



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

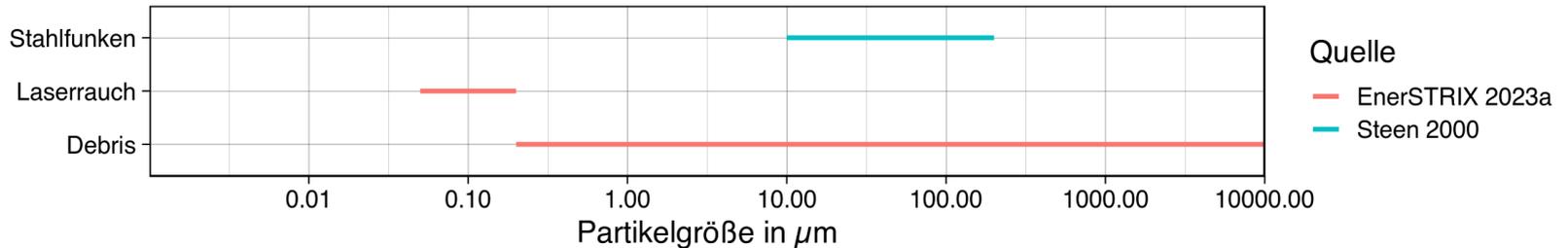


- Anwendungsfall: Laserschneiden in der Zellausfertigung (Heimes et al., 2018)
 - gezielte Agglomeration von Laserrauchpartikeln
 - Funkenschutz: Löschung und Abscheidung von Funken zur Vermeidung der Brand- und Explosionsgefahr
 - Neutralisierung von sauren Schadgasen durch Additiv-Eindosierung in die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

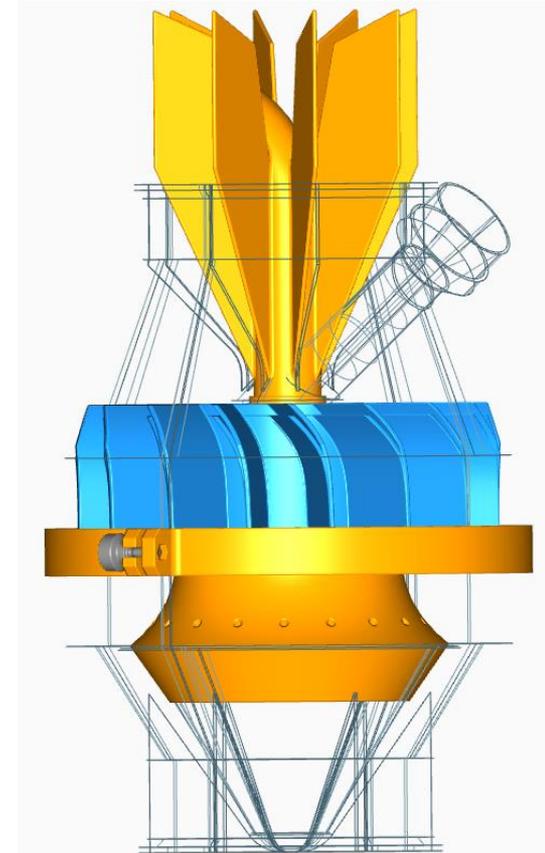
- **Prozessluft**
 - Umgebungsluft mit $rF = 5...50 \%$ / $T = 25...40 \text{ }^\circ\text{C}$
- **Chlorwasserstoff (HCl)**
 - stark korrosiv, toxisch, nicht brennbar, schwerer als Luft
 - relevante Konzentration: 3 ppm
- **Fluorwasserstoff (HF)**
 - stark korrosiv, toxisch, nicht brennbar, leichter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

■ Partikelgrößen(spektren)

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

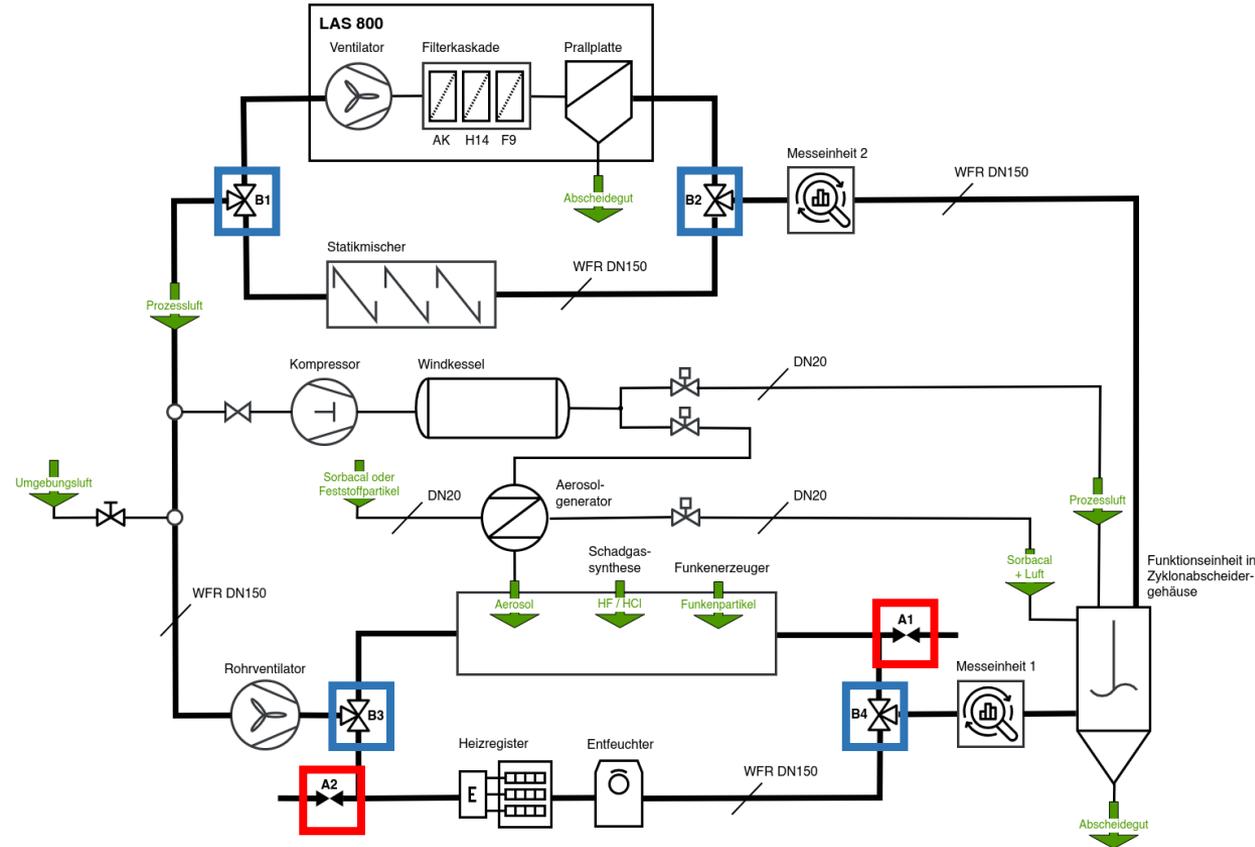


- **Generelle Anforderungen (Auswahl)**
 - Luftzirkulation mit $\leq 12,5$ m/s in DN150
 - modulare Gestaltung
 - thermische und chemische Beständigkeit aller Komponenten
 - Einbau der Funktionseinheit in Originalgröße (190 x 190 x 360 mm)
 - minimaler Druckabfall über dem Strömungsweg
 - Integration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

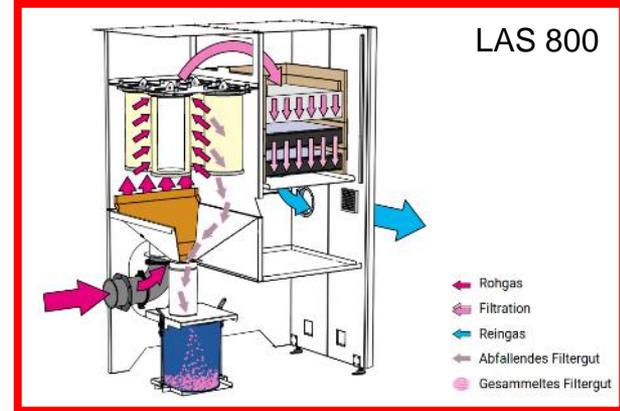
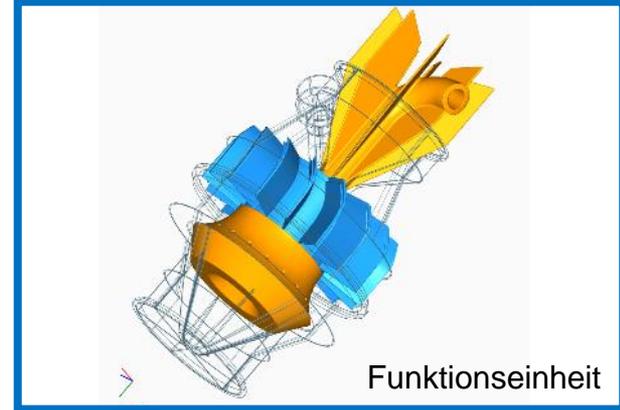
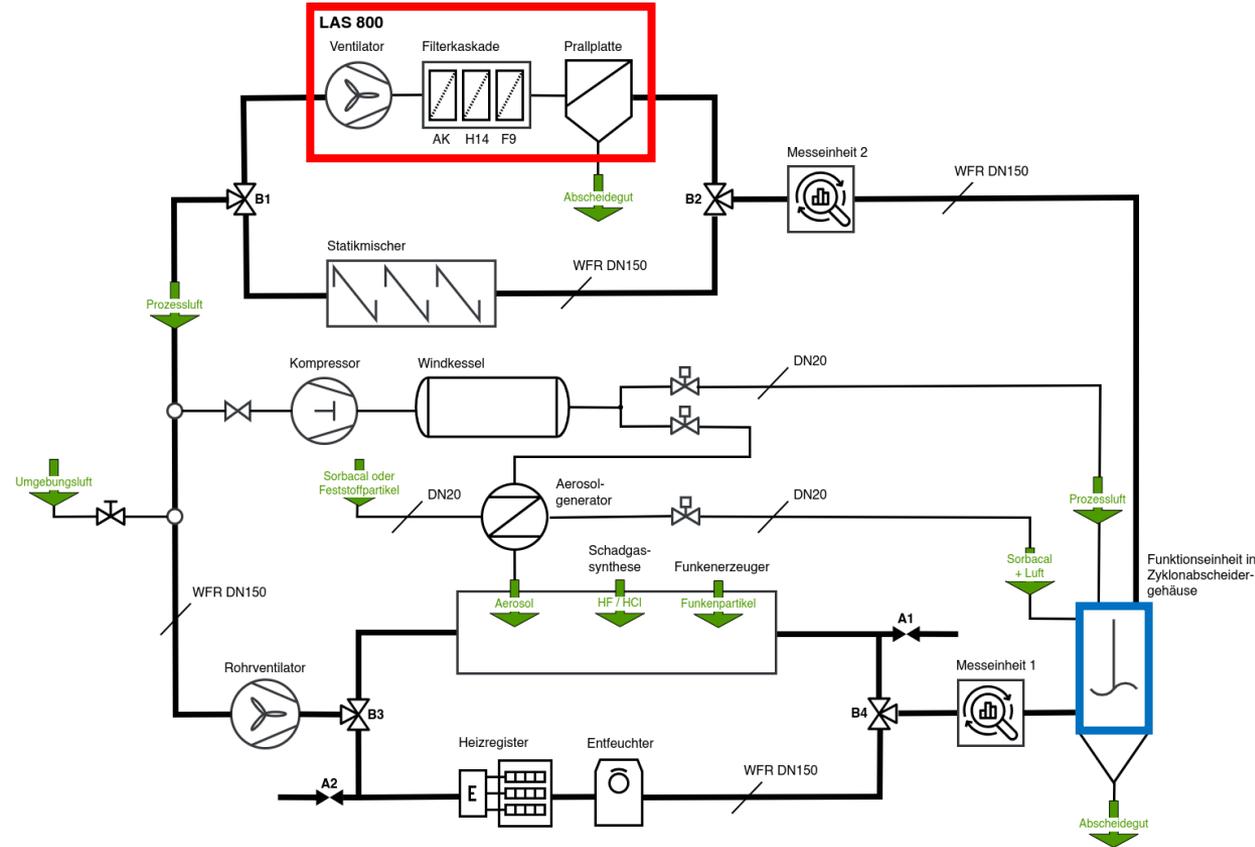


Rohrsystem

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



Schematischer Aufbau der VA



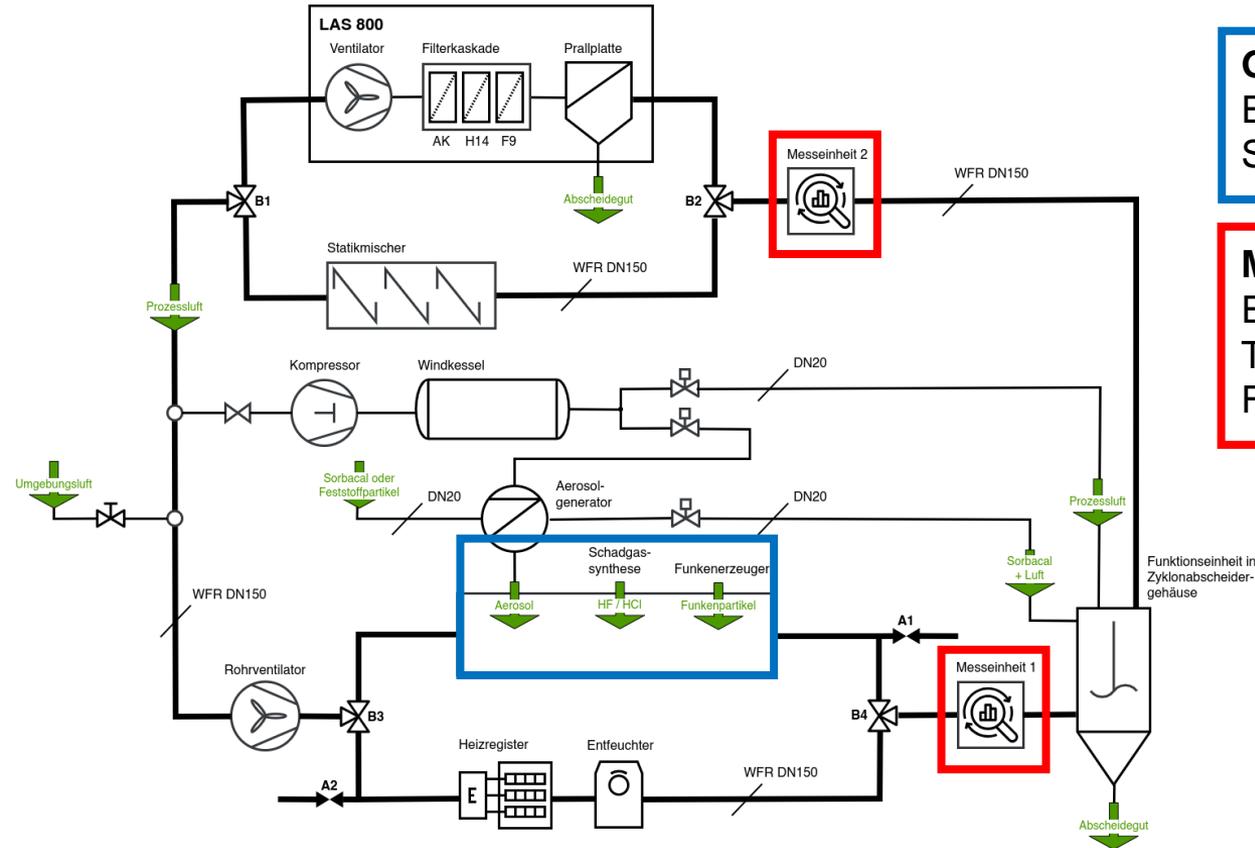
Schematischer Aufbau der VA

Generatoreinheit

Erzeugung von Partikel-aerosolen, Schadgas und Funken

Messeinheit (2x)

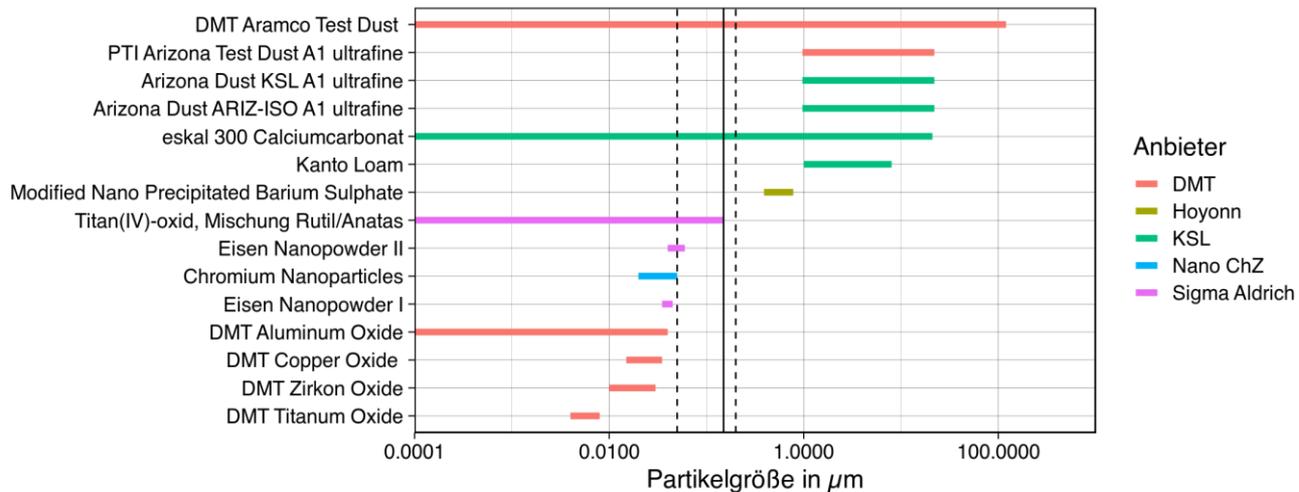
Erfassung der Schadgaskonzentration, Temperatur, relativen Luftfeuchte, Funken...



Erzeugung von Partikel-aerosolen

Feststoffpartikel

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

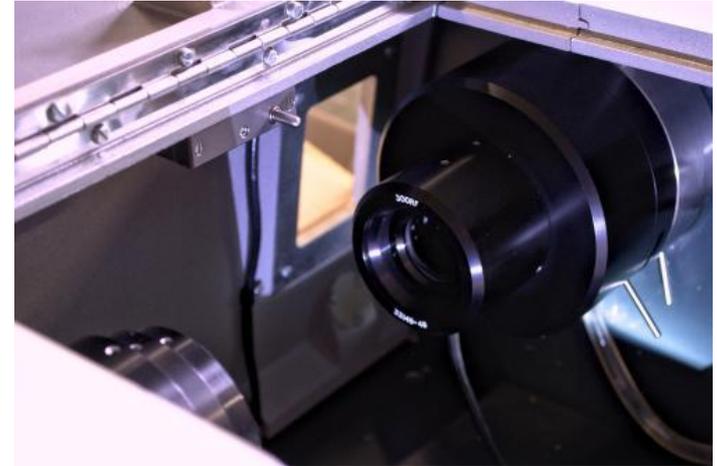
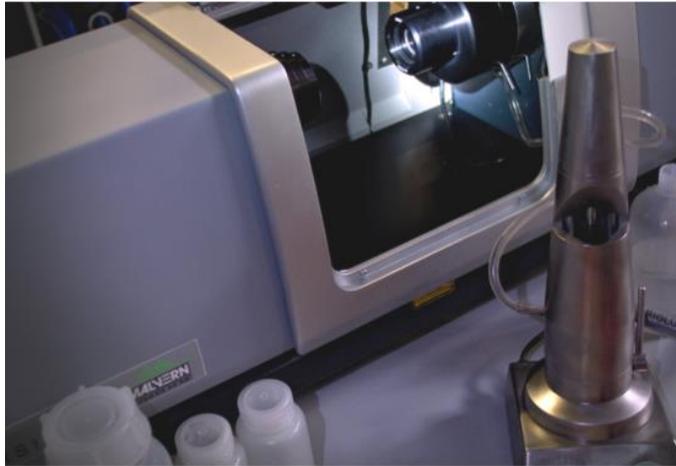


- Erzeugung von Partikelerosolen
 - Feststoffpartikel
 - real: Al/Cu-Staubgemisch
 - im Experiment: Teststaub, z. B. DMT Aramco Prüfstaub
 - Einsatz eines Aerosolgenerators (TOPAS SAG 410)



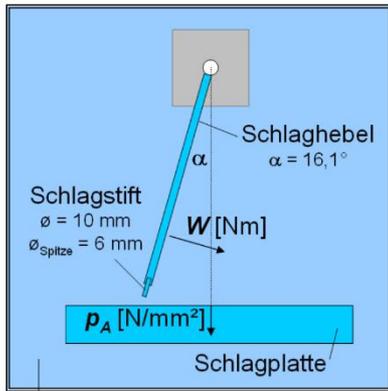
■ Partikelmessung

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

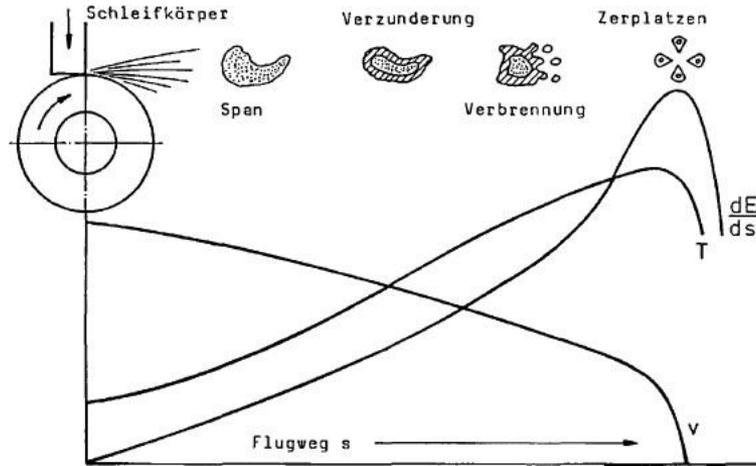


Laserbeugungsspektrometer MasterSizer S (li.), Messbereich mit Messzelle (re.)

- 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“)

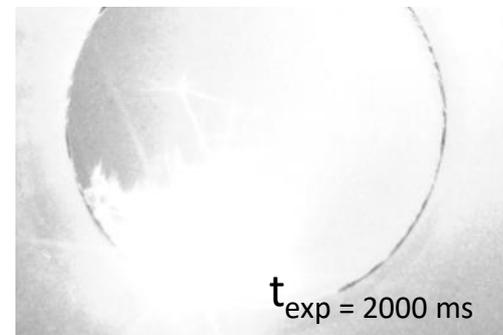
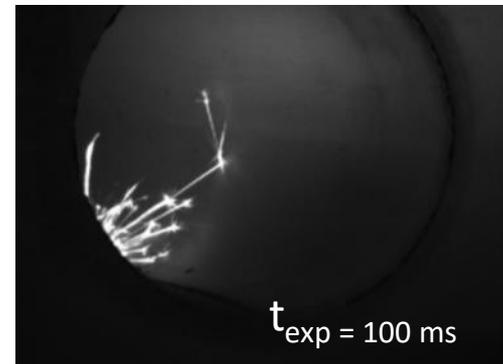


Funkenfackel mit definierten Anteilen von Fe/Al-Partikeln (li.),
Abbrand (re.)

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

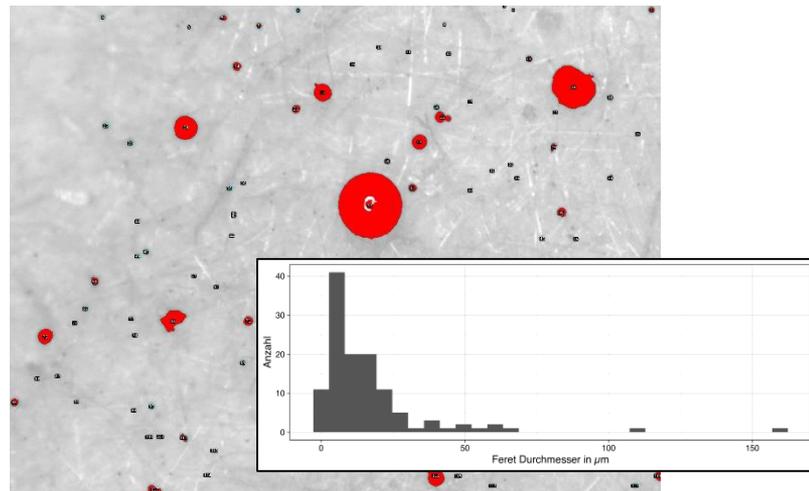
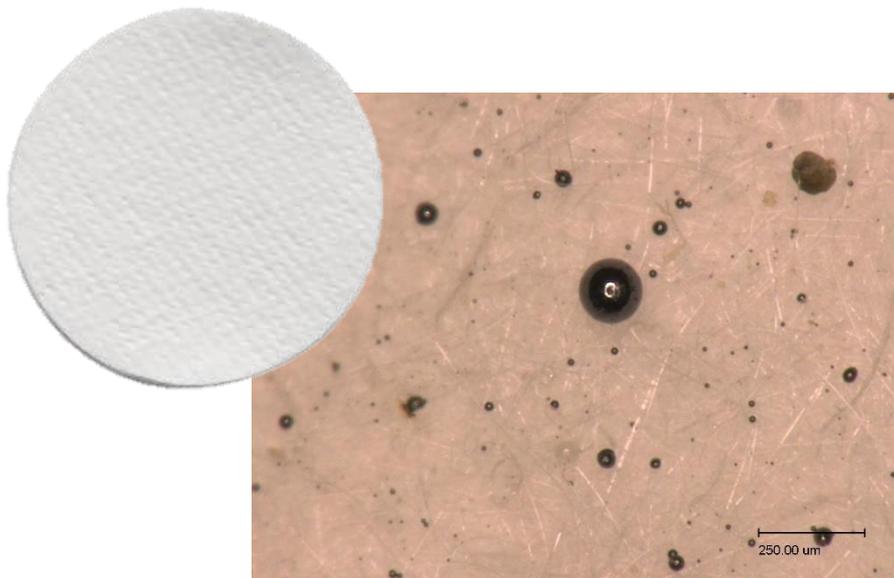


Transparentes Rohrsegment DN150



Funkenobservation unter Variation
der Belichtungszeit

- Bilanzierung der Funkenpartikel
 - Glasfaser-Feinfilter (Feinheit 0,3 μm) als Target im Luftkanal
 - Automatisierte Auswertung mikroskopischer Aufnahmen der Filteroberfläche



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

▪ Schadgassynthese (nur HCl)

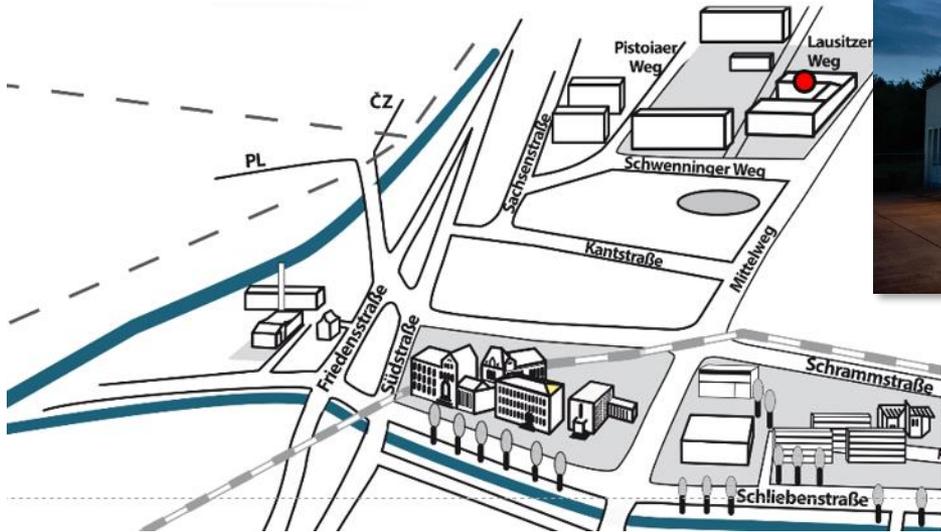
- Erhitzung von Polyvinylchlorid (PVC) im Bereich 150...200 °C [GDV2000]
- Beaufschlagung von Chloriden mit konzentrierter Schwefelsäure, z. B.
 - Natriumchlorid: $H_2SO_4 + 2 NaCl \rightarrow 2 HCl + Na_2SO_4$
 - Ammoniumchlorid: $2 NH_4Cl + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2 HCl$

▪ 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
Tel: 03583 612 4772
Web: ipm.hszg.de



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.