DLR Institut für CO_2-arme Industrieprozesse

H_2 am Institut für CO_2-arme Industrieprozesse

Cottbus und Zittau

DLR

Das DLR 2022

Forschungseinrichtung
8.350 Mitarbeitende

Projektträger
1.400 Mitarbeitende

Raumfahrtmanagement
250 Mitarbeitende

- 10.000 Mitarbeitende gesamt
- 35 Standorte bundesweit mit 55 Instituten & Einrichtungen
- 4 Büros international
- Umsatz 2020 Forschungseinrichtungen: ca. 1,2 Mrd. €

DLR Energieforschung: Regelbare Nachhaltige Energie

Nachfrage

Haushalte

Mobilität

Industrie

Wandler

Speicher

Flexibilität

Strom & Wärme

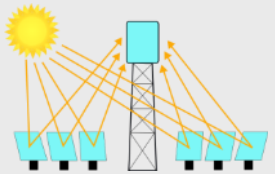
Brennstoffe

Management & Digitalisierung

Systemanalyse

Quellen

Windkraftanlagen



Konzentrierende Solarsysteme

DLR Energieforschung: Regelbare Nachhaltige Energie

Nachfrage

Haushalte

Mobilität

Industrie

Wandler

Speicher

Flexibilität

Stromspeicher

Dampfturbine

Wärmespeicher

Wärmepumpe

Gasturbine

Chemische Speicher

Elektrolyse

Brennstoffzelle

Reduktionsmittel

Thermochemie

Systembetrieb

Sektorenkopplung

Strom- & Gasnetz-Technologien

Strom & Wärme

Brennstoffe

Management & Digitalisierung

Systemanalyse

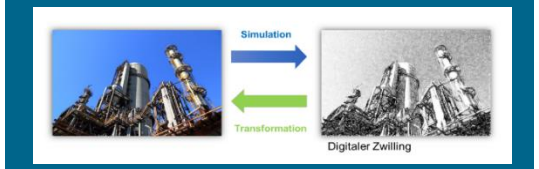
Quellen

Windkraftanlagen

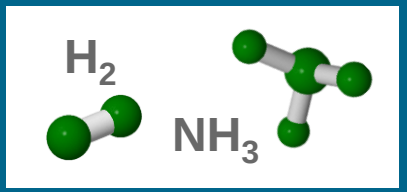
Konzentrierende Solarsysteme

DLR-Institut für CO_2-arme Industrieprozesse

Hochtemperatur-Wärmepumpen



Simulation und Virtuelles Design



Kohlenstoffarme Reduktionsmittel

Universitätsbibliothek Cottbus

Innenstadt Zittau

CO_2-Minderungsoptionen der Industrie

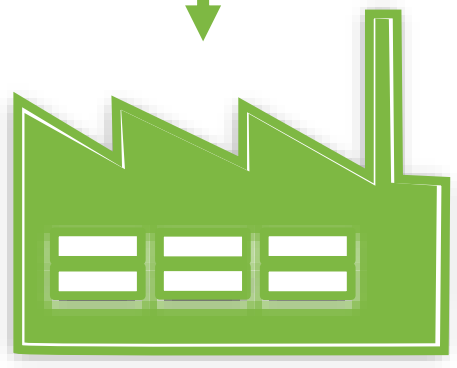
Klimaneutrale Energieträger/Feedstocks

- Elektrifizierung
- H_2 / synth./ kohlenstofffreie Energieträger
- Biomasse
- Solare Prozesswärme

H_2-Nutzung Biomasse

Hochtemperatur-Wärmepumpen

Energieeffizienz



CO_2-Nutzung & Abscheidung

- Carbon Capture and Use (CCU)
- Carbon Capture and Storage (CCS)

Prozesschemie

Minderung der Nachfrage nach Primärmaterialien

- Reduktion der Endnachfrage
- Material-substitution
- Kreislauf-wirtschaft
- Materialeffizienz

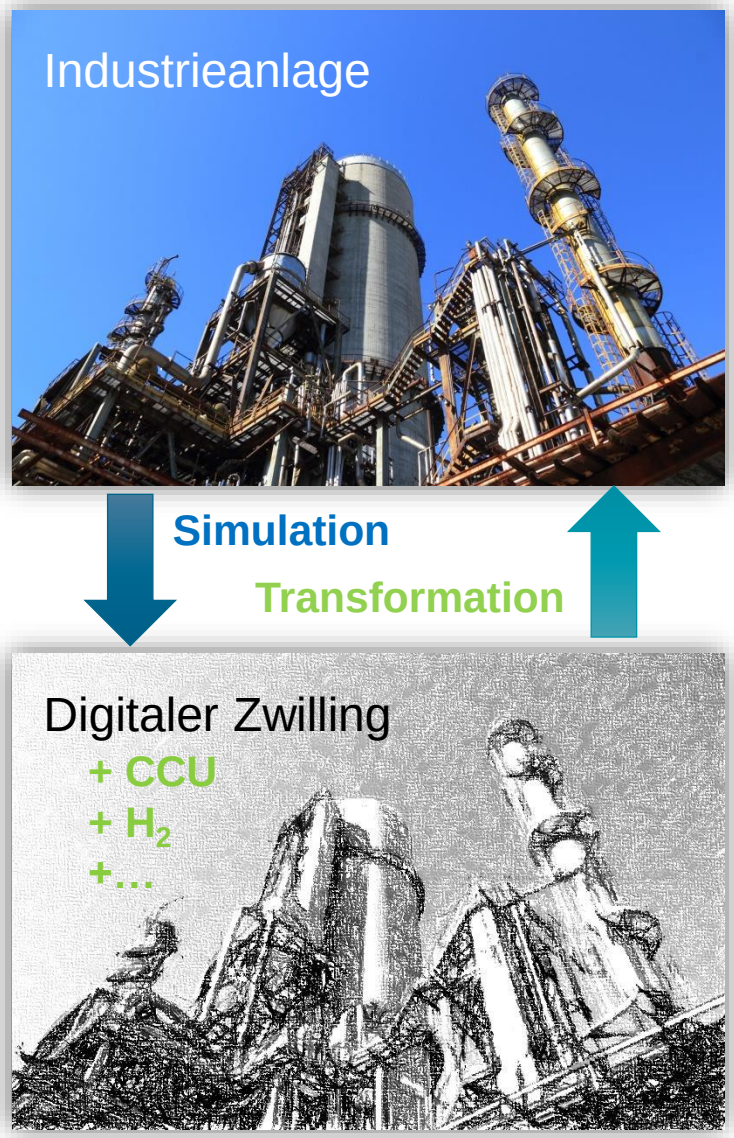
Nach Leipprand et al., DLR, FVEE-Tagung 2020

Beitrag DI zur DLR-Wasserstoffforschung

- **Simulation** von Einzel- und Mehrkomponentensystemen sowie deren Vernetzung zu virtuellen Abbildern realer Industrieanlagen
  - Neue Komponenten: HT-Wärmepumpe, Brennstoffzellen (MW)…
  - Validierung der Simulationen anhand realer Daten
  - Digitaler Zwilling

- **H_2 als Schlüsseltechnologien** in der Prozesssimulation zur Reduktion prozess- und energiebedingter CO_2-Emissionen
  - Benchmarking, H_2, Synfuel & chemische Speicher, CCU, …

- **Entwicklung standortspezifischer H_2-Strategien** zur Transformation der Industrieanlagen von fossilen auf regenerativen Energieträgern
  - Technische Analysen der Prozessoptionen
  - Enge Zusammenarbeit mit der Industrie



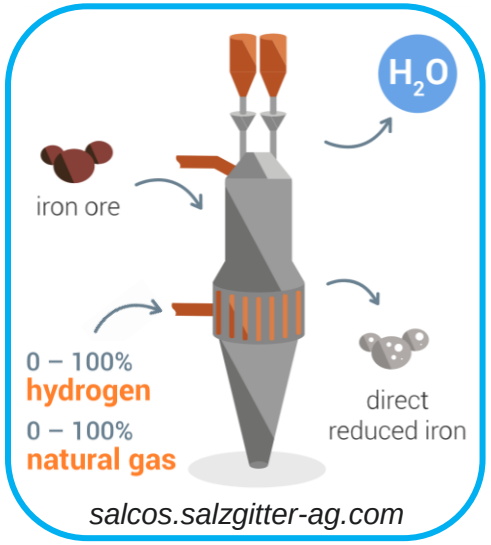
Grüner Stahl

CO_2 in der Stahlindustrie

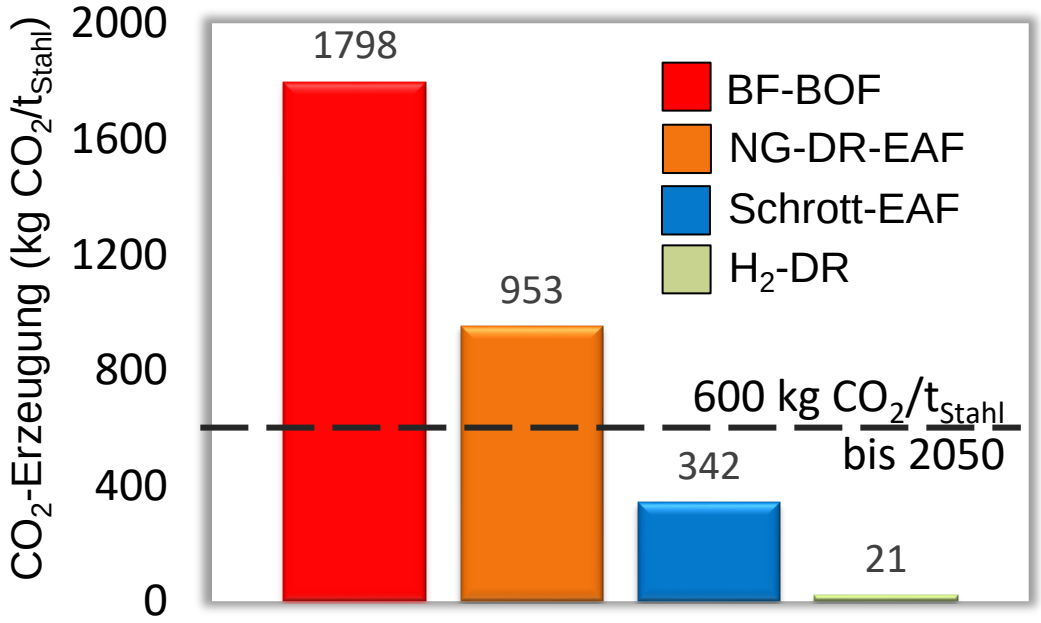
- Stahl wird zu 2/3 unter Einsatz von Kokskohle über den Hochofen-Sauerstoffkonverter-Prozess (BF-BOF) hergestellt
- Die Stahlproduktion trägt in Deutschland mit rund 40 Millionen Tonnen CO_2-eq/Jahr zu 30 % der gesamten industriellen Emissionen bei

Direkt Reduktion

- Reduktion von Eisenerz im festen Zustand unterhalb der Schmelz-temperatur von Eisen
- Reduktionsmittel: Synthesegas (aus Erdgas) oder reiner Wasserstoff
- CO_2 Emissionen können um ≤ 95 % reduziert werden



CO_2 Emissionen bei der Stahlerzeugung 2019



Quelle: "Hydrogen DRI: Cost and Strength Issues", *AIST DRI Technical Committee*, May 2020

Perspektiven

- EAF kann die primäre Route nicht vollständig ersetzen
- Eine Umstellung auf H_2-DR ist erforderlich, um die gewünschte Emissionsminderung zu erreichen

Grüner Stahl

Modellierungen

1D Einzelpellet Modell

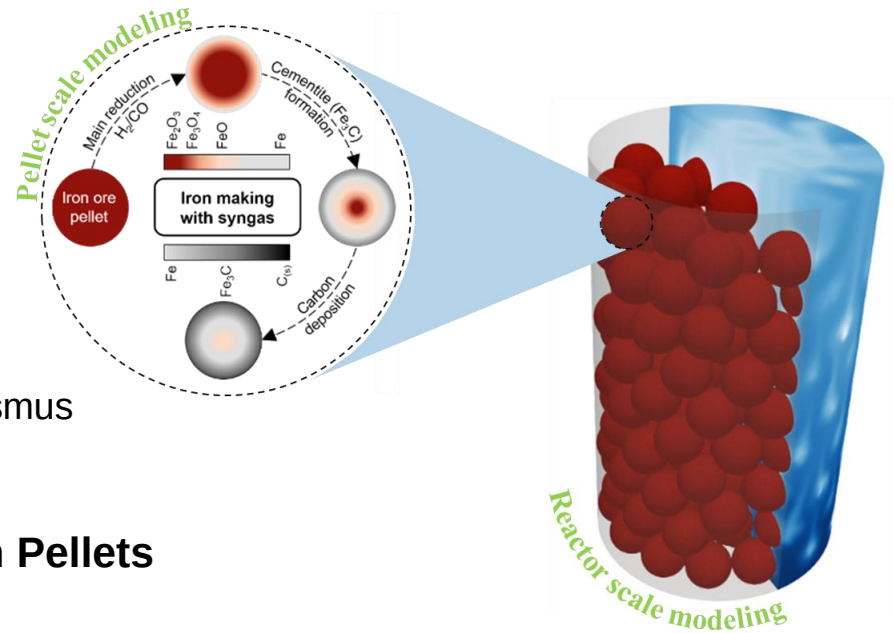
- Entwicklung von Kinetik- und Transportmodellen
- Validierung eines einzelnen Mechanismus unter verschiedenen reduzierenden Gasatmosphären und Temperaturen

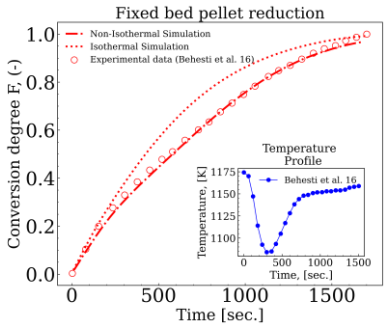
CFD Simulationen eines einzelnen Pellets

- Integration des Modells in eine Computational Fluid Dynamics (CFD)-Umgebung zur Simulation der Reduktion einzelner Pellets

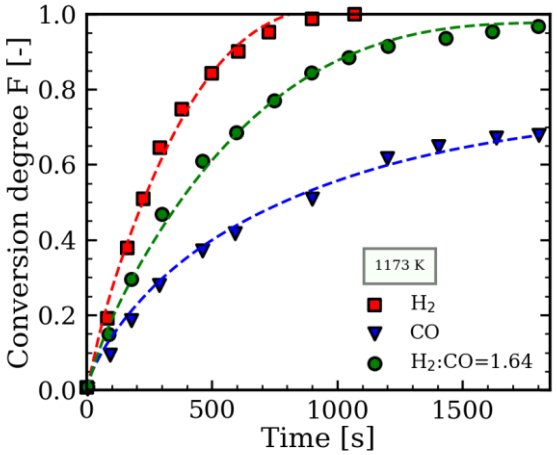
CFD Simulationen im Reaktor

- Einbindung zusätzlicher Modelle (nicht-isothermer Prozess, Gasphasen-chemie)
- Skalierung auf industrielle Schachtöfen





Experimentelle Validierungsdaten



Validierungsdaten

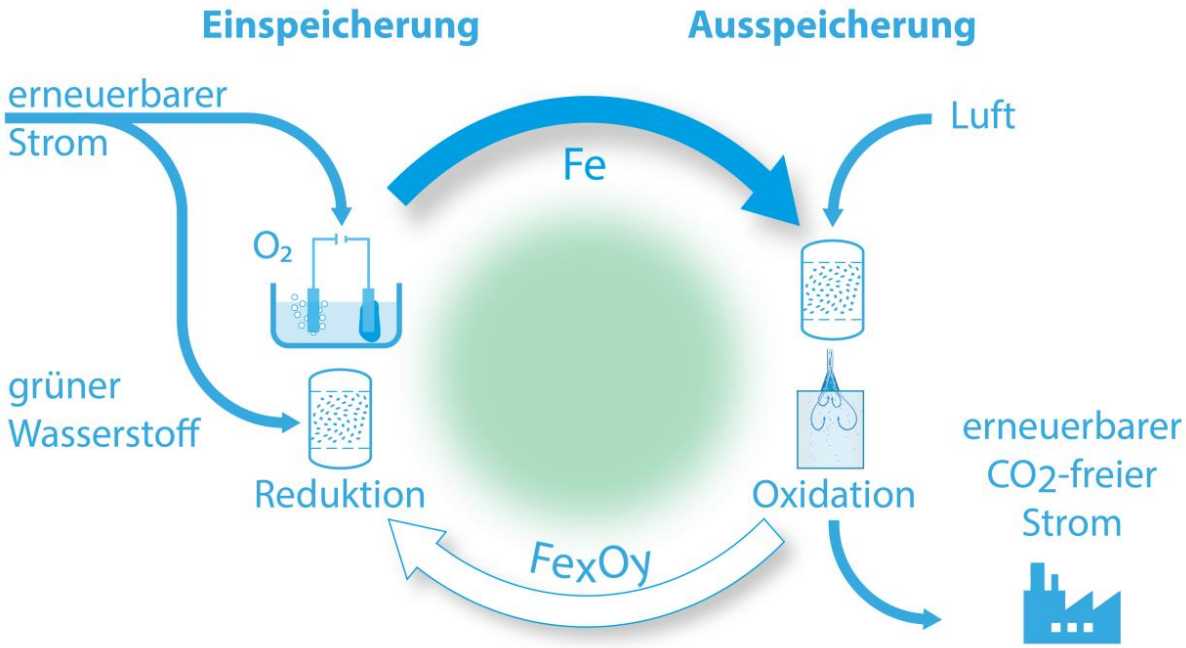
DRI im Testreaktor

- Von Einzel- zu Multipellet Experimenten
- Festbett Experimente
- „Fuel flexibility“
- Bettmorphologie
- Temperaturprofil
- Druckabfall
- Alternative Kohlenstoffquellen

Clean Circles

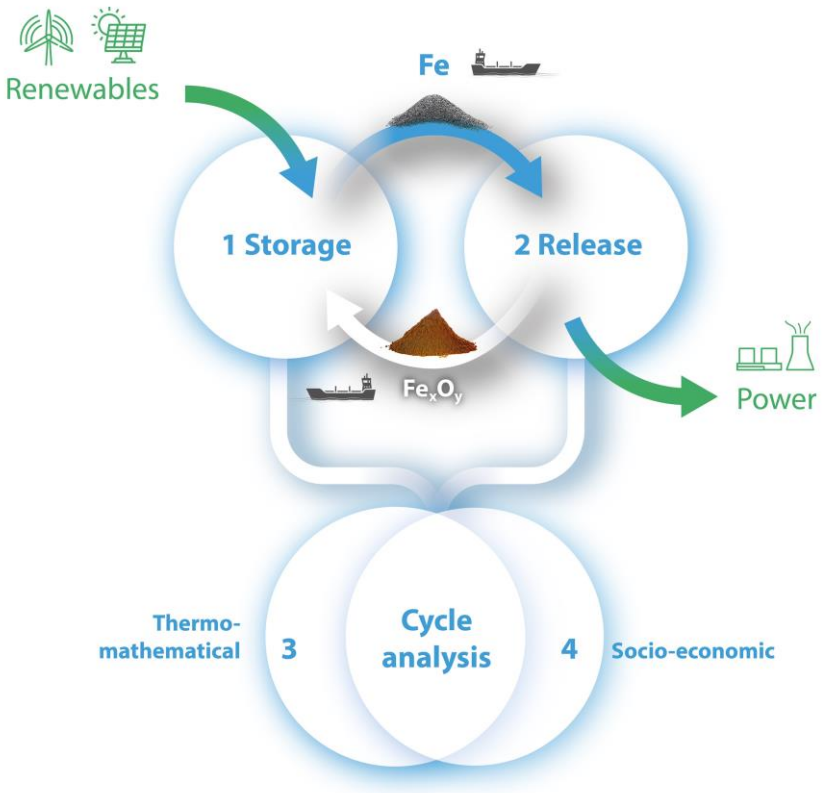
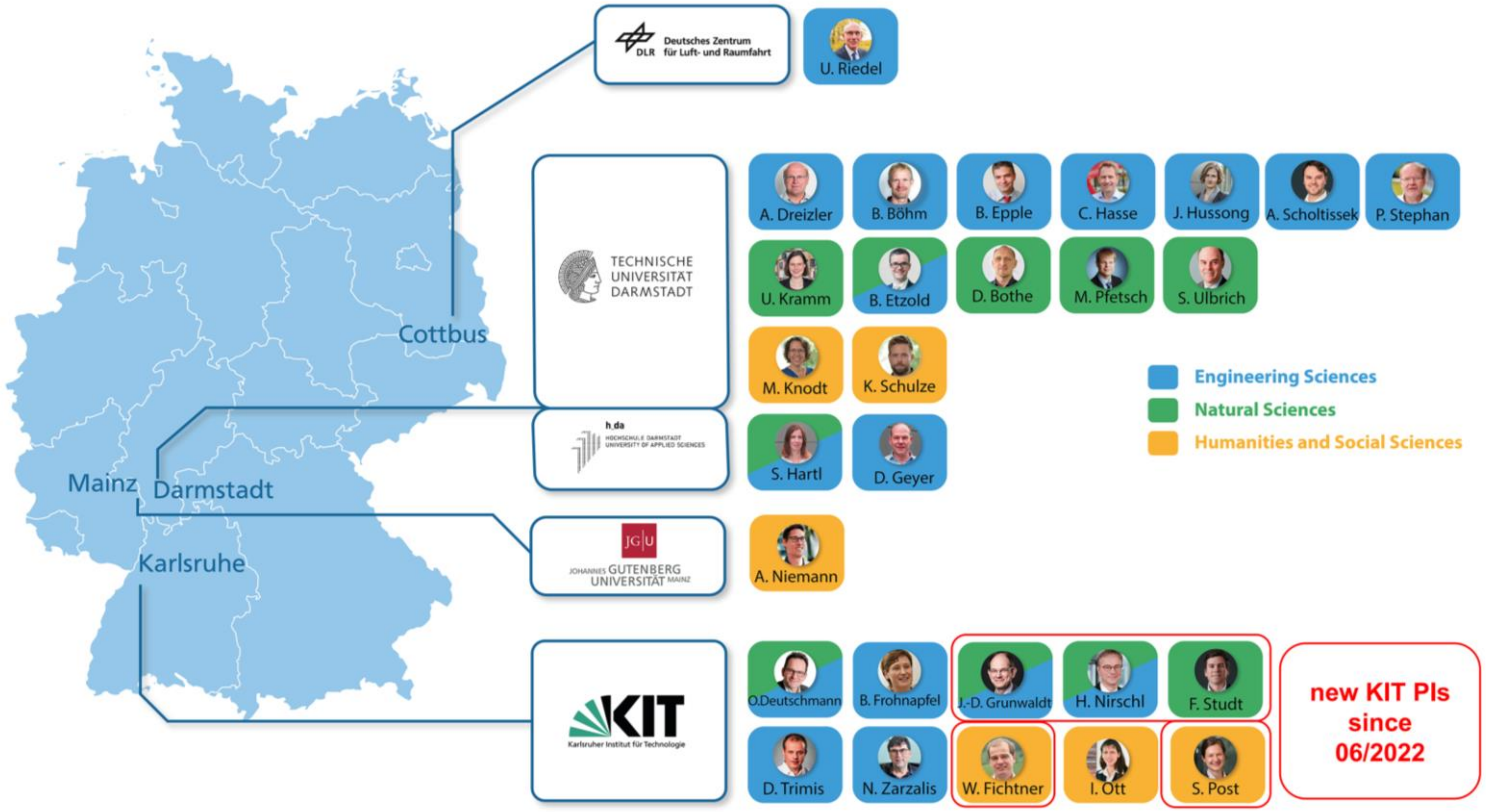
Konzept

- Eisen als hochdichter Energiespeicher
  - Speicherung: Reduktion von Eisenoxid-Feinstäuben mit grünem H_2
  - Nutzung Stromerzeugung durch Staubfeuerung der Eisenpartikel



Antrag auf Förderung des Clusterprojekts Clean Circles
Home – Clean Circles – TU Darmstadt (tu-darmstadt.de)

Vorteile

- Kohlenstofffrei
- Hohe Energiedichte
- Einfacher Transport und Lagerung
- Speicherung/Nutzung sind örtlich und zeitlich getrennt

Clean Circles: Interdisziplinärer Verbund