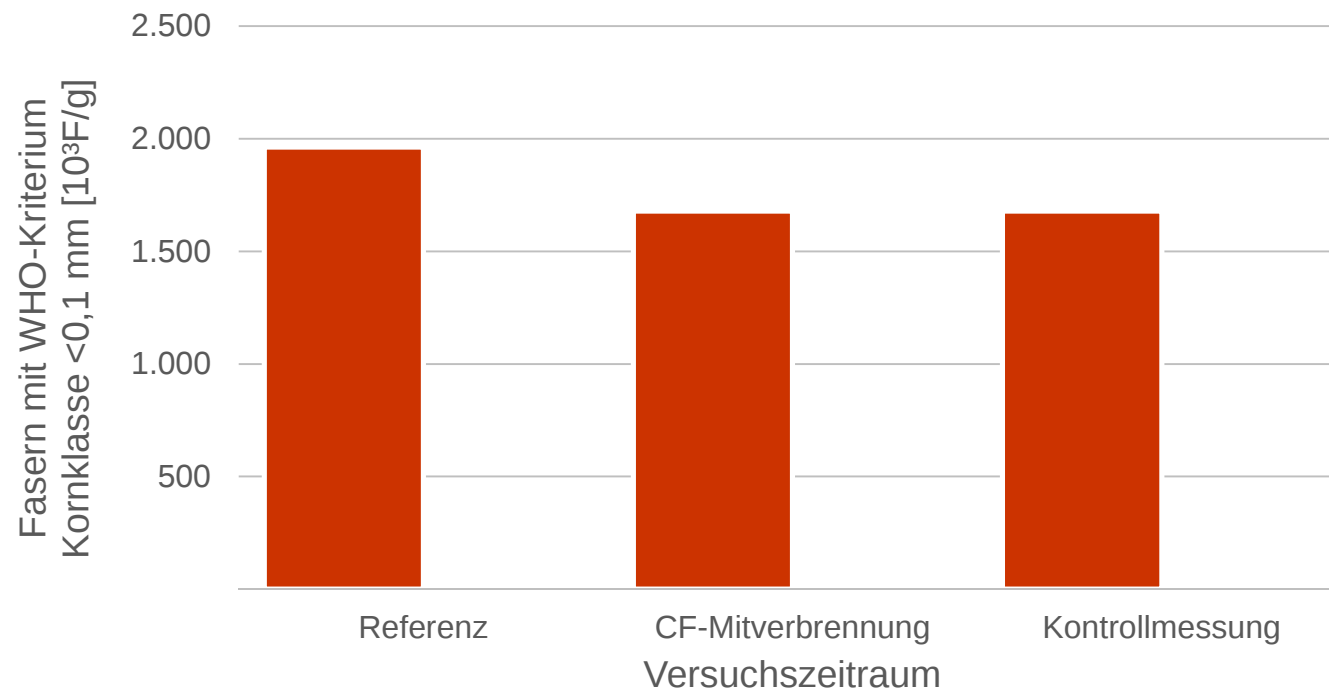


Carbonfaseranteil in den Sonderabfallverbrennungsschlacken



Faseranalytik der Sonderabfallverbrennungsschlacken

- statische Bildanalyse im Auflichtmikroskop (500 x Vergrößerung)
- Auswertung der Korngröße < 0,1 mm



Zwischenstand

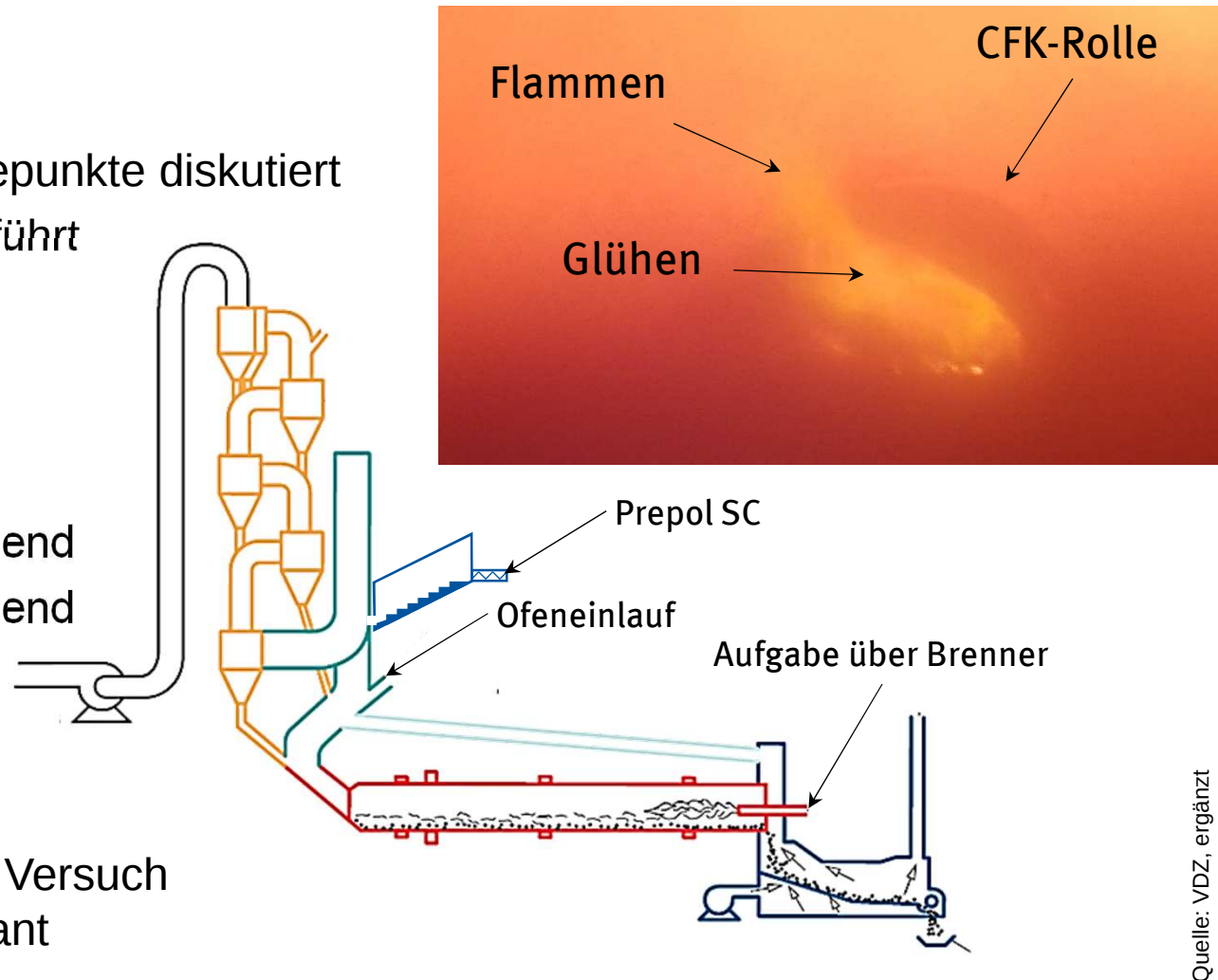
Zementdrehrohr

Großtechnischer Versuch Zementdrehrohr

Zementwerk

- verschiedene Aufgabepunkte diskutiert
- Vorversuche durchgeführt
- Erprobte Aufgabepunkte
 - Ofeneinlauf
 - Brenner
- Ofeneinlauf unzureichend
- Brenner vielversprechend

➔ großtechnischer Versuch
im Oktober geplant



Zusammenfassung und Ausblick

Entsorgungssituation

- Keine Regelung zur Sammlung und Verwertung von CFK End-of-Life Abfällen
- Unkontrollierter Eintrag in Verbrennungsanlagen
- Keine geeignete Technik zur Detektion

Eintrag in MVA und SMVA

- Anlagen sind für Verwertung nicht geeignet
- Fasern passieren Ofen Großteils unzureichend zerstört
- Fasern in Schlacke, Kesselaschen sowie AGR-Rückstände
- Abgasreinigung hält Fasern sicher zurück
 - ABER: Elektrische Abscheider problematisch
- WHO-Fasern in Schlacke vorhanden
- Abschließende Bewertung noch ausstehend; aktuelle Grenzwerte werden voraussichtlich eingehalten

Ausblick

- Großtechnischer Versuch im Zementdrehrohrofen mit Aufgabe über Ofenbrenner
- Zerkleinerung des Materials auf Kantenlänge < 30 mm
- Projekt zum Freisetzungsverhalten und Toxizität in NanoCare4.0
- Untersuchung weiterer potentieller Verfahren wie z.B. Pyrometallurgie

Offene Punkte

- Validierte/schnelle/zuverlässige Analytik zur Bewertung der Verbrennungsrückstände
- Bewertung der CF mit WHO-Abmessungen
- Wie kann ein unkontrollierter Eintrag von carbonfaserhaltigen Reststoffen in Verbrennungsanlagen verhindert werden?

Vielen Dank an ...

- ...den ZAW Coburg
- ...die Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik
- ...die Indaver Deutschland GmbH
- ...die HIM GmbH
- ...die HeidelbergCement AG
- ...die AlzChem AG
- ...das Umweltbundesamt
- ...den Carbon Composites e.V.
- ...die CFK Valley Stade Recycling GmbH Co. KG
- ...das Ministerium für Kultur und Wissenschaft NRW



Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen

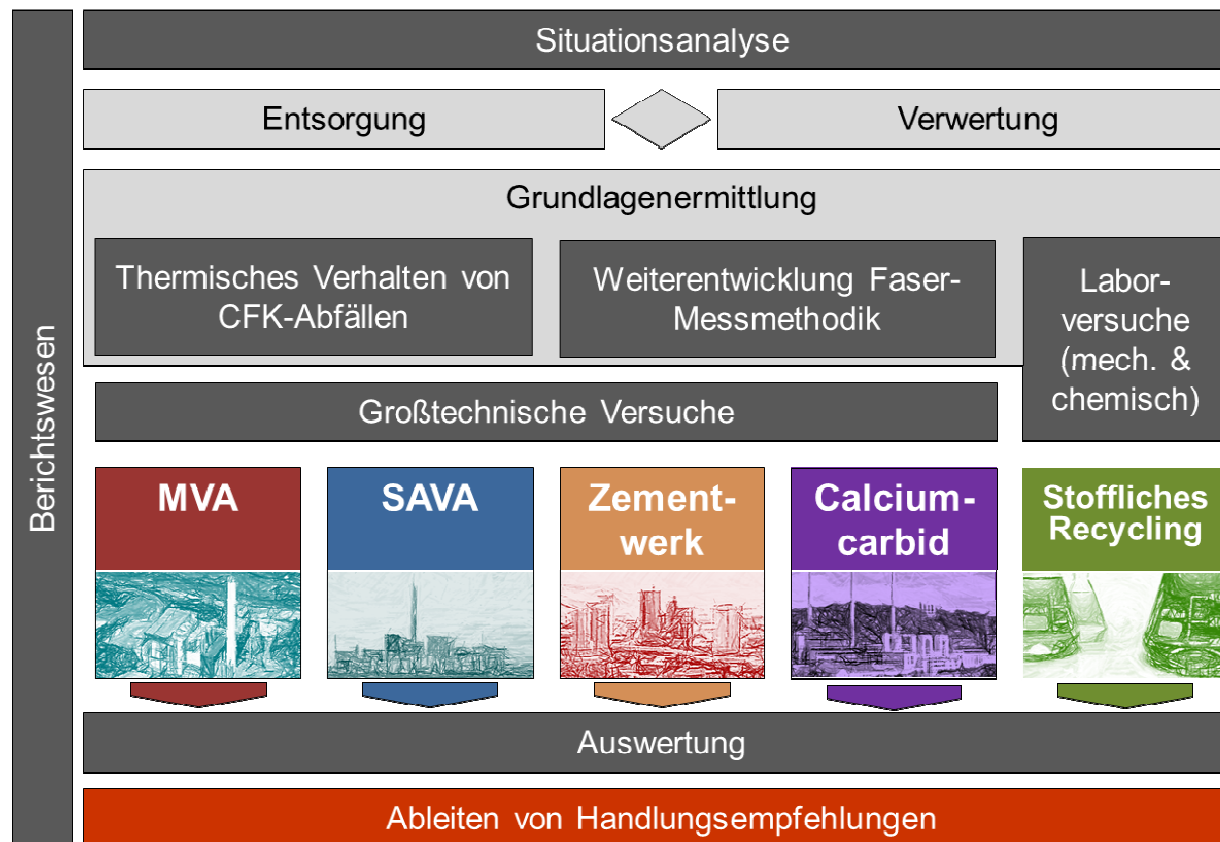


... und Danke für Ihre Aufmerksamkeit

www.teer.rwth-aachen.de
www.verbund-nrw.de

CFC – Carbon Fibre Cycle

Ufoplan CFK – Abschlussworkshop



Einladung zum
Abschlussworkshop

Datum: 18.11.2019

Ort:
Umweltbundesamt
Bismarckplatz 1
14193 Berlin

Raum 1134