

MOTIVATION

The research group Reactive Flows and Diagnostics (RSM) focuses on optical investigations of reactive flows. One of the applied diagnostic techniques is Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS), which is used within the scope of the Clean Circles project to investigate a CO₂-free, iron-based energy storage cycle. As the share of renewable energies continues to grow, storage systems with high energy density and long discharge durations are becoming increasingly important. In the Clean Circles process, renewable energy is stored by reducing iron oxide particles. The resulting metallic iron can then release energy through thermochemical oxidation (i.e., combustion of iron) in a spatially and temporally decoupled manner.

To gain a deeper understanding of the mechanisms during reduction and oxidation, and to validate and improve corresponding numerical models, experimental data are required. For this purpose, the elemental composition of burning iron particles is to be investigated using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS).

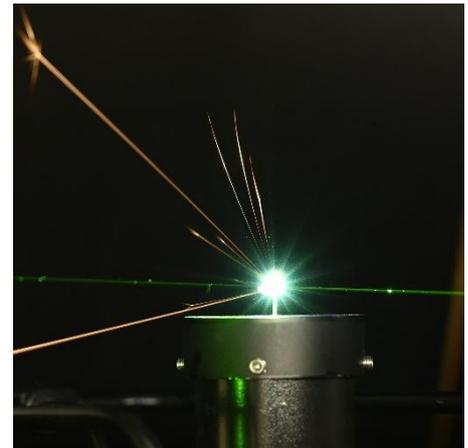


Figure 1: LIBS Measurement of Iron Particle

TASKS

In previous work, a LIBS measurement system including an electrodynamic levitator for studying individual airborne particles has already been developed and commissioned. Building on this, the goal of this thesis is to develop and implement a laser-based ignition system for the controlled combustion of suspended particles. The following tasks are planned:

- **Literature** review and familiarization with the ignition of metallic particles
- **Setup and commissioning** of a fiber laser, including dual-side beam delivery into the electrodynamic levitator and precise alignment with the levitated particles
- **Development of a temporal control system in LabVIEW** for accurate laser triggering and shut-off
- **Integration of an ignition detection unit** (consisting of two photomultiplier tubes) to detect the exact ignition time and use it as a trigger signal
- Execution of **parameter studies** with varying laser settings to determine optimal ignition conditions
- **Evaluation and documentation** of the measurement results

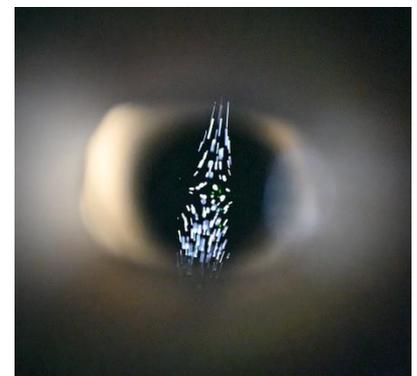


Figure 2: Iron Particles in electrodynamic Levitator

The thesis can be carried out either as a **Master or Bachelorthesis**, depending on the depth and scope.

STARTING DATE: IMMEDIATELY

Nils Oberndorfer, M.Sc.

Reactive Flows and Diagnostics RSM / Optical Diagnostics and Renewable Energies ODEE

Tel. +49 6151 533 61076

Email: oberndorfer@rsm.tu-darmstadt.de

MOTIVATION

Das Fachgebiet Reaktive Strömungen und Messtechnik (RSM) befasst sich mit optischen Untersuchungen reaktiver Strömungen. Einer dieser Messtechniken ist die Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) mittels derer im Rahmen des Clean-Circles-Projekts ein CO₂-freier Kreislaufprozess zur Energiespeicherung untersucht werden soll. Speicher mit langen Ausspeicherzeiten und hohen Energiedichten gewinnen bei fortschreitendem Ausbau von erneuerbaren Energien immer mehr Bedeutung. In dem Kreislaufprozess des Clean-Circles-Projekts erfolgt die Einspeicherung der regenerativ erzeugten Energie mittels Reduktion von Eisenoxidpartikeln. Die entstehenden Eisenpartikel können zeitlich und räumlich getrennt durch eine Oxidation (bzw. Verbrennung des Eisens) die Energie wieder ausspeichern.

Zur Entwicklung eines besseren Verständnisses, sowie zur Validierung und Verbesserung von Modellierungen der im Detail ablaufenden Prozesse während der Reduktion und Oxidation, werden experimentelle Daten benötigt. Hierfür soll die elementare Zusammensetzung von brennenden Eisenpartikeln mittels der Laser Induced Breakdown Spectroscopy erforscht werden.

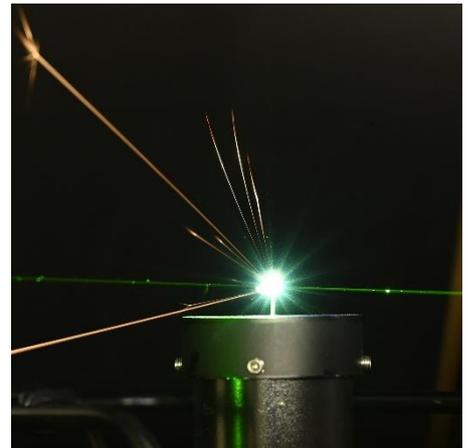


Abbildung 1: LIBS an Eisenpartikel

AUFGABEN

In vorangegangenen Arbeiten wurde bereits ein LIBS-Messaufbau mit einem elektrodynamischen Levitator zur Untersuchung einzelner schwebender Partikel in Betrieb genommen. Darauf aufbauend soll nun ein Zündsystem zur kontrollierten Partikelzündung entwickelt und implementiert werden. Hierbei sind folgende Arbeitsschritte vorgesehen:

- **Literaturrecherche** und Einarbeitung in die Zündung von Partikeln
- **Aufbau und Inbetriebnahme eines Faserlasers** zur Zündung, inklusive Einkopplung von zwei Seiten in den elektrodynamischen Levitator und exakter Ausrichtung auf die schwebenden Partikel.
- **Entwicklung einer zeitlichen Steuerung in LabVIEW**, um den Laser mit hoher Präzision zu definierten Zeitpunkten ein- und auszuschalten.
- **Integration einer Zünddetektionseinheit**, bestehend aus zwei Photomultipliern, zur Bestimmung des exakten Zündzeitpunkts und zur Triggerung des Lasers.
- **Durchführung von Messreihen** mit variierenden Laserparametern zur Bestimmung der optimalen ZündEinstellung
- **Auswertung und Dokumentation** der Messreihen

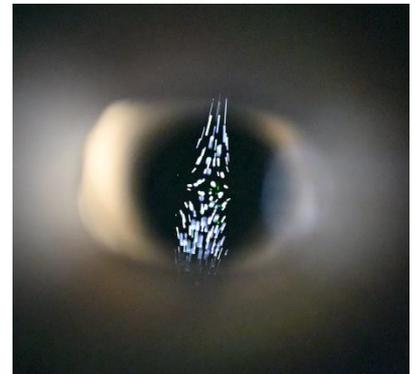


Abbildung 2: Eisenpartikel in
Elektrodynamischen Levitator

Die Arbeit kann je nach Umfang und Tiefe als **Masterarbeit oder Bachelorarbeit** ausgeführt werden.

BEGINN: AB SOFORT

Nils Oberndorfer, M.Sc.

Reaktive Strömungen und Messtechnik RSM / Optische Diagnosemethoden und Erneuerbare Energien ODEE

Tel. +49 6151 533 61076

Email: oberndorfer@rsm.tu-darmstadt.de