



Hochschule  
Zittau/Görlitz  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Institut für Prozesstechnik,  
Prozessautomatisierung  
und Messtechnik

**L&T Connects, ARNELL & ARNIO GmbH Zittau, 27. Mai 2024**



## Versuchsanlage für den Nachweis der Partikelbeseitigung, Funkenlöschung und Schadgasneutralisation – Herausforderungen und Möglichkeiten

Autor: A. Seeliger



life &  
technology

**wir!** Wandel durch  
Innovation  
in der Region

- Projekt: Energiereduktion für sichere Batteriefertigung durch Innovative Vernetzung von Informations- und Fertigungstech(X)nologien
  - Teilvorhaben: Erforschung der Strömungstechnischen und Funktionalen Eigenschaften der 3-D gefertigten Funktionseinheit (ESF-3D)



ZIRKON +



Institut für Prozesstechnik,  
Prozessautomatisierung  
und Messtechnik

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



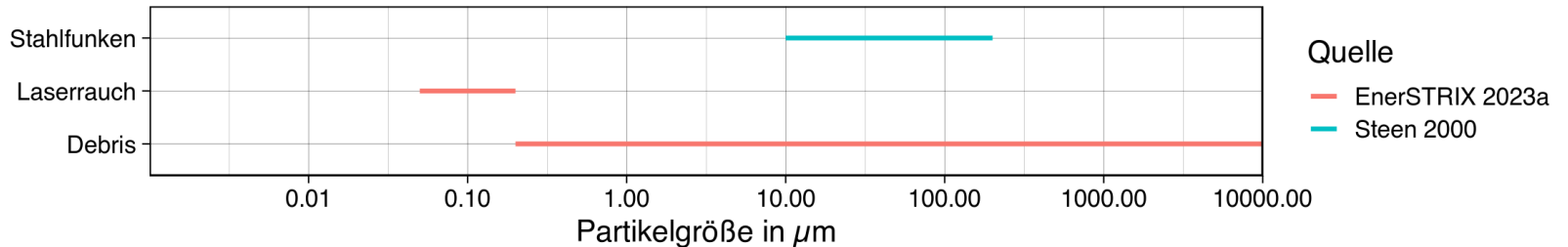
Forschungszentrum Jülich

- Anwendungsfall: Laserschneiden in der Zellausarbeitung (Heimes et al., 2018)
  - gezielte Agglomeration von Laserrauchpartikeln
  - Funkenschutz: Löschung und Abscheidung von Funken zur Vermeidung der Brand- und Explosionsgefahr
  - Neutralisierung von sauren Schadgasen durch Additiv-Eindosierung in die Luftströmung

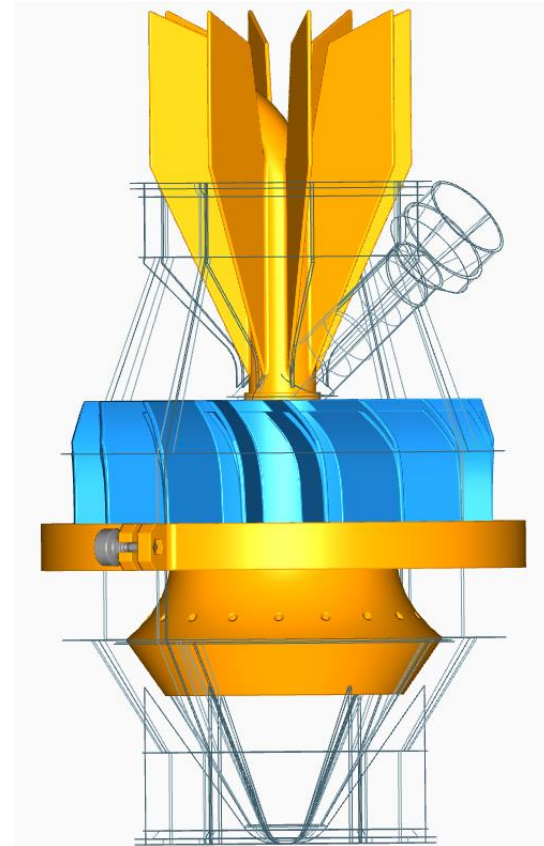
- **Prozessluft**
  - Umgebungsluft mit  $rF = 5...50 \%$  /  $T = 25...40 \text{ }^\circ\text{C}$
- **Chlorwasserstoff (HCl)**
  - stark korrosiv, toxisch, nicht brennbar, schwerer als Luft
  - relevante Konzentration: 3 ppm
- **Fluorwasserstoff (HF)**
  - stark korrosiv, toxisch, nicht brennbar, leichter als Luft
  - relevante Konzentration: 1...200 ppm

## ■ Partikelgrößen(spektren)

- Laserrauch und –staub (Al, Cu u. a.): 0,05...0,2  $\mu\text{m}$  (Peak bei 0,15  $\mu\text{m}$ )
  - Debris: 0,2...10.000  $\mu\text{m}$
  - Funken: 10...200  $\mu\text{m}$  für Stahl [Steen 2000]
- + Neutralisationsmittel (Granulat): 90  $\mu\text{m}$

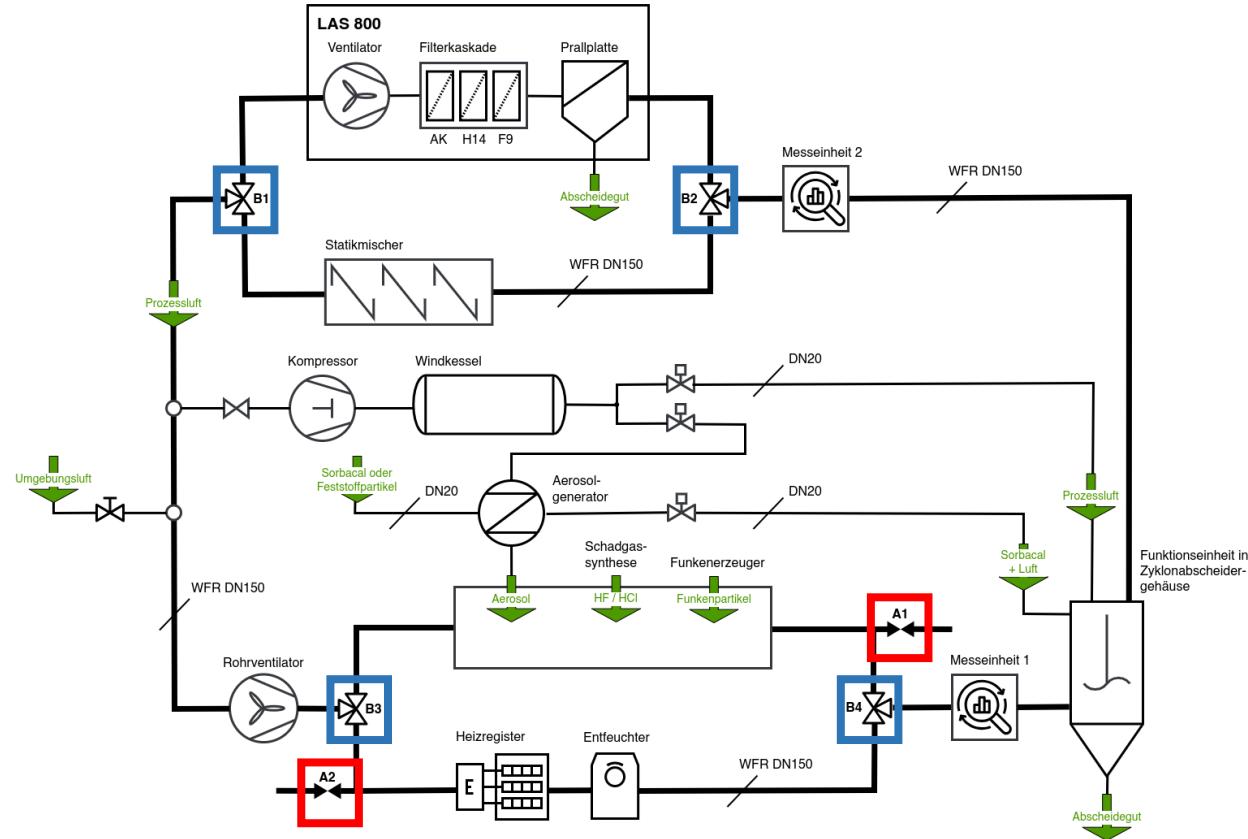


- **Generelle Anforderungen (Auswahl)**
  - Luftzirkulation mit  $\leq 12,5$  m/s in DN150
  - modulare Gestaltung
  - thermische und chemische Beständigkeit aller Komponenten
  - Einbau der Funktionseinheit in Originalgröße (190 x 190 x 360 mm)
  - minimaler Druckabfall über dem Strömungsweg
  - Integration einer LAS 800
    - Agglomeration von Partikeln
    - Funkenlöschung und -beseitigung
    - Schadgasneutralisation

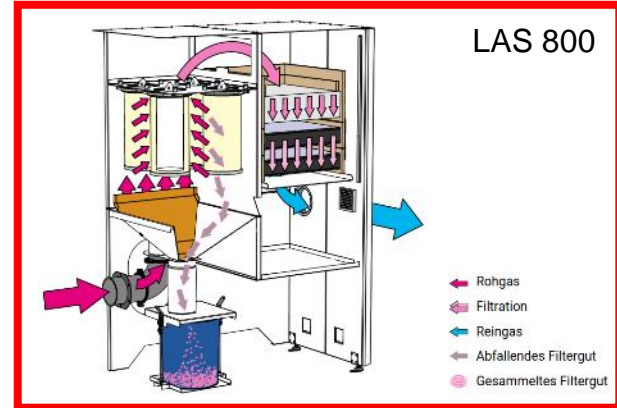
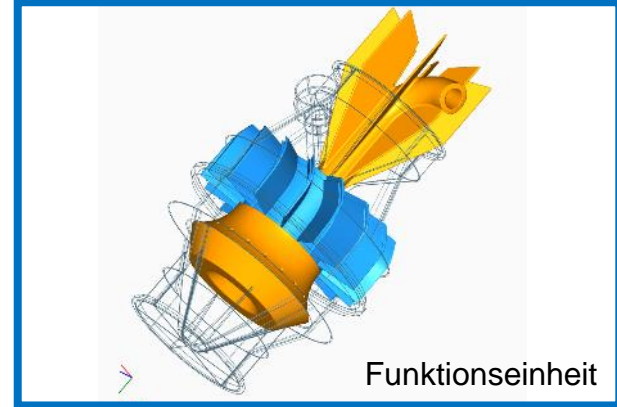
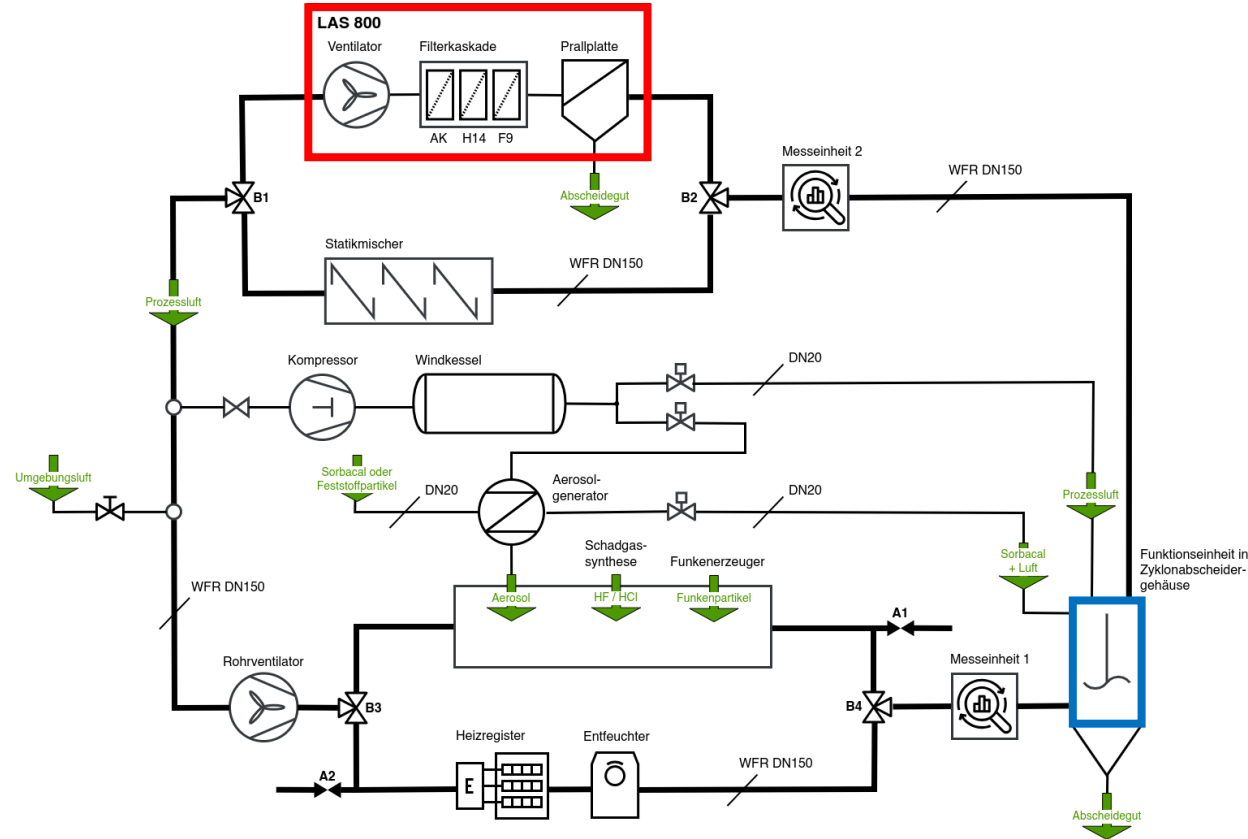


## Rohrsystem

Wickelfalzrohre und -bögen  
Absperr- und Bypassklappen  
1.4301 (V2A), DN 150



# Schematischer Aufbau der VA

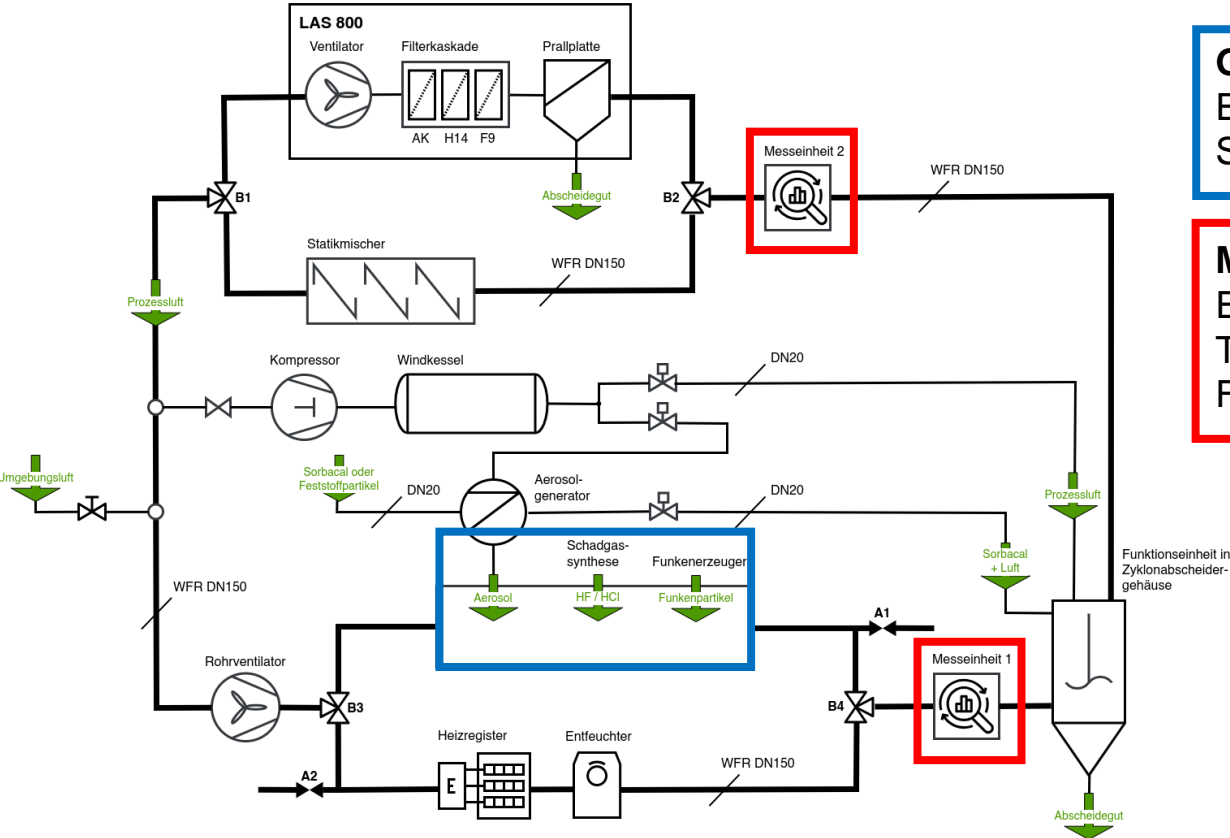




# Schematischer Aufbau der VA

**Generatoreinheit**  
 Erzeugung von Partikel-aerosolen,  
 Schadgas und Funken

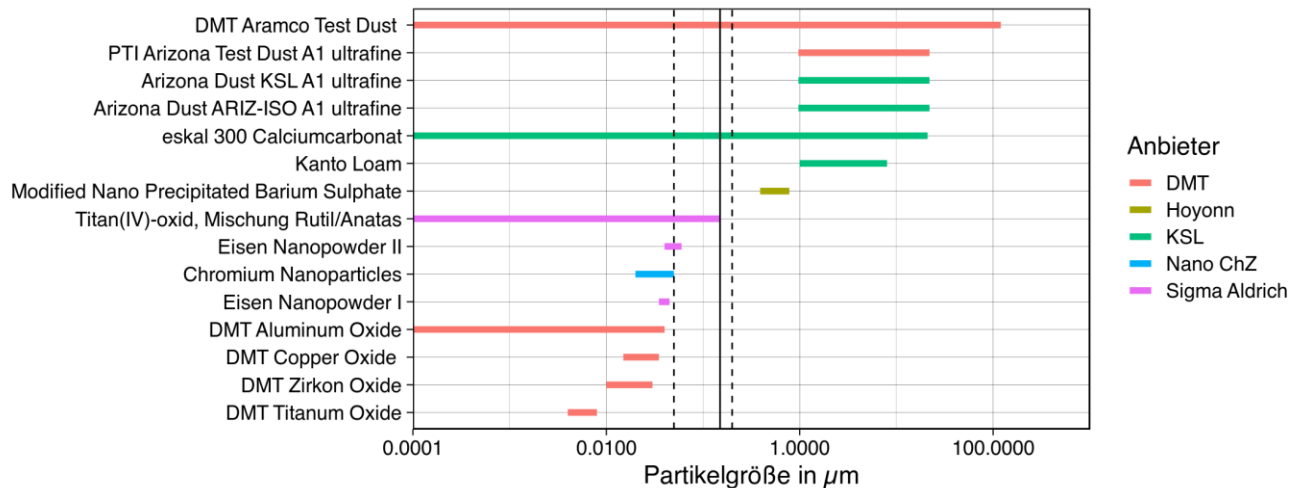
**Messeinheit (2x)**  
 Erfassung der Schadgaskonzentration,  
 Temperatur, relativen Luftfeuchte,  
 Funken...



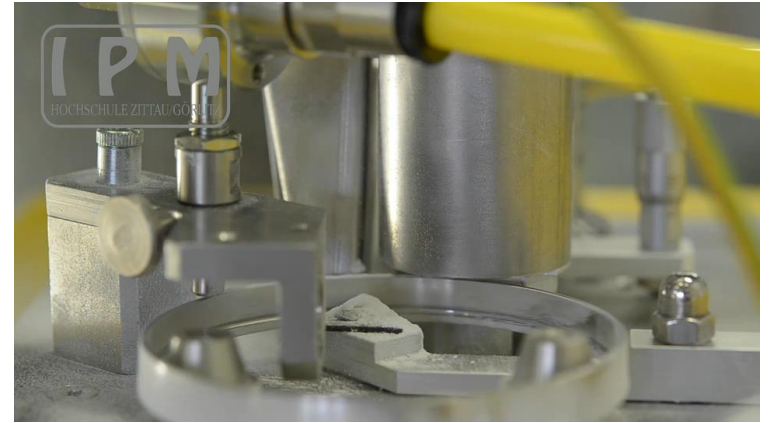
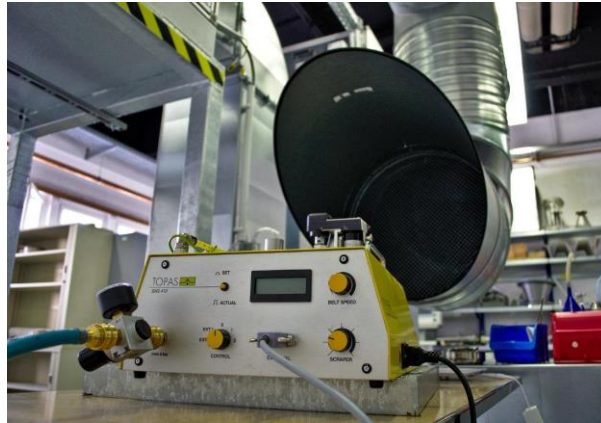
## Erzeugung von Partikel-aerosolen

### Feststoffpartikel

- real: Al/Cu-Staubgemisch
- im Experiment: Teststaub, z. B. DMT Aramco Prüfstaub

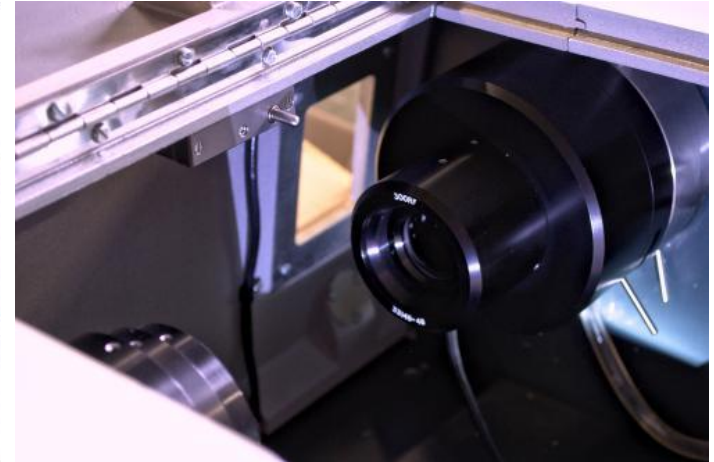
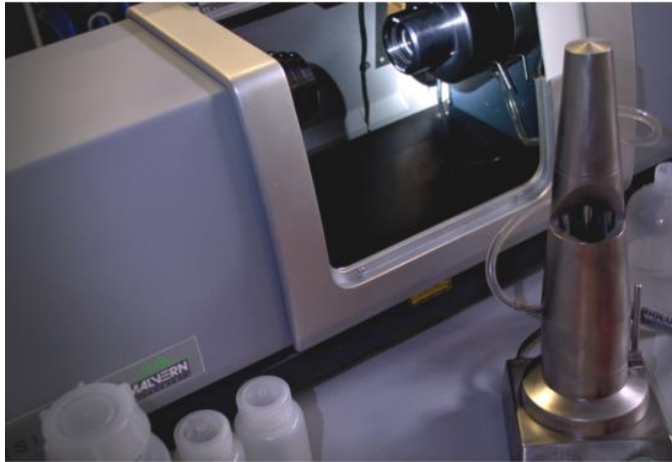


- Erzeugung von Partikelerosolen
  - Feststoffpartikel
    - real: Al/Cu-Staubgemisch
    - im Experiment: Teststaub, z. B. DMT Aramco Prüfstaub
  - Einsatz eines Aerosolgenerators (TOPAS SAG 410)



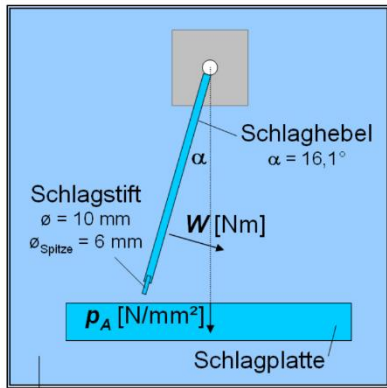
## ■ Partikelmessung

- Bilanzierung des Abscheidegutes an der FE + Filtergut in der LAS 800
- Bestimmung der Partikelgrößenverteilungen mittels Laserbeugungsspektroskopie

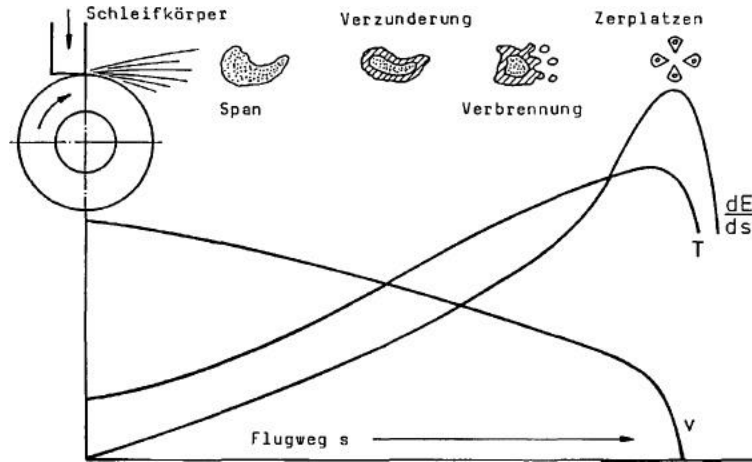


Laserbeugungsspektrometer MasterSizer S (li.), Messbereich mit Messzelle (re.)

- Möglichkeiten einer kontinuierlichen Funkenerzeugung
  - Schleif- oder Schlageinwirkung auf Materialprobe
  - Führung luftgetragener Metallpartikel über Brennerflamme



Schema einer Schlagfunkenmaschine [Grunewald et al. 2010]



Schleiffunkenzustände nach [Steen 2000]

- Möglichkeiten einer kontinuierlichen Funkenerzeugung
  - Schleif- oder Schlageinwirkung auf Materialprobe
  - Führung luftgetragener Metallpartikel über Brennerflamme
  - pyrotechnische Lösung („Funkenfackel“)

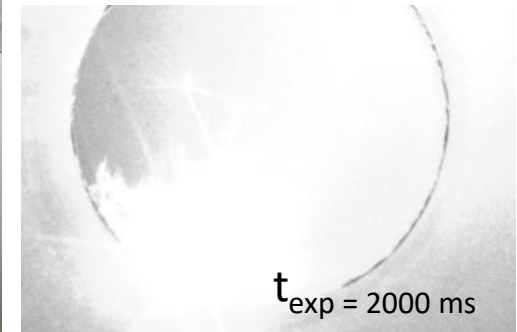
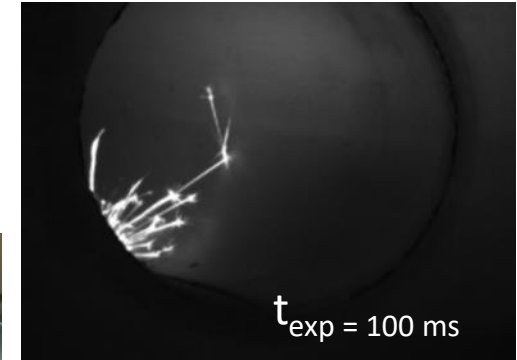


Funkenfackel mit definierten Anteilen von Fe/Al-Partikeln (li.),  
Abbrand (re.)

- **Optische Funkenerkennung**
  - Hauptanforderung: optische Zugänglichkeit
  - Kameraobservation mit höherer Belichtungszeit  $t_{\text{exp}}$

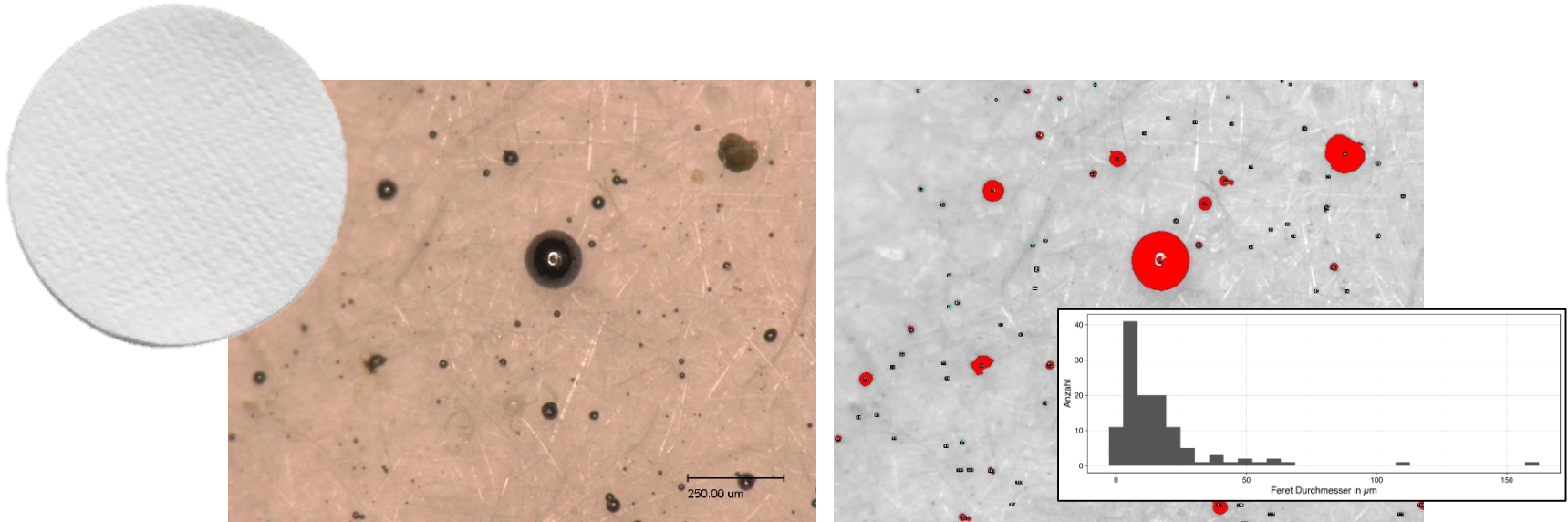


Transparentes Rohrsegment DN150



Funkenobservation unter Variation  
der Belichtungszeit

- Bilanzierung der Funkenpartikel
  - Glasfaser-Feinfilter (Feinheit 0,3  $\mu\text{m}$ ) als Target im Luftkanal
  - Automatisierte Auswertung mikroskopischer Aufnahmen der Filteroberfläche



Mikroskopische Aufnahme der Funkenpartikel im Glasfasertarget (li.), automatisch ausgewertet (re.)



## ▪ Schadgassynthese (nur HCl)

- Erhitzung von Polyvinylchlorid (PVC) im Bereich 150...200 °C [GDV2000]
- Beaufschlagung von Chloriden mit konzentrierter Schwefelsäure, z. B.
  - Natriumchlorid:  $H_2SO_4 + 2 NaCl \rightarrow 2 HCl + Na_2SO_4$
  - Ammoniumchlorid:  $2 NH_4Cl + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2 HCl$

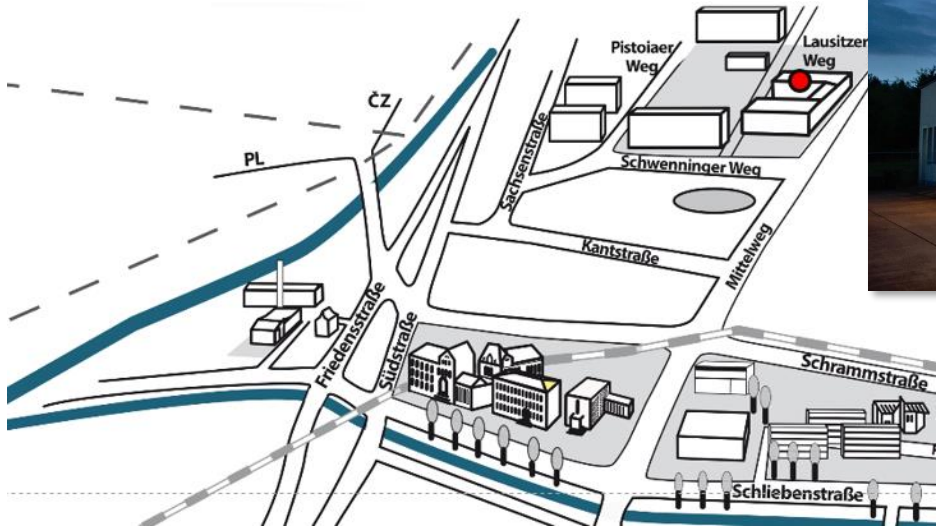
## ▪ Schadgasmessung (nur HCl)

- halbquantitativ: Kurzzeit-Messröhrchen, 1...15 ppm / 0.2...20 ppm u. a.
- Eingassensor für persönliche Gasüberwachung, z.B. DrägerSensor XS EC HF/HCl, 0...30 ppm
- Chlorwasserstoffsensor Typ DFRobot SEN0474, 0...10 ppm



- Funktionen der FE sind in separaten Versuchsreihen zu untersuchen.
  - parallel ablaufende Funkengenerierung und Schadgassynthese birgt Entzündungsgefahr
  - sichere Bilanzierung des Abscheidegutes (Gemenge aus Funkenpartikeln, Teststaub und Neutralisationsmittel nicht analysierbar)
  - erschwerte Kameraobservation durch freigesetztes Neutralisationsmittel/Teststaub
  - ...

- Beschaffung der Komponenten / Aufbau / Inbetriebnahmeversuche an der VA bis Ende 2024
- Geplanter Standort: Thermohydrauliklabor des IPM



BAuA (2020). Ausschuss für Gefahrstoffe: Technische Regeln für Gefahrstoffe - Schweißtechnische Arbeiten (TRGS 528)

EnerSTRIX P. (2023a). Protokoll Videokonferenz aller Projektpartner, 31.08.2023

GDV (2000). Kunststoffe - Eigenschaften, Brandverhalten, Brandgefahren

Grunewald T., Finke R. & Grätz R. (2010). Untersuchungen zur Zündwahrscheinlichkeit und Datenanalyse zur Erfassung der Einflussgrößen mechanisch erzeugter Stahl-Schlagfunken in explosionsfähigen Brenngas/Luft-Gemischen. Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung

Heimes H.H., Kampker A., Lienemann C. & Locke M.A. (2018). Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle

Steen H. (2000). Handbuch des Explosionsschutzes. Wiley-VCH

ULT (2023a). Kompetenzbroschüre Laserrauchabsaugung

ULT (2023b). Technische Dokumentation LAS 800 / LAS 800 Ex, Vers. 4

# Fragen? Hinweise? Anregungen?

## Kontakt

Dr. André Seeliger  
Hochschule Zittau/Görlitz  
Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik (IPM)  
Fachgebiet Kerntechnik / Soft Computing

Haus IVc, Theodor-Körner-Allee 16  
02763 Zittau

E-Mail: [a.seeliger@hszg.de](mailto:a.seeliger@hszg.de)  
Tel: 03583 612 4772  
Web: [ipm.hszg.de](http://ipm.hszg.de)



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.**