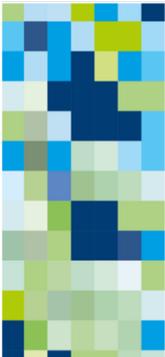


Methanoldampreformierung mittels Perowskit- basierter Oxide: Transformation des Energiesektors für eine nachhaltige Zukunft

T. Berger, H. Drexler, T. Ruh, F. Schrenk, L. Lindenthal, J. Bock, R. Rameshan,
K. Föttinger, C. Rameshan



24. Österreichischer
KLIMATAG

Stadt und Land im Fluss

02. bis 04. April 2024
TU Wien

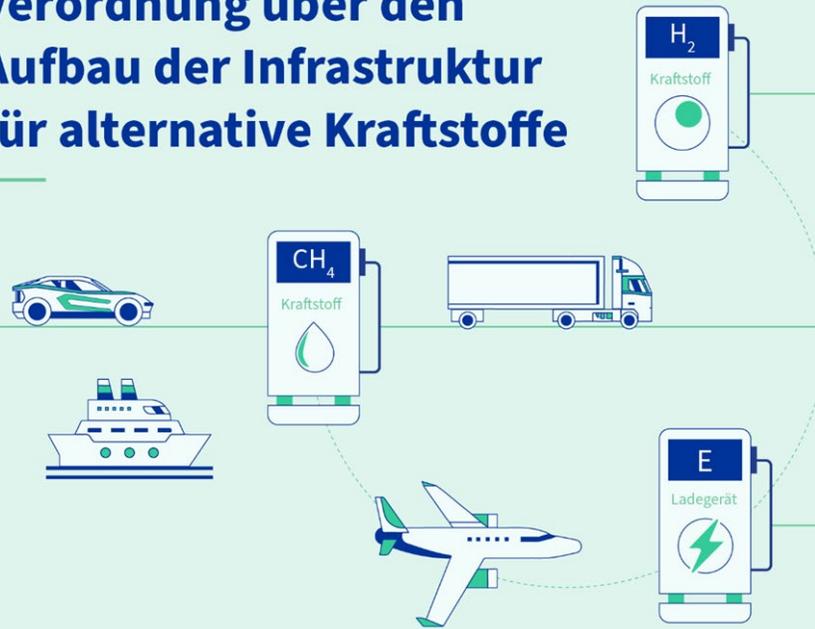




Reduktion von CO₂ Emissionen



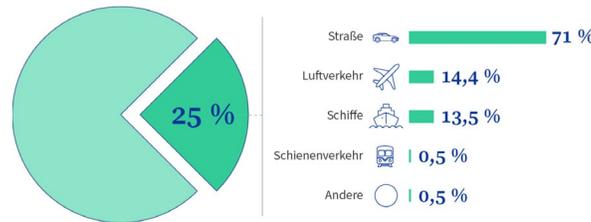
Erklärung: Die Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe



Ziel der Verordnung ist es, dafür zu sorgen, dass für PKW, LKW, Schiffe und Flugzeuge genügend Infrastruktur zum (Auf-)Laden oder (Auf-)Tanken mit alternativen Kraftstoffen (z. B. Wasserstoff, Flüssigmethan) bereitsteht und überall in der Union weit genug verbreitet ist, um „Reichweitenangst“ zu vermeiden.

Wie hilft die Verordnung auf dem Weg zur Klimaneutralität?

Der **Verkehrssektor** ist für fast 25 % der Treibhausgasemissionen in der EU verantwortlich.



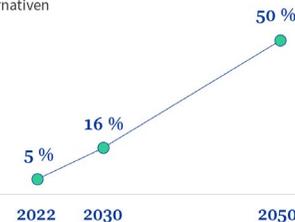
mehr Elektro- und mit alternativen Kraftstoffen betriebene Fahrzeuge = weniger Emissionen

Es gibt mehr als **13,4 Mio.** PKW und LKW in der EU, die mit alternativen Kraftstoffen betrieben werden.

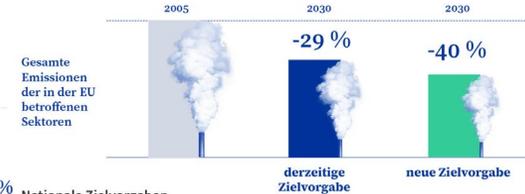
Schätzungen zufolge wird sich der Anteil aller PKW und LKW in der EU, die mit alternativen Kraftstoffen fahren, bis 2050 verzehnfachen.



Prognose der Fahrzeugflotte in der EU



Mit den neuen Vorschriften will die EU die Treibhausgasemissionen in den Sektoren, die unter die Lastenteilungsverordnung fallen, bis 2030 um 40 % senken.



Nationale Zielvorgaben

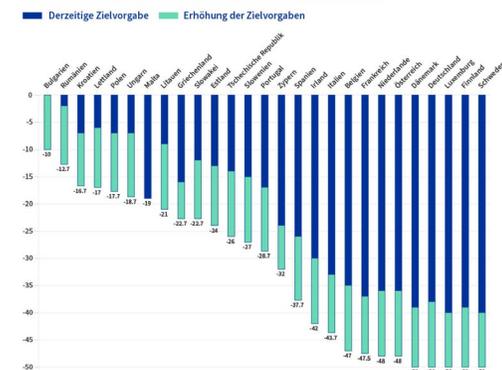
→ Jeder Mitgliedstaat trägt zur Emissionsreduzierung in diesen Sektoren bei.

→ In der vorgeschlagenen Verordnung werden für jeden Mitgliedstaat **neue und verbindliche Ziele für 2030** vorgegeben; außerdem werden nationale jährliche Emissionsgrenzwerte festgelegt, die schrittweise zu den nationalen Zielen für 2030 hinführen.

→ Die Zielvorgaben sind gerecht und kosteneffizient festgelegt und berücksichtigen die nationalen Gegebenheiten.

→ Die nationalen Emissionspfade für die einzelnen Mitgliedstaaten 2025 können angepasst werden, wenn dies angesichts der Auswirkungen der COVID-19-Pandemie oder anderer unvorhergesehener Ereignisse auf die Emissionen als notwendig erachtet wird.

Vorgeschlagene Erhöhung der Zielvorgaben bis 2030 pro Mitgliedstaat (in %)



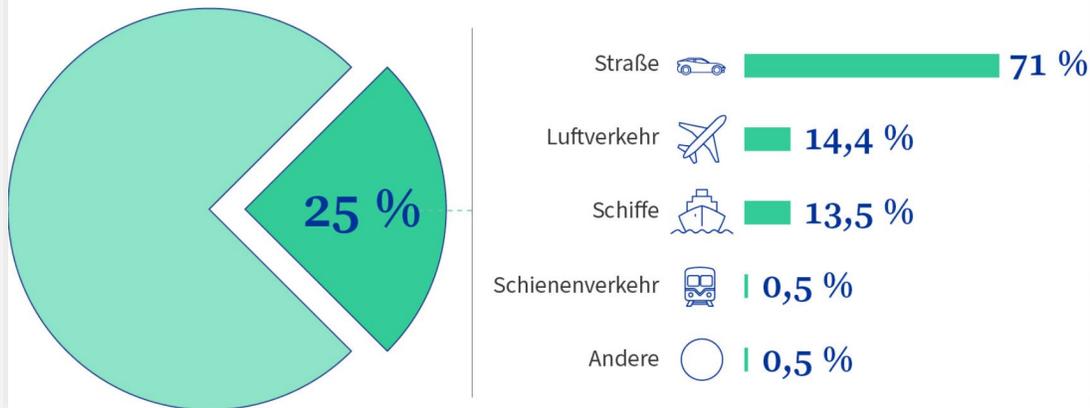


Reduktion von CO₂ Emissionen



Wie hilft die Verordnung auf dem Weg zur Klimaneutralität?

Der **Verkehrssektor** ist für fast 25 % der Treibhausgasemissionen in der EU verantwortlich.



- Reduktion der **CO₂ Emission** durch Implementierung neuer Technologien
- **Wasserstoff** als Energieträger der Zukunft

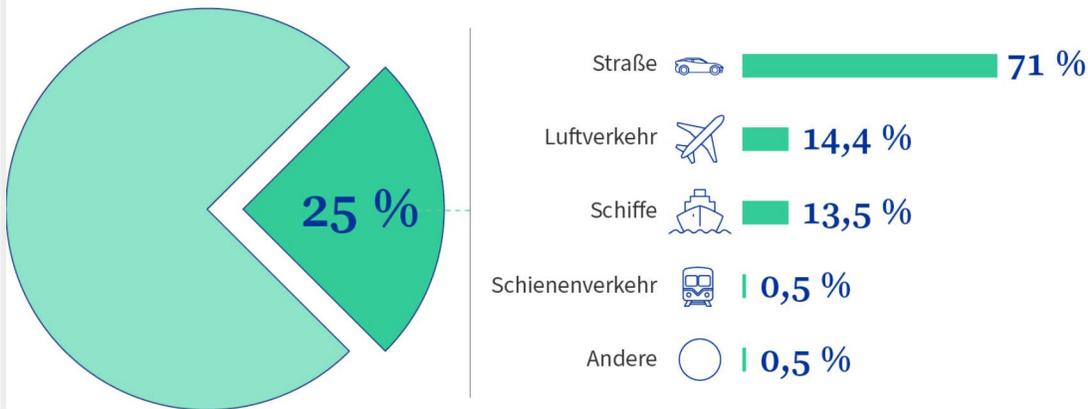


Reduktion von CO₂ Emissionen



Wie hilft die Verordnung auf dem Weg zur Klimaneutralität?

Der **Verkehrssektor** ist für fast 25 % der Treibhausgasemissionen in der EU verantwortlich.



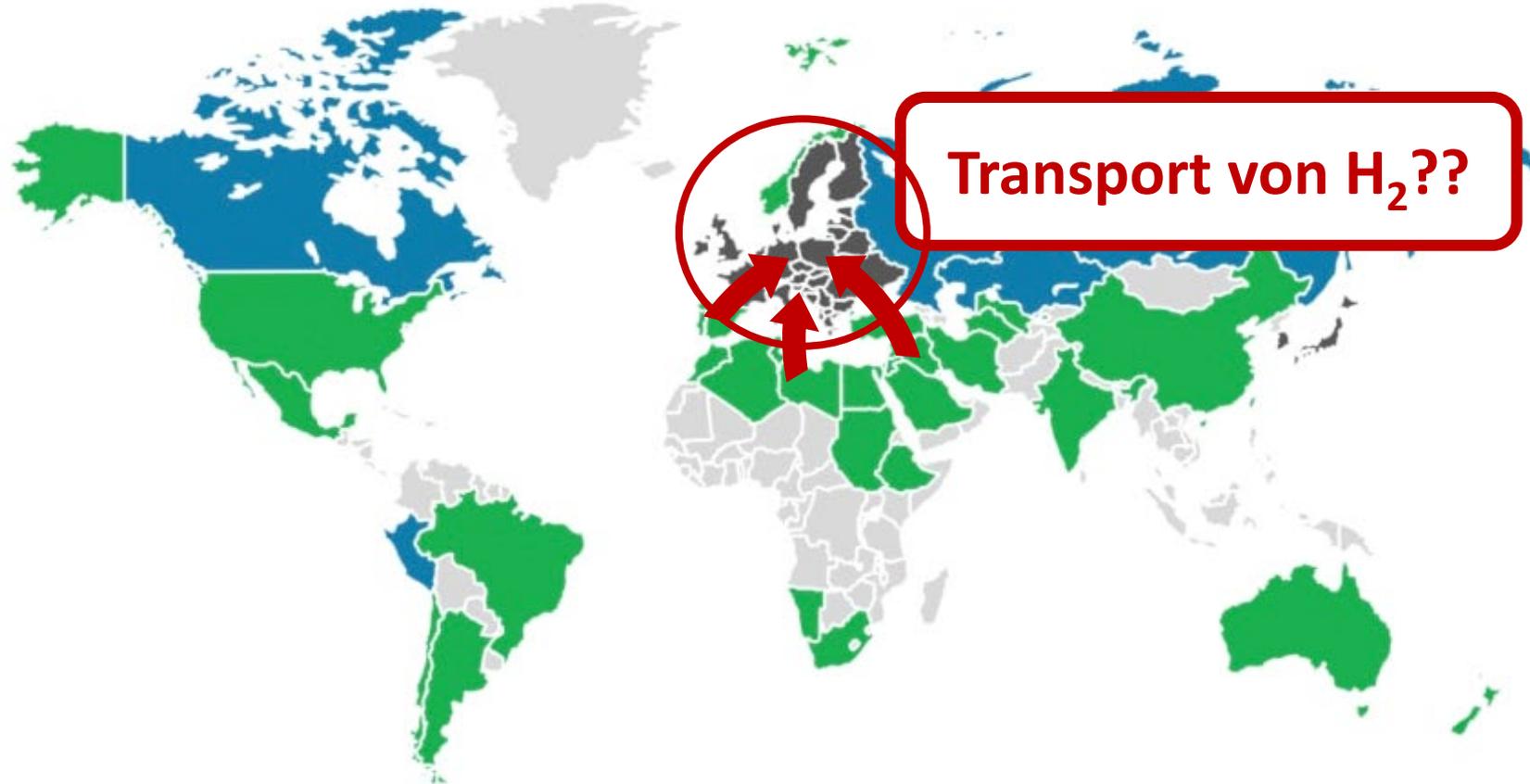
- Reduktion der **CO₂ Emission** durch Implementierung neuer Technologien
- **Wasserstoff** als Energieträger der Zukunft

ABER:

- Geringe **Energiedichte**
- Komplexe **Lagerung**
- Komplexer **Transport**



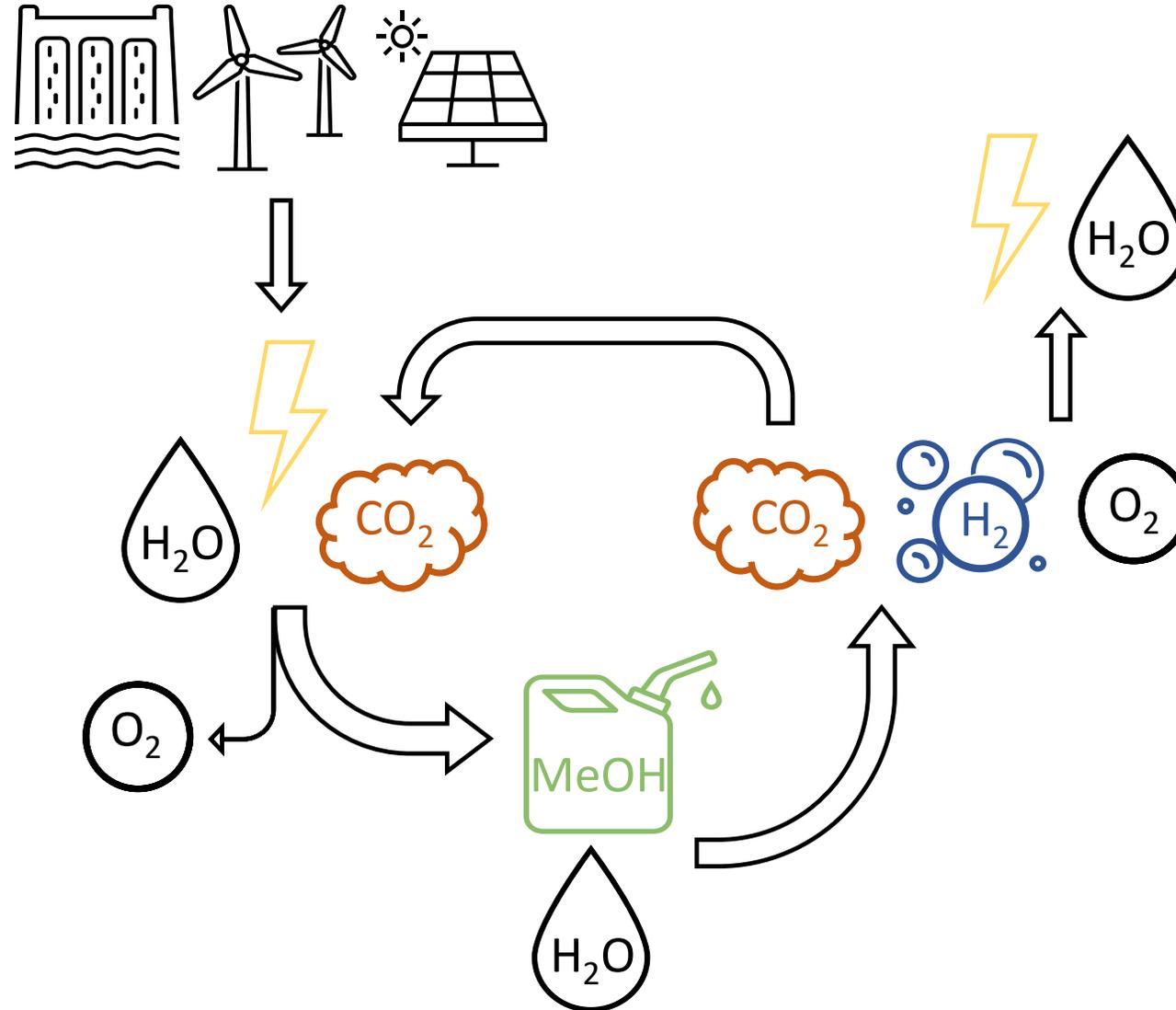
Weltweite Produktion von Wasserstoff



<https://www.thedailybeast.com/green-hydrogen-could-be-the-energy-fix-that-makes-carbon-neutral-goals-possible-by-2050>

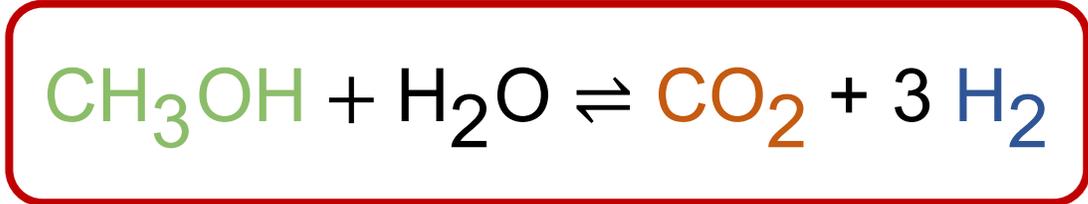
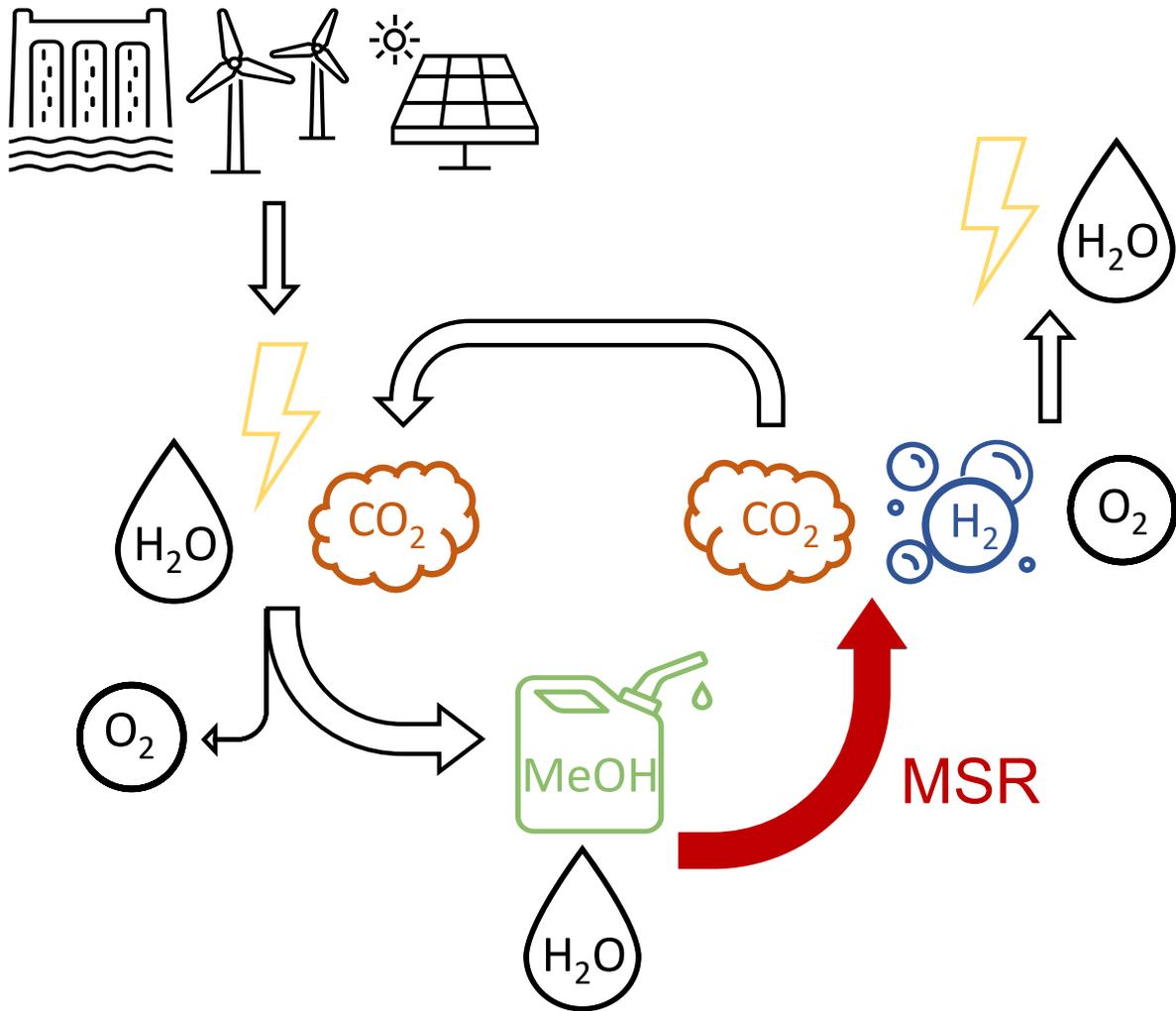


Methanoldampfreformierung



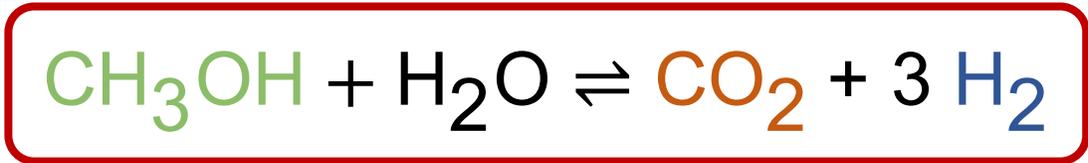


Methanoldampfreformierung

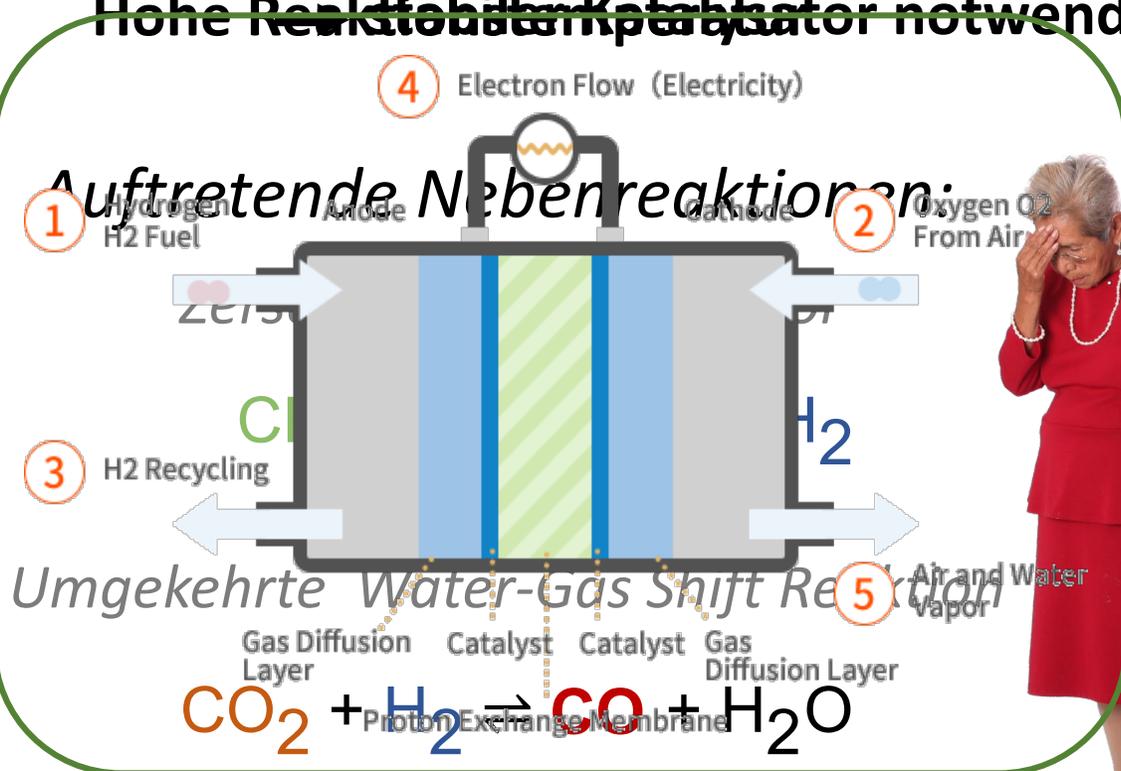
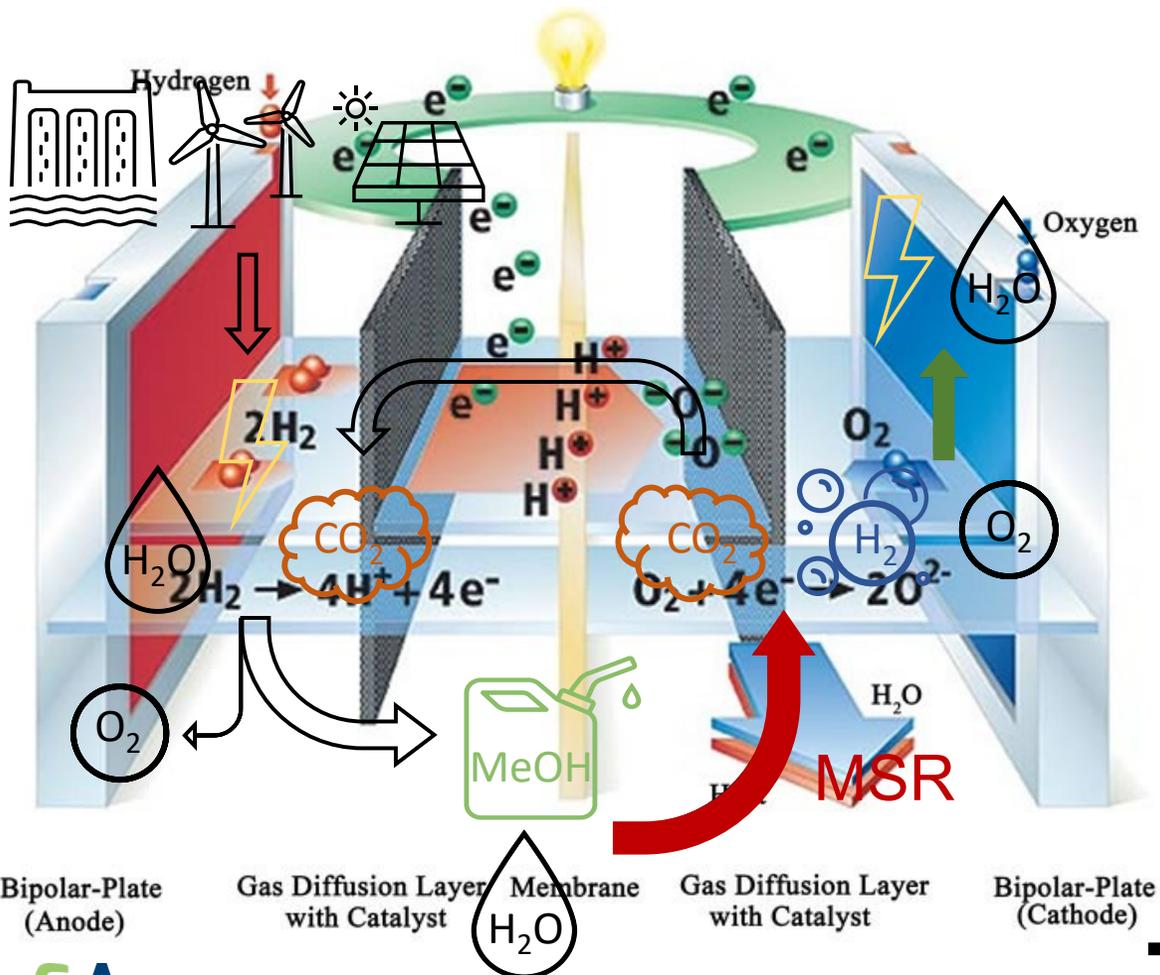




Methanoldampfreformierung



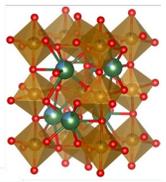
Hohe Reaktivität/Katalysator notwendig



Auftretende Nebenreaktionen:



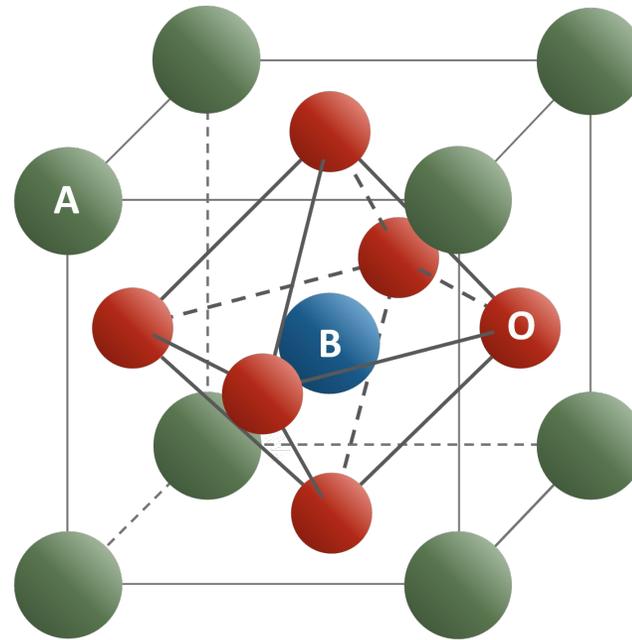
→ selektiver Katalysator notwendig



Materialklasse - Perowskitoxide



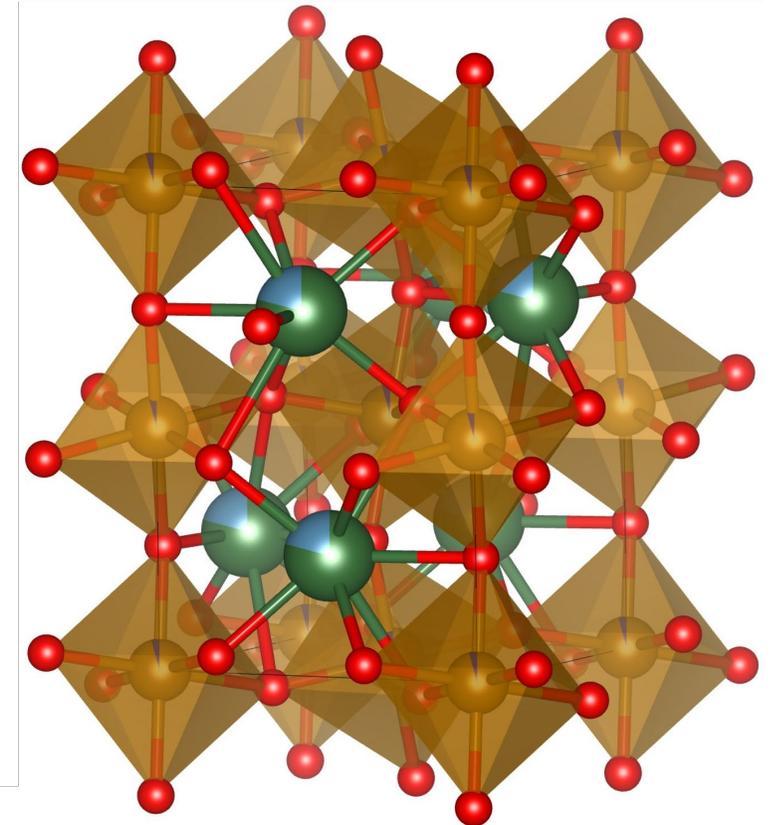
- Strukturformel: ABO_3
- Hohe Variabilität der Zusammensetzung
- Dotierung der A- und B-site möglich

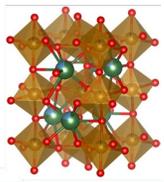


Perovskite ABO_3

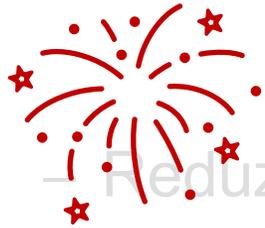
Ideal Einheitszelle eines Perowskitoxides

Reale, verzerrte Struktur eines Perowskitoxides





Materialklasse - Exsolution



– Reduzierende Bedingungen

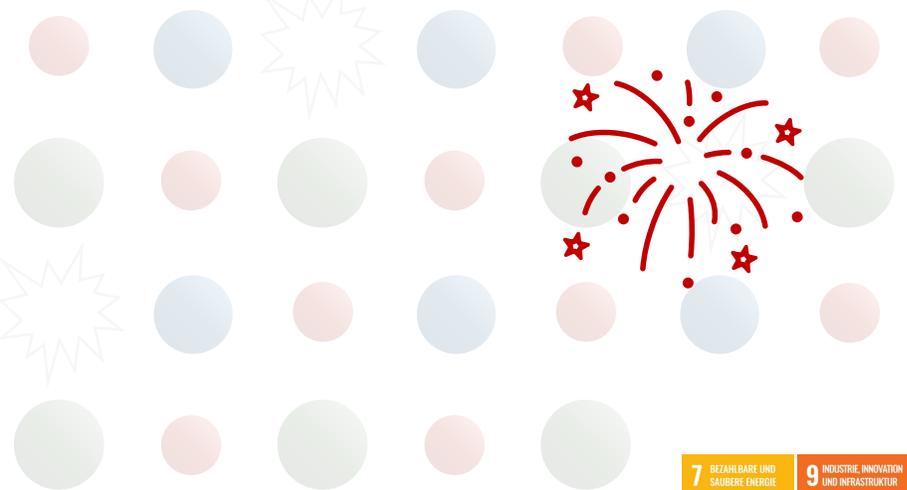
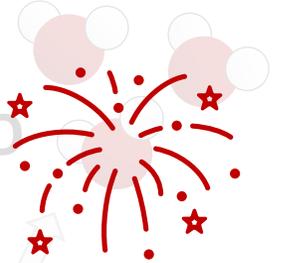
– Temperatur > 500 °C

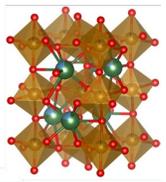
– Theoretische M

- Bildung von CaCO_3 -Nanopartikeln
- Exsolution z.B.: von B-Platzionen
- Bildung stabiler Nanopartikel an Oberfläche



Hohe Anzahl potentiell aktiver Zentren
→ **Interessant für Katalyse**





Katalysatoren

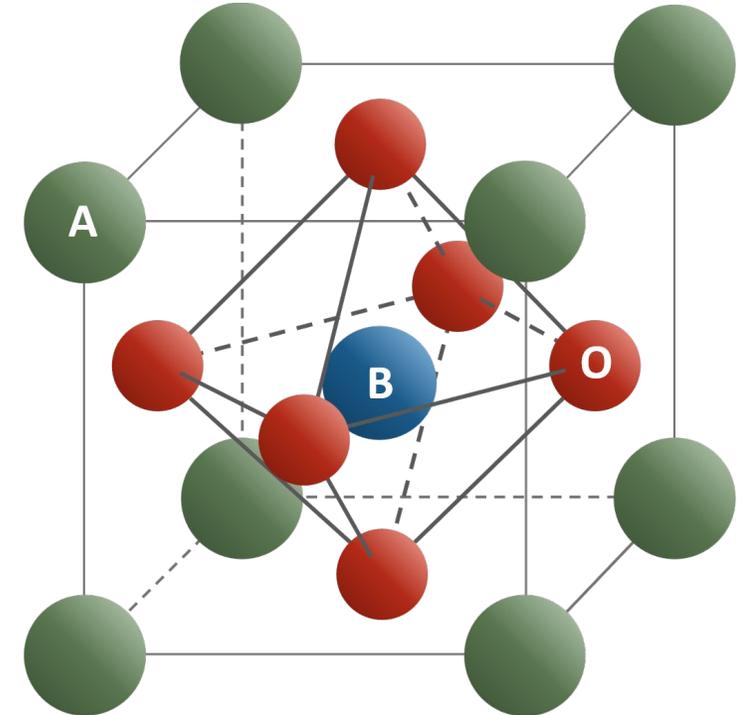


Untersuchte Materialklasse

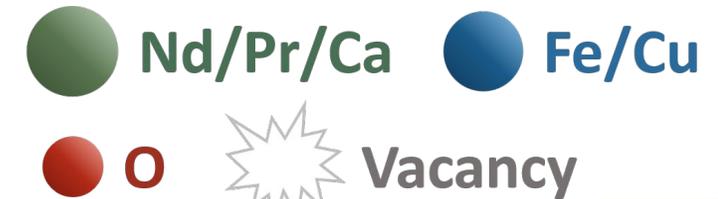


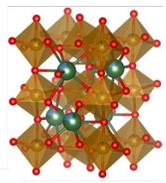
**B-Platz
Dotierung**

3% Ni 10% Co 3%-10% Cu

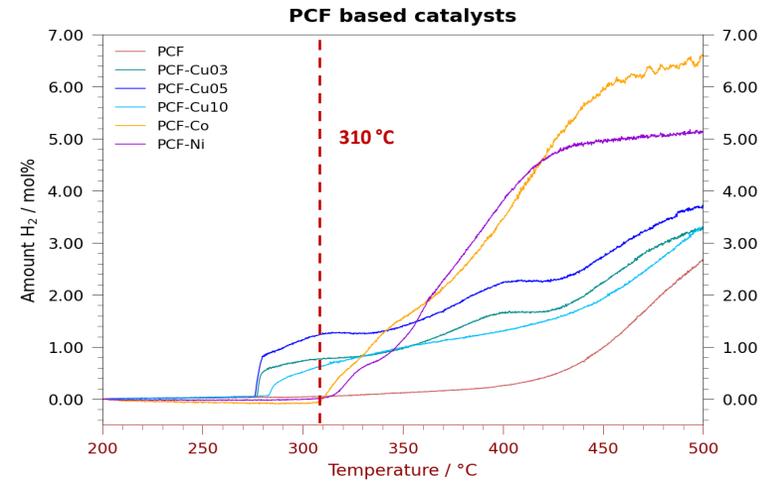
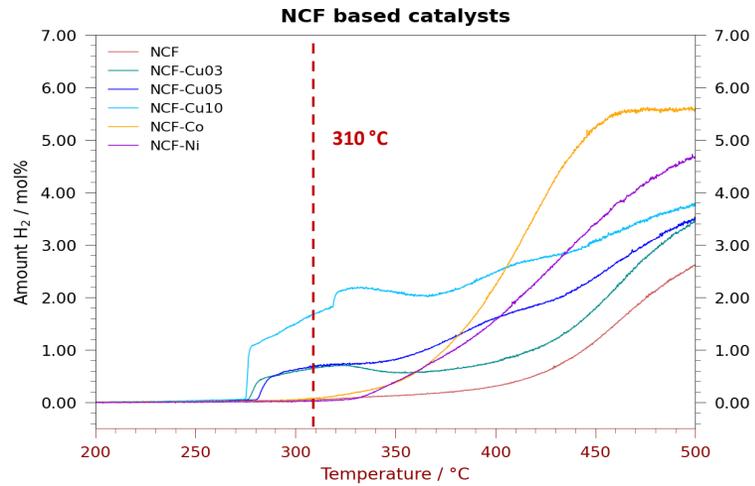


Perovskite ABO_3

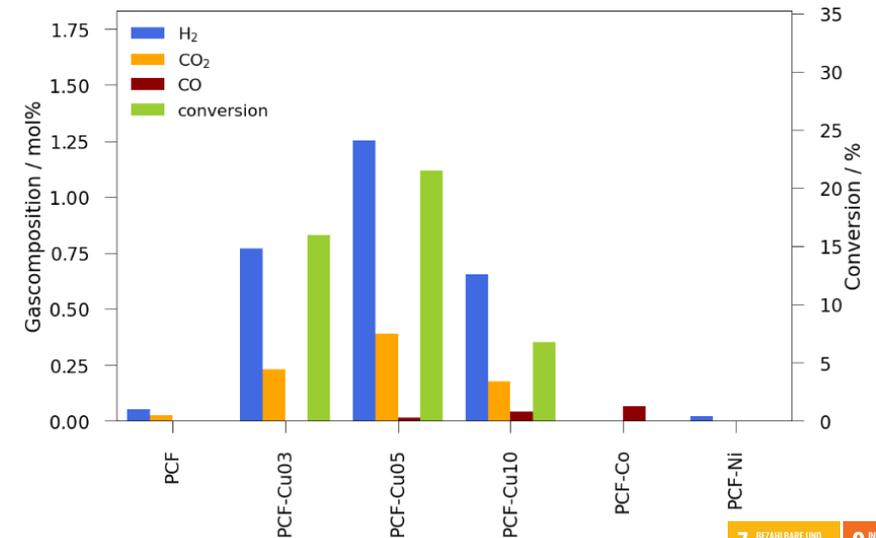
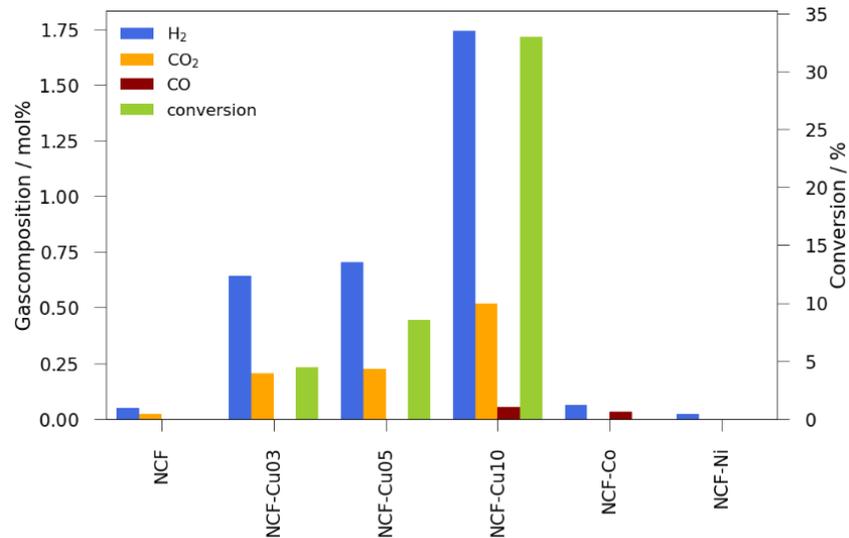


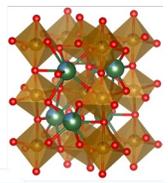


Katalytische Aktivität



- undotiert
- 3% Cu
- 5% Cu
- 10% Cu
- 10% Co
- 5% Ni

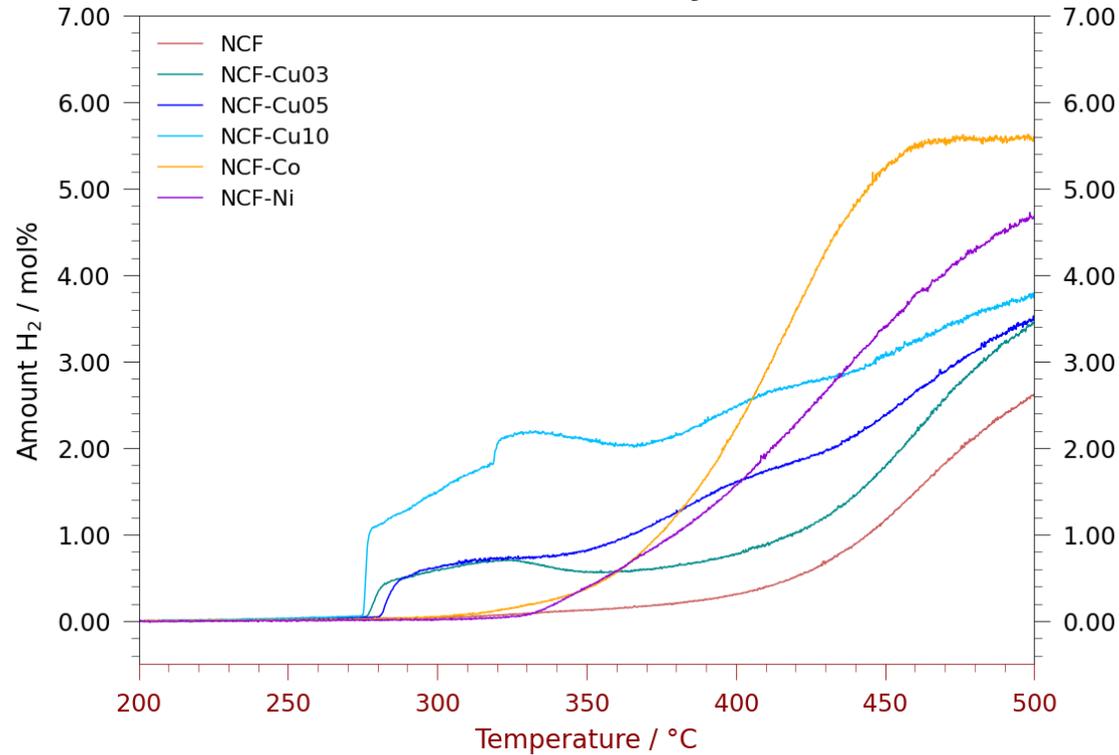




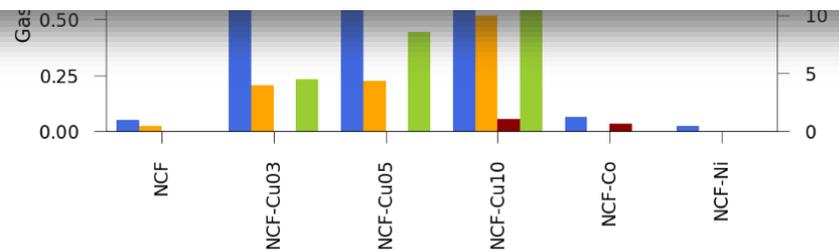
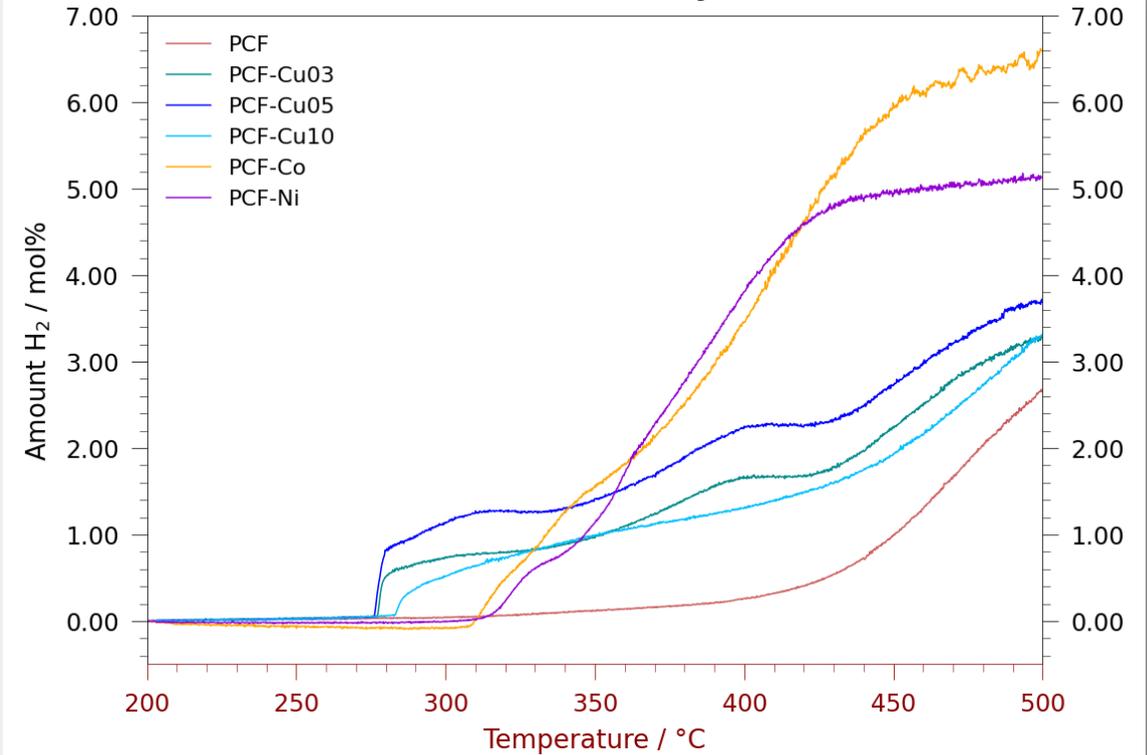
Katalytische Aktivität



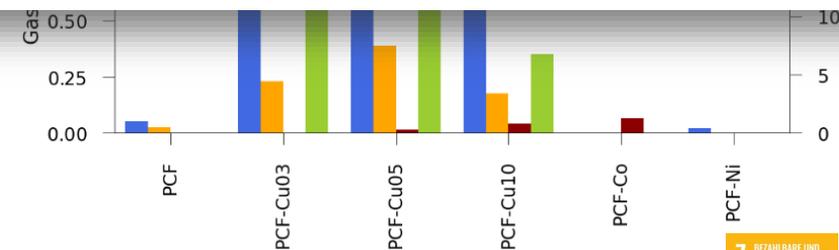
NCF based catalysts

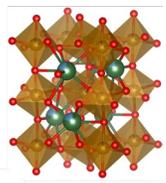


PCF based catalysts



- undoped
- 3% Cu
- 5% Cu
- 10% Cu
- 10% Co
- 5% Ni

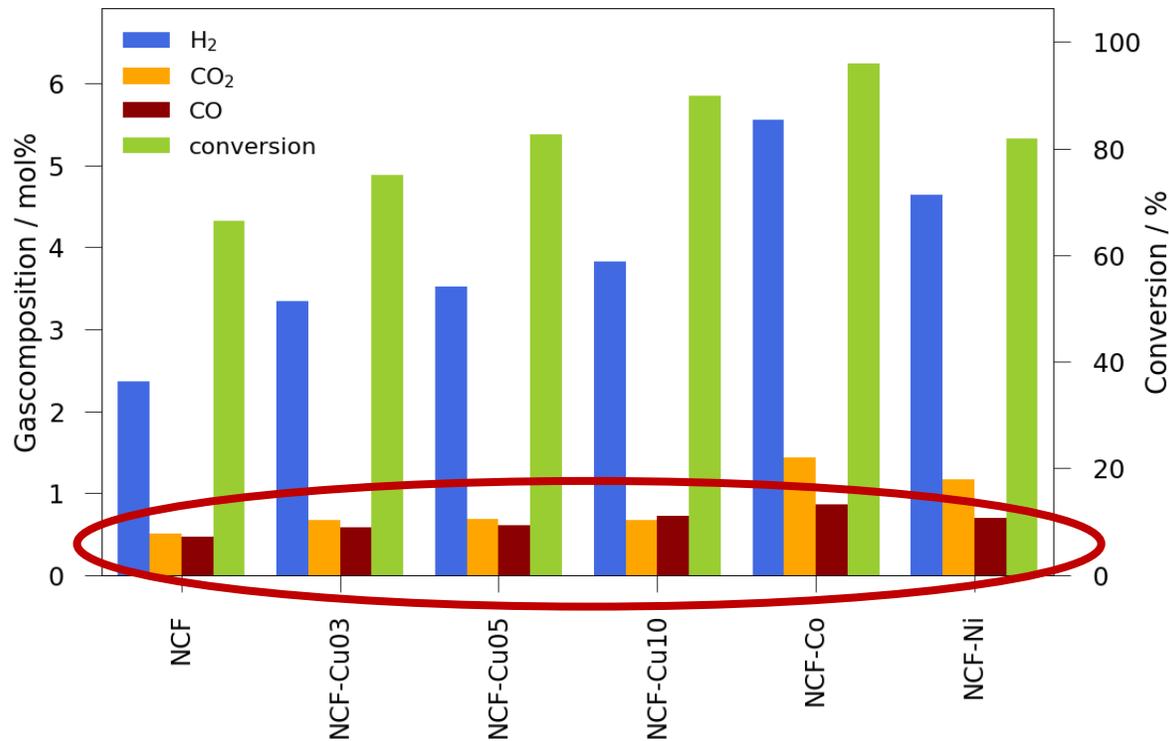




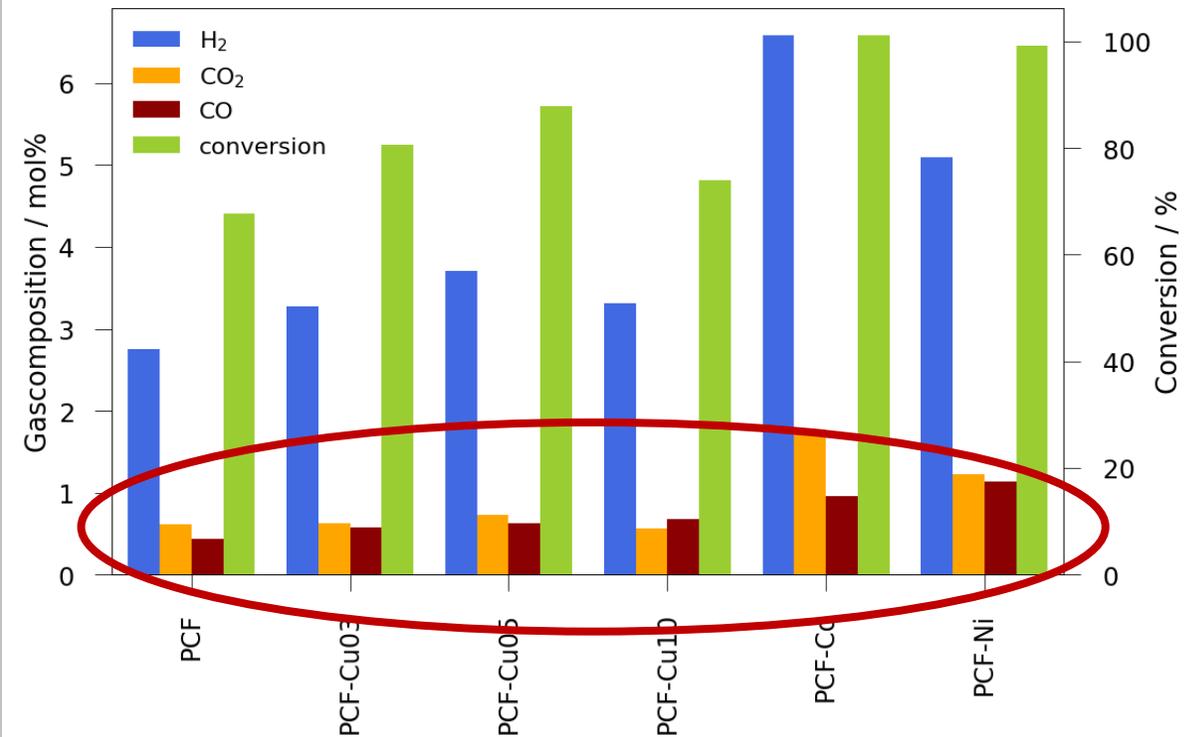
Katalytische Aktivität

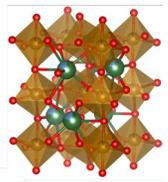


Comparison NCF-based Catalysts at 500°C



Comparison PCF-based Catalysts at 500°C





Katalytische Aktivität



✓ katalytische Aktivität

Hohe katalytische Aktivität für alle untersuchten Materialien

→ Besonders Cu-dotierte Materialien

✓ Selektivität

Nachweis von 100 % Selektivität unter 360°C für Cu-dotierte Materialien



Cu-dotierte Perowskitoxide vielversprechende Katalysatoren für Methanoldampfreformierung!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Ich freue mich auf Ihre Fragen

Martin Etter
Henrik Jeppesen



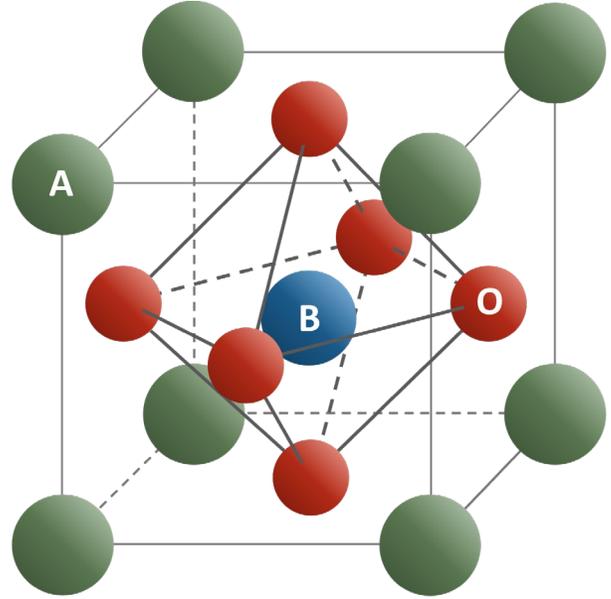
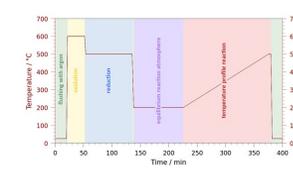
Klaudia Hradil
Werner Artner



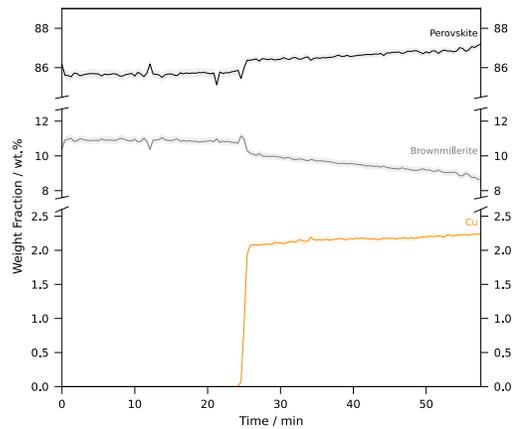
Starting Grant



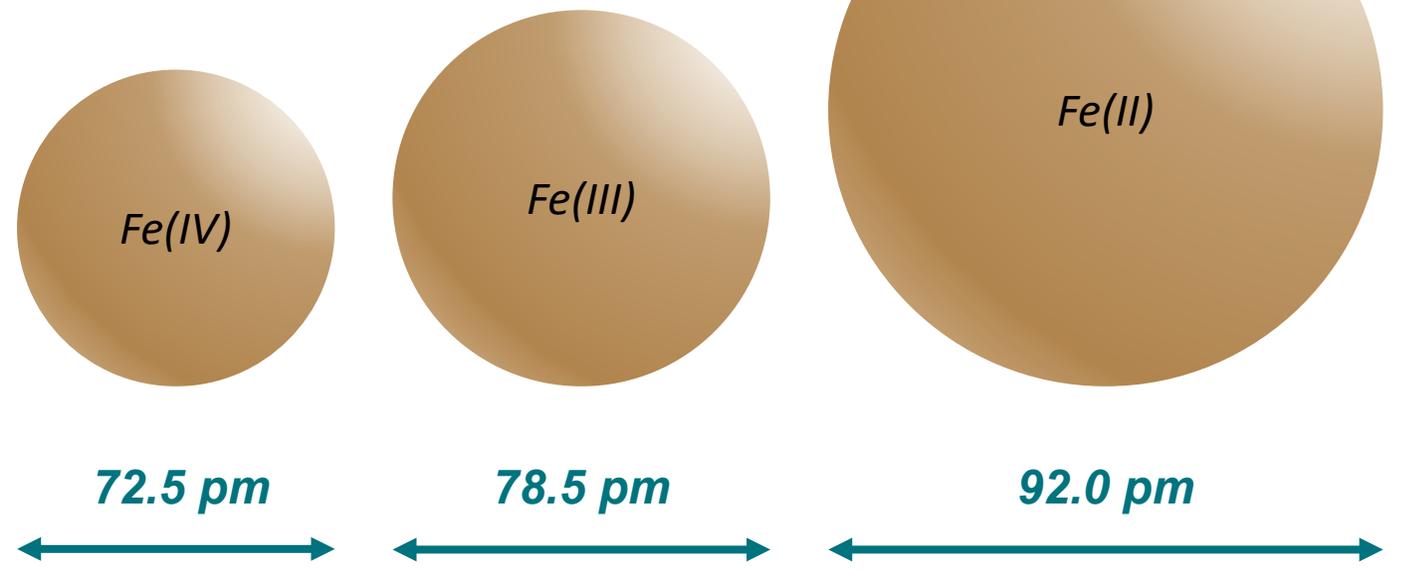
In-situ XRD Analysis - Reduction



NCF-Cu10 - Evolution of Phases



Ionic radii of Fe in different oxidation states:



Reductive Treatment (H_2 / H_2O)

Calibration

