

**THINK.
LINK.
DO.**



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Mehrere Eisen im Feuer Metalle als dezentrale Wasserstoffspeicher

E+E Diskurs am 12. November 2024



RESEARCH FIELD
ENERGY+ENVIRONMENT

Profilthema

Carbon-Neutral Circles



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Koordinator

Prof. Dr.-Ing. Christian Hasse
FB Maschinenbau



Koordinator

Prof. Dr. Andreas Dreizler
FB Maschinenbau



Wir erforschen Wasserstoff und Metalle
als Energiespeicher für klimaneutrale
Energiekreisläufe.

Damit Klimaneutralität schon bald
Wirklichkeit wird.



www.tu-darmstadt.de/cnc

Profilthema

Carbon-Neutral Circles



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr.-Ing. Christian Hasse
FB Maschinenbau



Prof. Dr. Andreas Dreizler
FB Maschinenbau

15 Professor:innen

4 Gruppenleiter:innen (R3)

6 Fachbereiche

Maschinenbau, Chemie, Mathematik,
Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Gesellschafts- u. Geschichtswissenschaften
Material- und Geowissenschaften

7 Verbundprojekte

Profilthema

Carbon-Neutral Circles



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Projekt	Ziele	Laufzeit	Fördergeber
Clean Circles	Eisen als Energieträger einer klimaneutralen Kreislaufwirtschaft	04/2021 – 03/2025	HMWK
TRR129	OXYFLAME - Entwicklung von Methoden und Modellen zur Beschreibung von Festbrennstoffreaktionen in einer Oxy-Fuel-Atmosphäre	07/2021 – 06/2025	DFG
FOR 2687	Zyklische Schwankungen in Wasserstoffmotoren: Experiment und Simulation einer Multiskalen-Wirkungskette	01/2023 – 12/2025	DFG
SPP2419	Optimierung thermochemischer Energiewandlungsprozesse zur flexiblen Nutzung wasserstoffbasierter erneuerbarer Brennstoffe durch additive Fertigungsverfahren	07/2023 – 06/2027	DFG
GreenMat4H2	Nachhaltige Materialien für die Wasserstoffwirtschaft	04/2021 – 12/2024	BMBF
NHR4CES	Nationales Höchstleistungsrechenzentrum für Computational Engineering Sciences	01/2021 – 12/2025	Bund/Land
H2Giga Prometh2eus	Beteiligung am H2Giga Prometh2eus Vorhaben	04/2021 – 03/2025	BMBF

Profilthema

Carbon-Neutral Circles



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr.-Ing. Christian Hasse
FB Maschinenbau

ERC Advanced Grant
A-STEAM: Aluminum STEAM
Combustion for Clean Energy



Prof. Dr. Andreas Dreizler
FB Maschinenbau

ERC Synergy Grant
HYROPE: Hydrogen under pressure

**THINK.
LINK.
DO.**

**for future
Carbon Neutral Circles**



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



**RESEARCH FIELD
ENERGY+ENVIRONMENT**



E+E DISKURS – MEHRERE EISEN IM FEUER

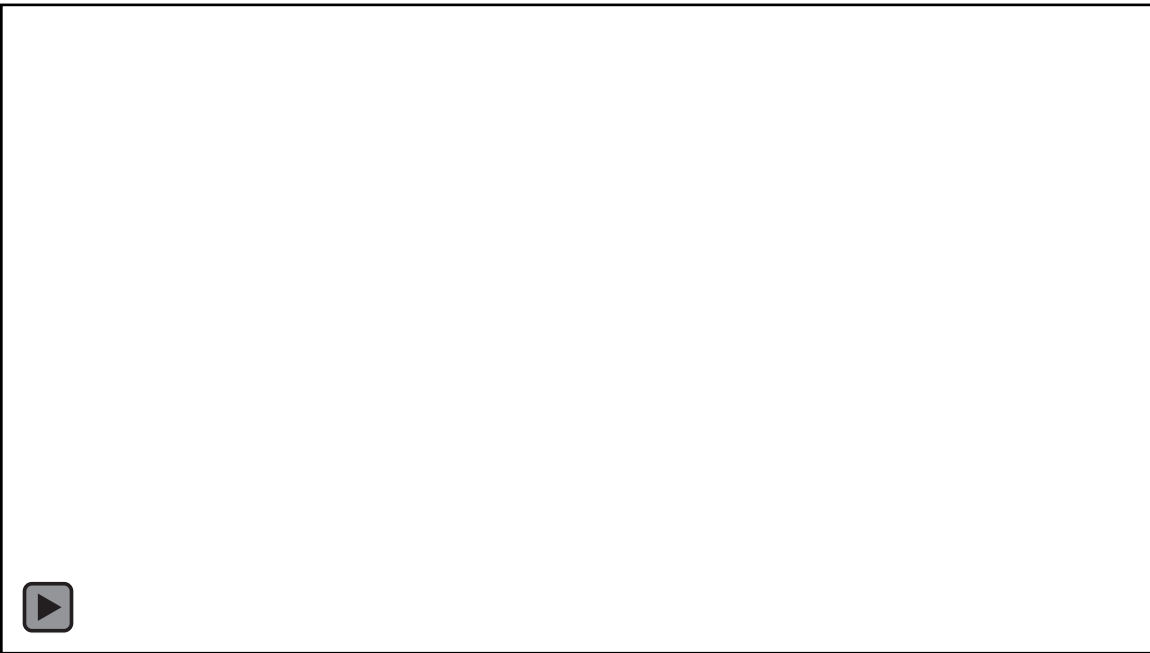
ALUMINIUM ALS ENERGIETRÄGER ZUM TRANSPORT VON WASSERSTOFF

Prof. Dr.-Ing. Christian Hasse



POWDER FOR POWER

NEUE EINSATZFELDER IN DER ENERGIEWENDE



Ariane 6



Feuerwerk

METAL FUEL ECONOMY @TUDA



CLEAN CIRCLES



A-STEAM



CORAL



KERNAUSSAGEN



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Fossile Energie ersetzen: Erfordert effiziente Verfahren für Speicherung, Transport und Nutzung von erneuerbarer Energie. Derzeit 80% des weltweiten Primärenergiebedarfs durch fossile Brennstoffe gedeckt.

Moleküle statt Elektronen: Wasserstoff ist ein Schlüsselmolekül für die Speicherung erneuerbarer Energie in **chemischen Energieträgern**. In allen Net Zero-Szenarien wird 2050 mehr als 40% der Energie über chemische Energieträger (=Brennstoffe) bereitgestellt.



Metalle sind flexibel: Metalle können große Menge an Energie speichern und flexibel als Hochtemperaturwärme und Wasserstoff ausspeichern on-demand. Sie komplettieren die Wasserstoffstrategie.



United Nations
Climate Change



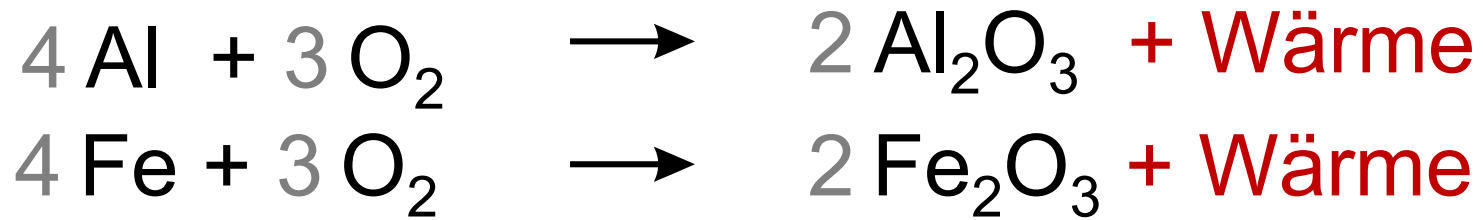
COP29
Baku
Azerbaijan

11.-22. November 2024



Quelle IEA

REAKTION VON AL/FE MIT LUFT



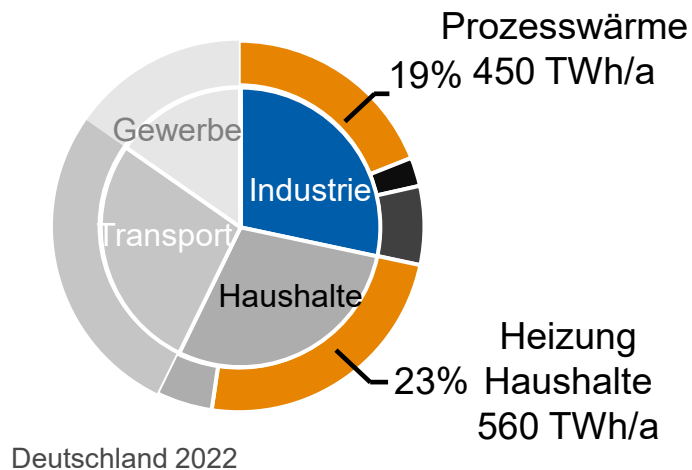
Gegenstand in Forschungsprojekten
Clean Circles und CORAL



CORAL

BESCHLEUNIGUNG DER ENERGIEWENDE

HERAUSFORDERUNG ENDENERGIEBEDARF



Energiewende ist auch eine
Wärmewende

LÖSUNG

- Elektrifizierung

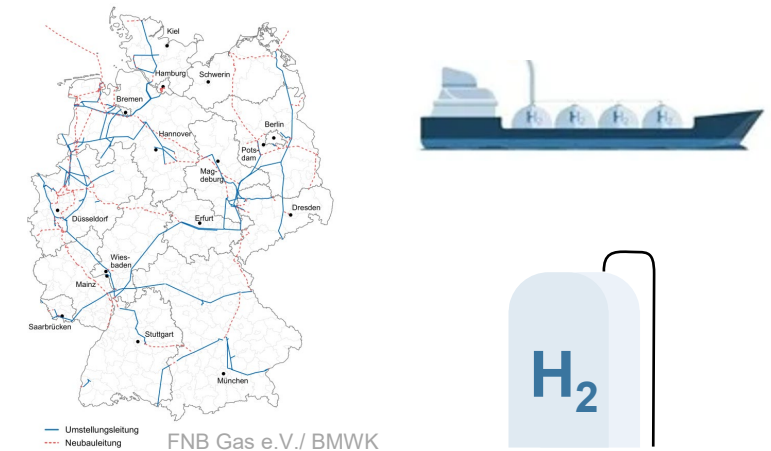


→ H₂ als

- Energieträger
- Energiespeicher
- Baustein für Synthese

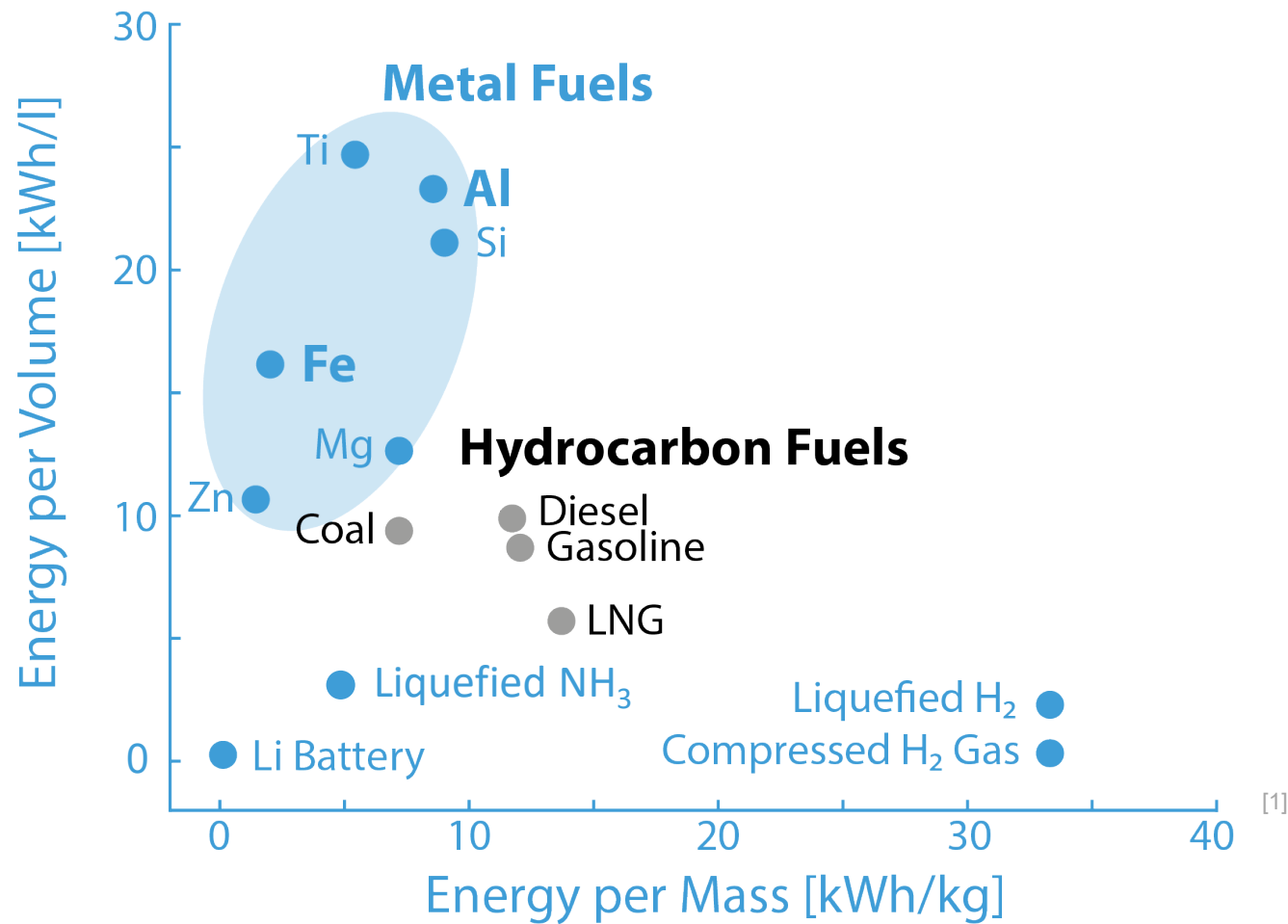
Technologie für die **dezentrale Bereitstellung und saisonale Speicherung** von Energie und H₂ gesucht

IST DAS AUSREICHEND?



- Komplexer Transport/Import
- Komplexe Langzeitspeicherung
- Aktuell zu 99% nicht grün

CHEMISCHE ENERGIE TRÄGER



→ H₂ mit hoher *gravimetrischer* Energiedichte

→ Metalle mit hoher *volumetrischer* Energiedichte

Metalle ergänzen H₂ als
Energieträger

POWDER FOR POWER



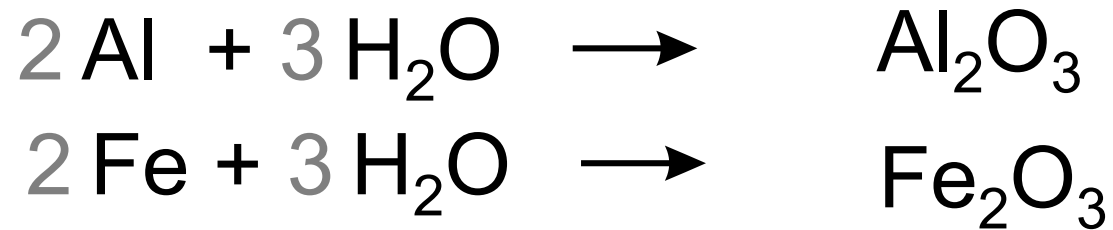
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



REAKTION VON METALLEN MIT DAMPF

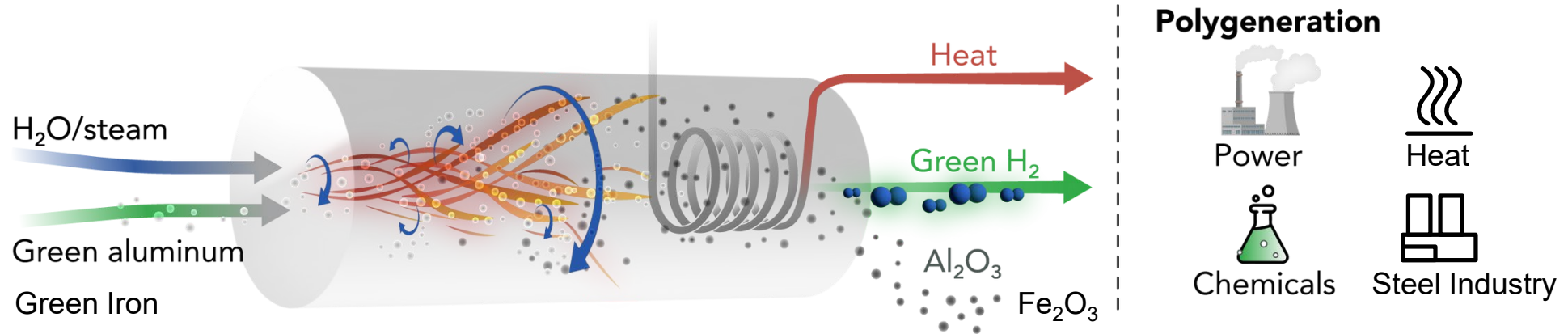


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

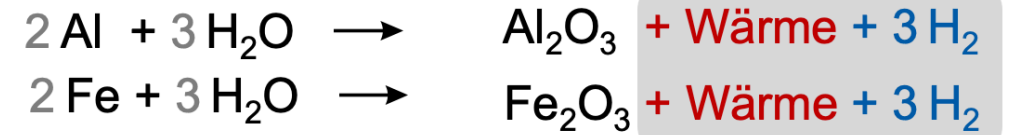


Metalle als effektive, rezyklierbare Träger erneuerbarer Energie liefern
→ Aluminium-A-Steamer und H₂-Wirtschaft

DER METALL-DAMPF-PROZESS



- Höchsttemperaturoxidation: $>1000^{\circ}\text{C}$
- Hohe Effizienz:
Produktion von Wärme und H_2
Bis zu 75% (Strom-Strom mit KWK)
- Sektorkopplung



DNV STUDY

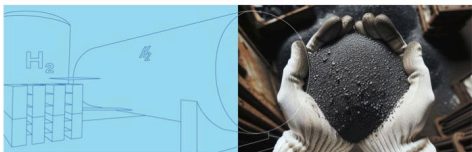
OKTOBER 2024



Securing Green Hydrogen for the German Power Sector

Technology readiness & techno-economic feasibility study for three hydrogen value chains

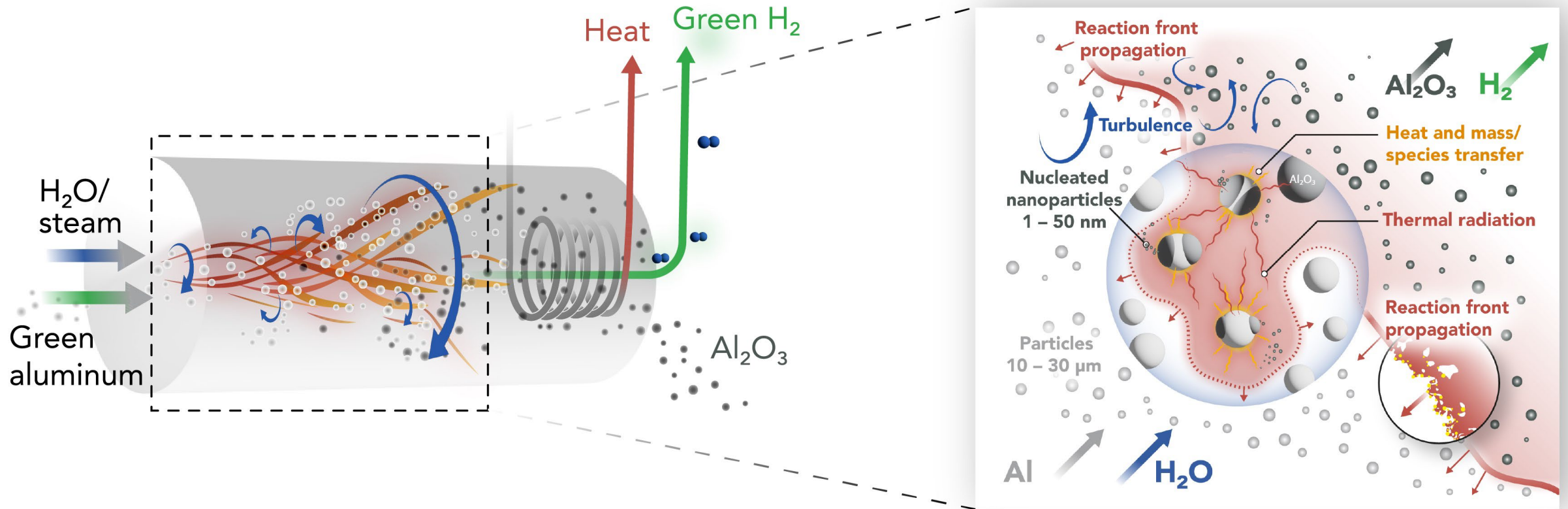
Report no.: 00360593-EMS 24-1809
Date: October 25, 2024



- **Technology readiness:** The three variants examined for the provision of back-up power generation each have different degrees of technological maturity with regard to the key components of generation, transportation, storage and reconversion. Iron-to-hydrogen still needs to undergo the most development but could potentially progress rapidly through the TRL levels.
- **Levelized cost:** Import of DRI and conversion to hydrogen is a potentially cost-effective addition to importing green ammonia or producing green hydrogen domestically in Germany.
- **Practical considerations:** Green hydrogen based DRI can be transported and stored relatively easily in large quantities and plays a crucial role in decarbonizing the steel industry. It could therefore provide a versatile medium, extending beyond a centralized hydrogen infrastructure (e.g. as a decentral solution for areas more remote from the central infrastructure).

EINBLICK IN DIE FORSCHUNG

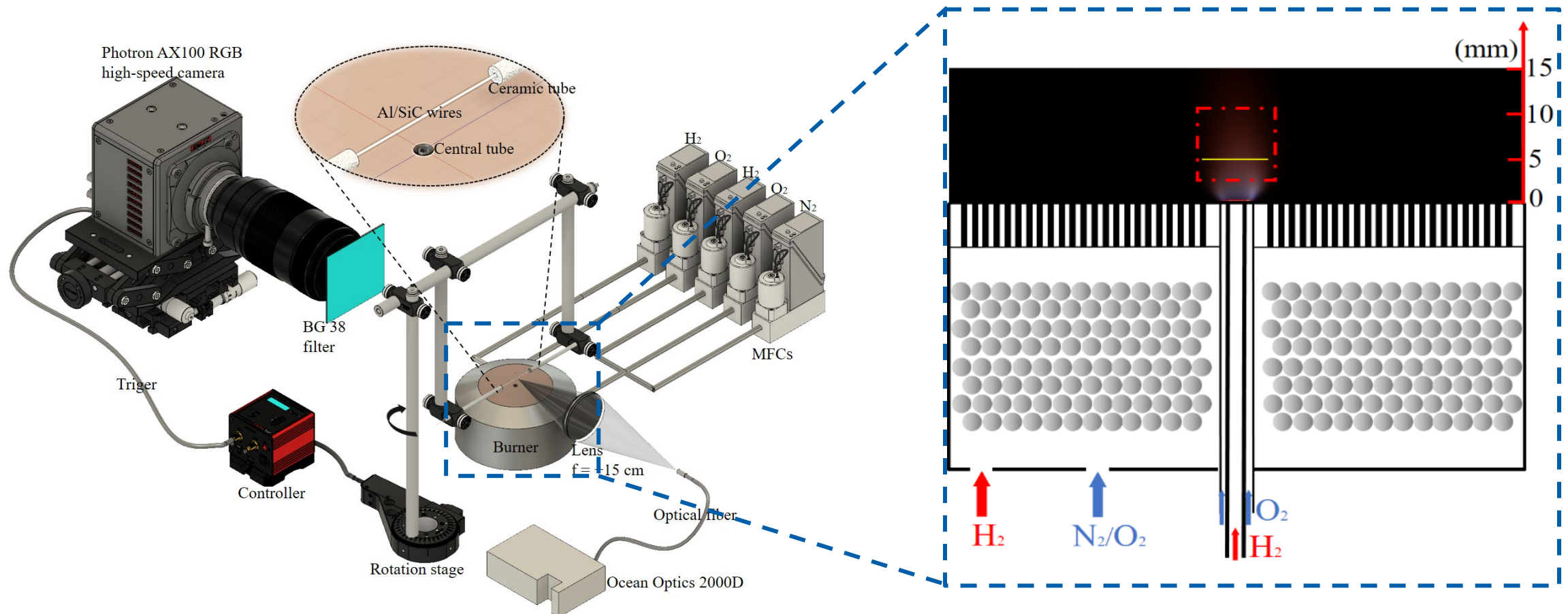
ALUMINIUM-VERBRENNUNG



EINBLICK IN DIE FORSCHUNG

ALUMINIUM-VERBRENNUNG

Experimental setup (Lund University)

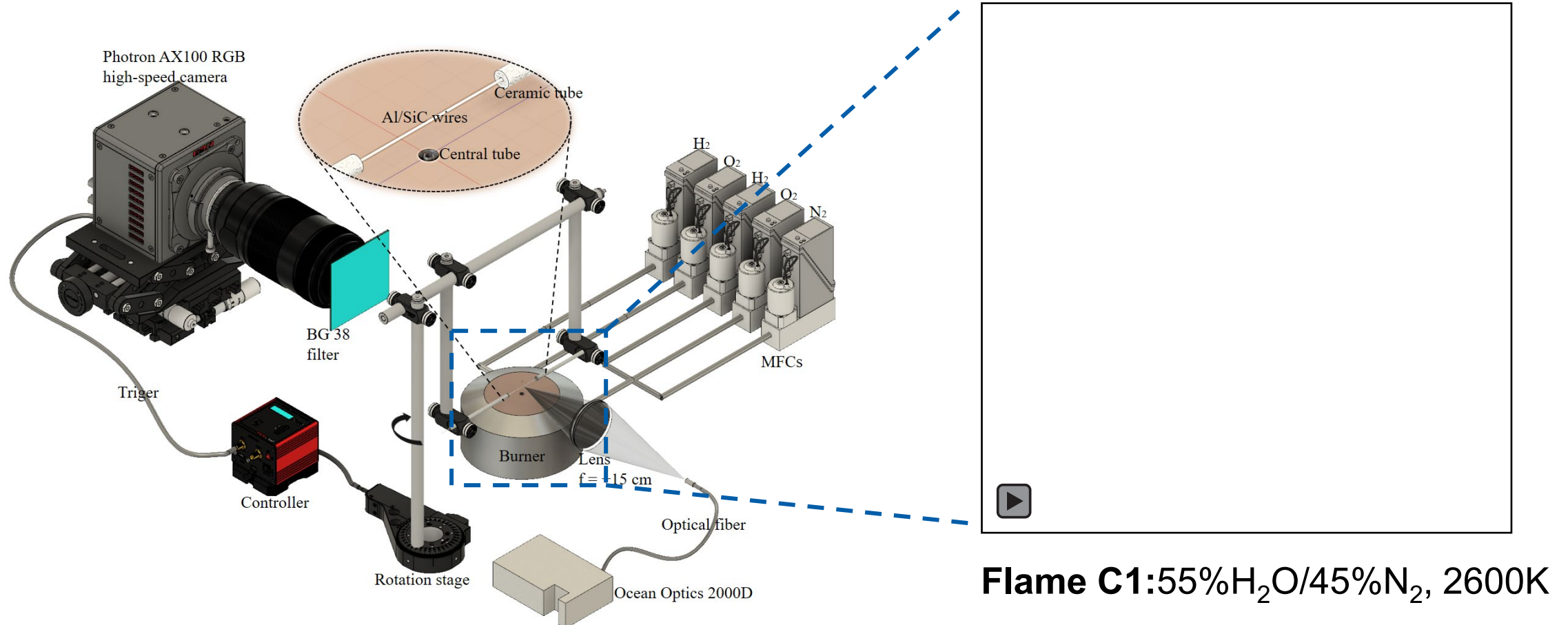


Wu et al. CNF 2024

EINBLICK IN DIE FORSCHUNG

ALUMINIUM-VERBRENNUNG

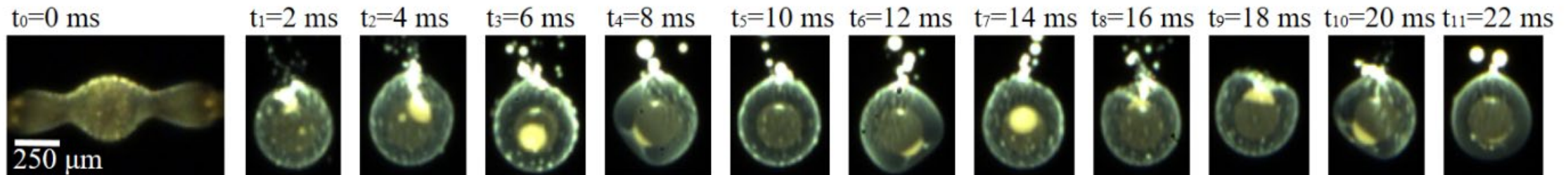
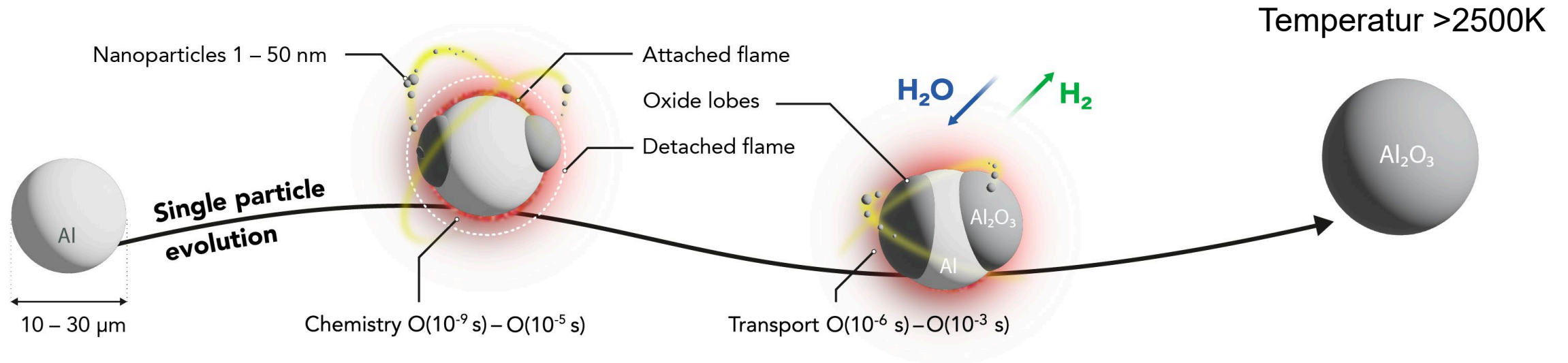
Experimental setup (Lund University)



Wu et al. CNF 2024

EINBLICK IN DIE FORSCHUNG

ALUMINIUM-VERBRENNUNG



KERNAUSSAGEN



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Fossile Energie ersetzen: Erfordert effiziente Verfahren für Speicherung, Transport und Nutzung von erneuerbarer Energie. Derzeit 80% des weltweiten Primärenergiebedarfs durch fossile Brennstoffe gedeckt.

Moleküle statt Elektronen: Wasserstoff ist ein Schlüsselmolekül für die Speicherung erneuerbarer Energie in **chemischen Energieträgern**. In allen Net Zero-Szenarien wird 2050 mehr als 40% der Energie über chemische Energieträger (=Brennstoffe) bereitgestellt.



Metalle sind flexibel: Metalle können große Menge an Energie speichern und flexibel als Hochtemperaturwärme und Wasserstoff ausspeichern on-demand. Sie komplettieren die Wasserstoffstrategie.



Quelle IEA

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

Haben Sie Fragen?

