



MeMO – Elektrochemische Metall-Metalloxid-Hochtemperaturspeicher für zentrale und dezentrale stationäre Anwendungen

Förderer	BMBF
Laufzeit	07/2012 – 06/2015
Beteiligte Institutionen	Forschungszentrum Jülich IEK-1, -2, -3, -9, -STE

Projektbeteiligte und Aufgaben

IEK-1	Speicherentwicklung und Herstellung; ggf. Zellentwicklung, Fügetechnik
IEK-2	Speichercharakterisierung Redox und Verdampfung
IEK-3	Stacktest
IEK-9	Einzelzelltest mit Speicherbauteilen, Elektrochemie Luft-/Brenngaselektrode
IEK-STE	Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit derartiger Systeme

Mitarbeiter

(Mai 2013)

IEK-1	N.H.Menzler, M.Bram, O.Tokariev, C.Berger, P.Orzessek
IEK-2	W.J.Quadakkers, T.Markus, L.Niewolak
IEK-3	L.Blum, Q.Fang, U.Packbier
IEK-9	B.de Haart, I.Keller, S.Yildiz, T.Brambach
IEK-STE	W.Fischer, J.Geske, C.Schumann



Wind-
energie



Solar-
energie

Regenerativ erzeugte
volatile Energie

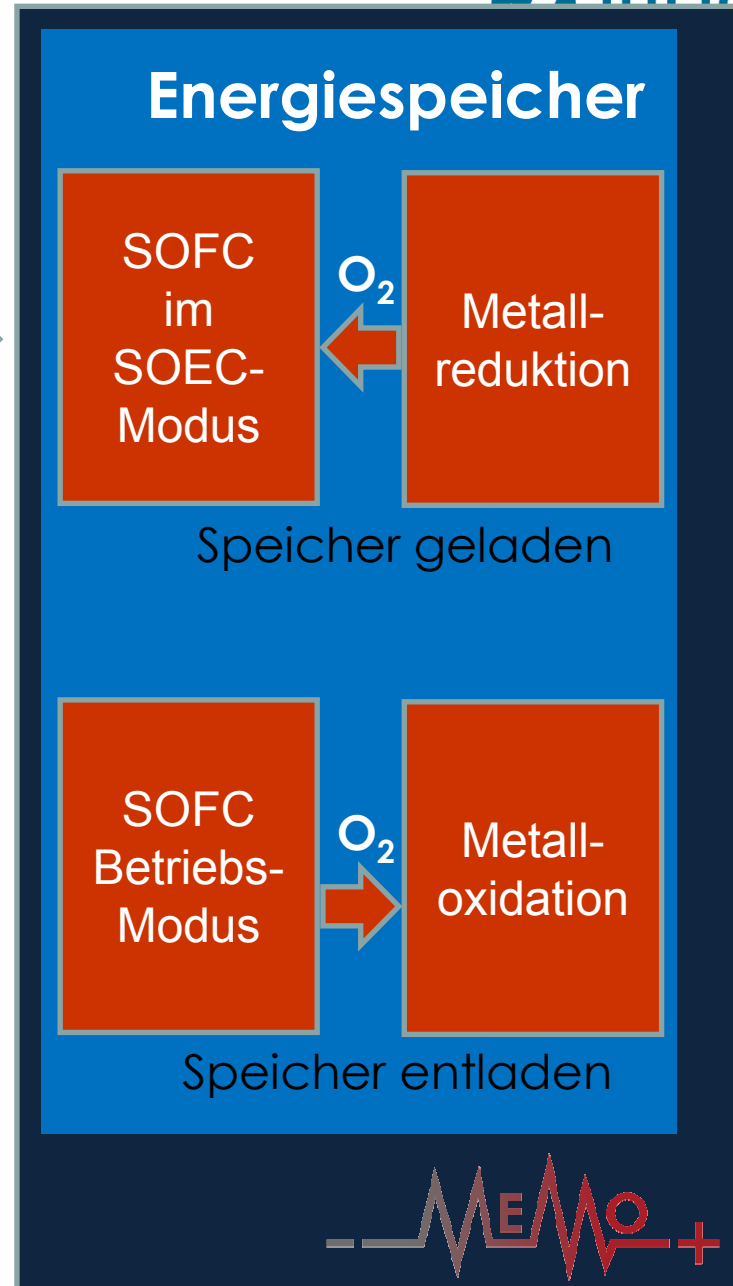


Privat-
haushalt



Industrie

Überschüssiger
Strom

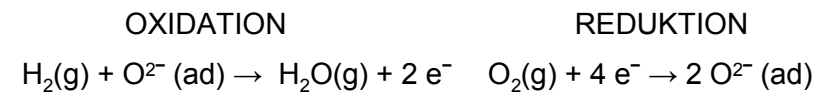
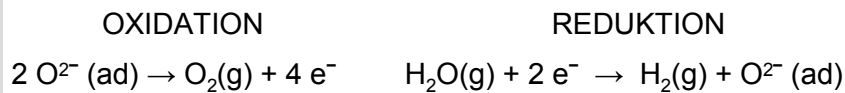
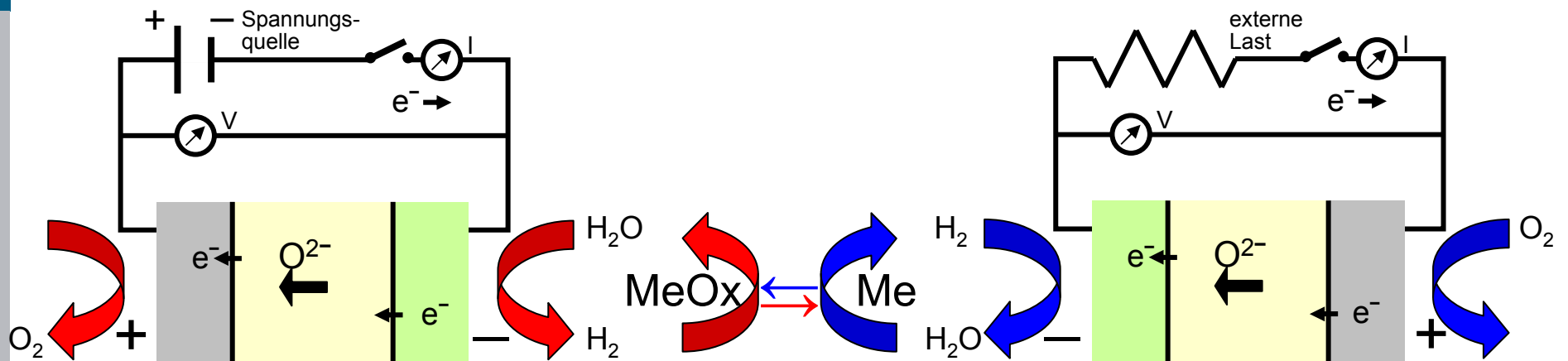
Rückverstromung



Hochtemperatur Metall – Metall-Oxid Batterie

LADEN (SOEC)
"Strom speichern"

ENTLADEN (SOFC)
"Strom liefern"

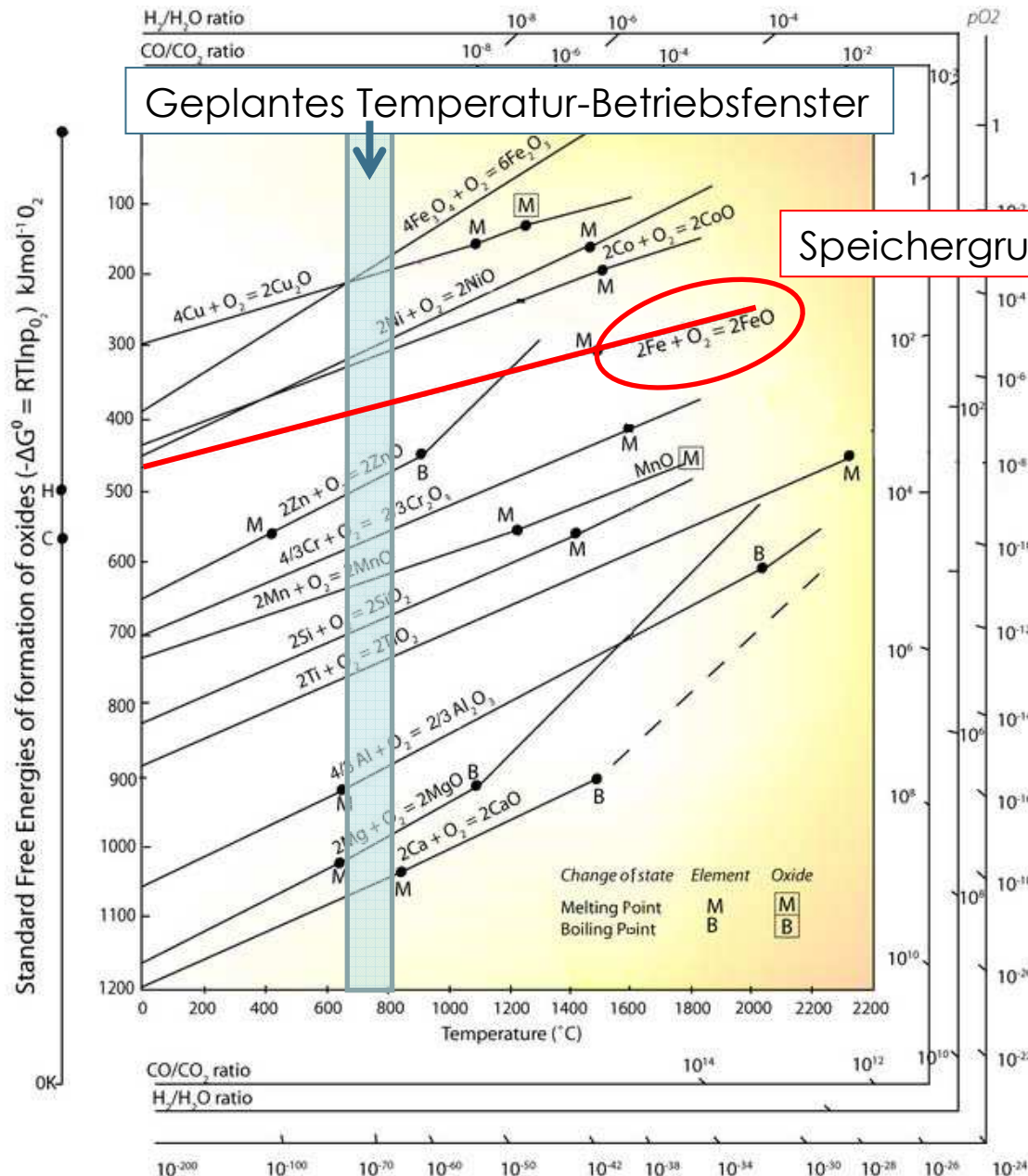


Sauerstoff- oder
Luftelektrode

Brenngaselektrode

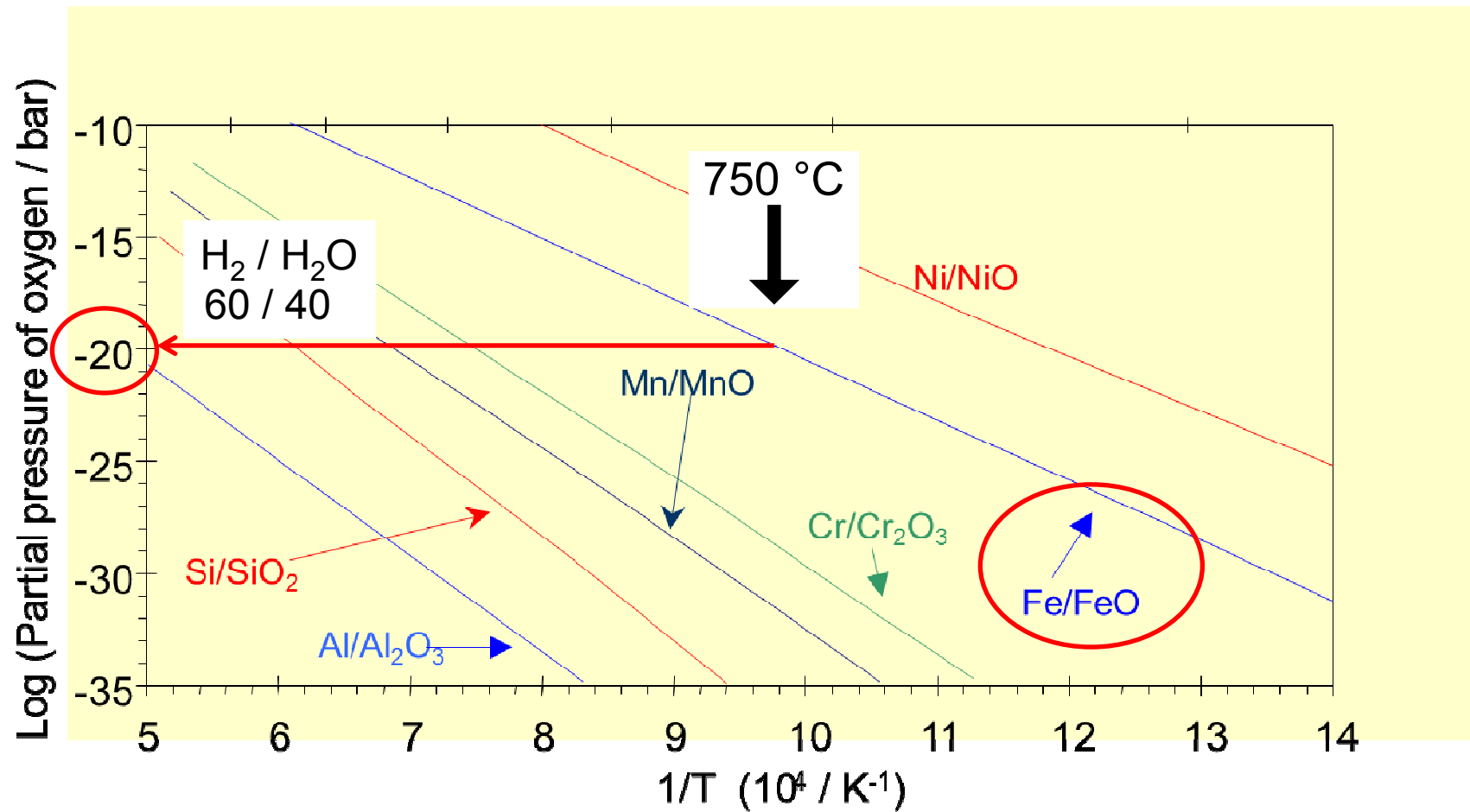
Sauerstoff- oder
Luftelektrode

Entwicklung eines geeigneten Speichermaterials

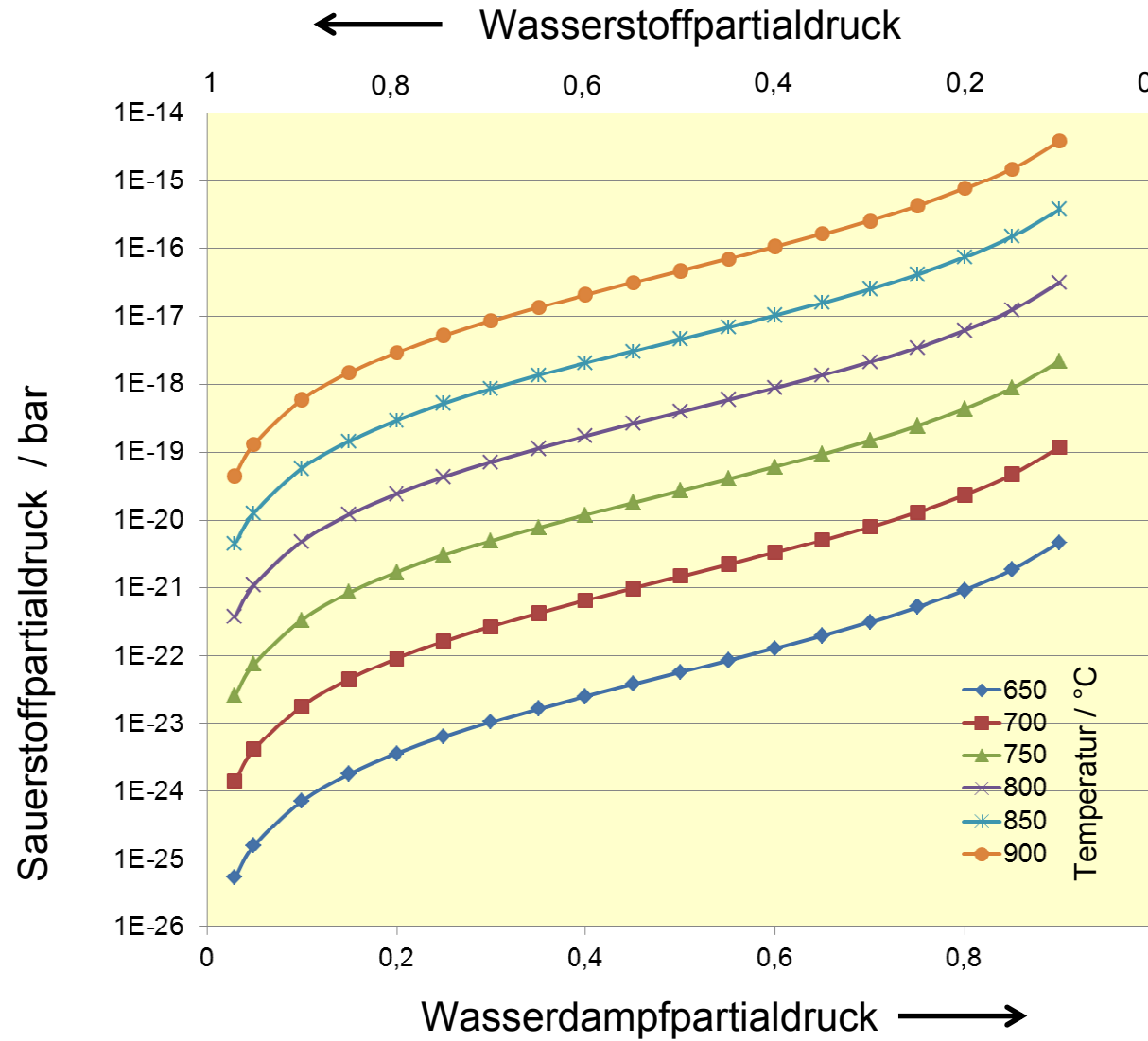


- Aufgaben:
- Herstellung einer geeigneten Speicherarchitektur (Chemie, Mikrostruktur...)
 - Speichercharakterisierung (Redox, Wechselwirkungen, Dauerhaltbarkeit...)
 - Zell- und Stacktests
 - Betriebscharakterisierung (Betriebsfenster, Leistung, Stabilität...)
 - Systemintegration
 - Wirtschaftlichkeit, Akzeptanz, Netzintegration

Mögliche Speichermaterialien



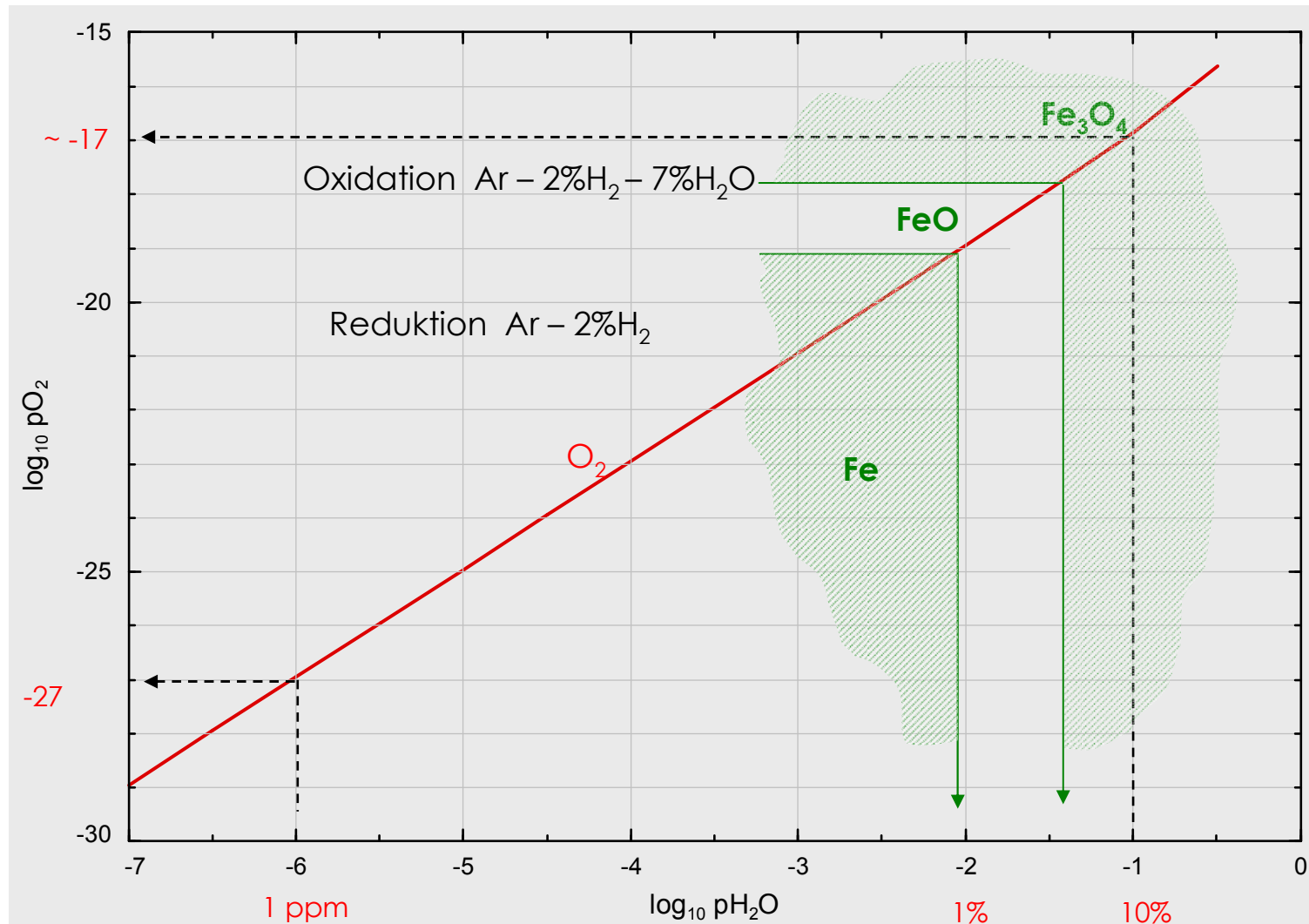
Betriebsfenster; Temperatur und p_{O_2}



Betriebsfenster; Temperatur und p_{O_2}

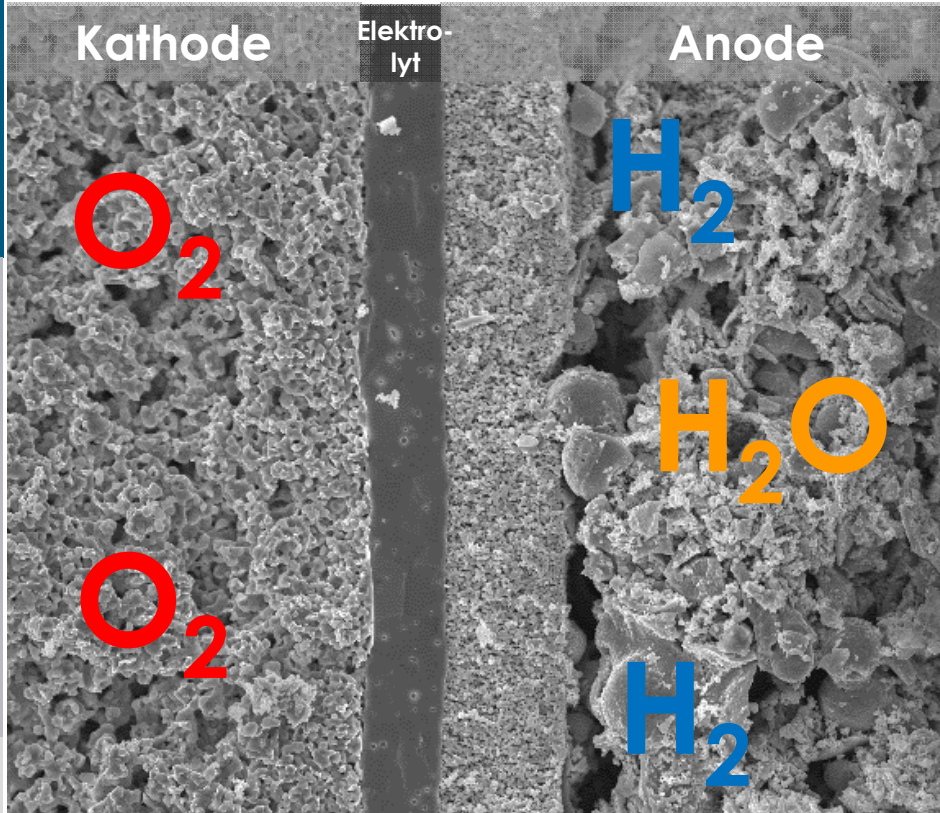
Experimentelle Bedingungen - Sauerstoffpartialdruck

(Temperatur 800°C ; Gase auf Basis $\text{Ar} - 2\%\text{H}_2 - X\%\text{H}_2\text{O}$)



Funktion

Brennstoffzelle

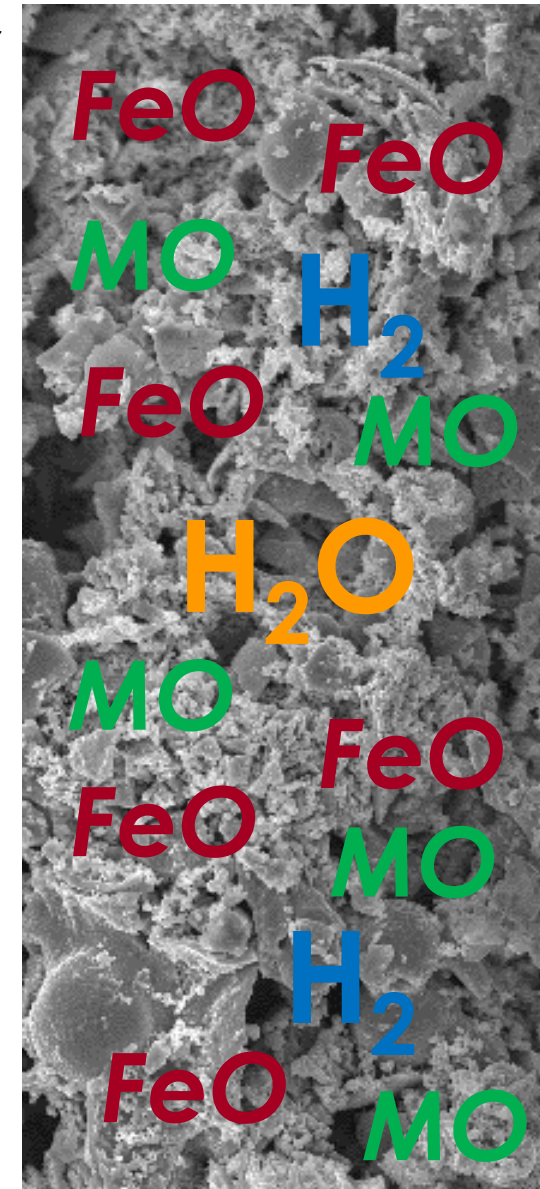


Ausgangszustand
-Speicher ist oxidiert
-SOFC auf offener Zellspannung

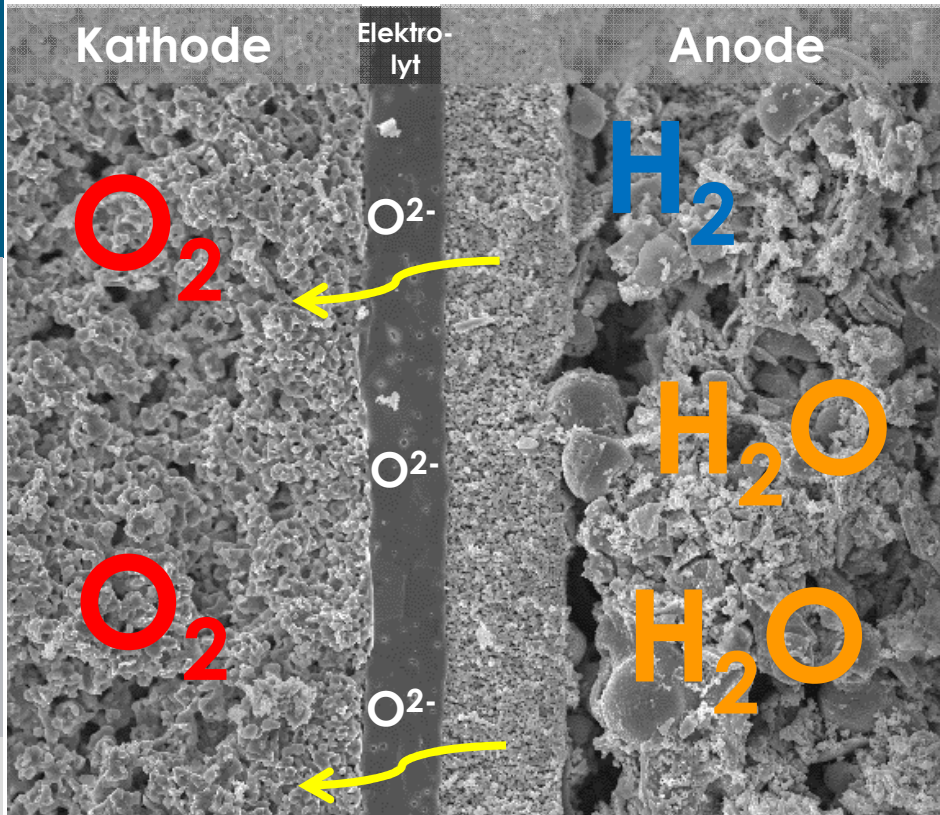
Speicher



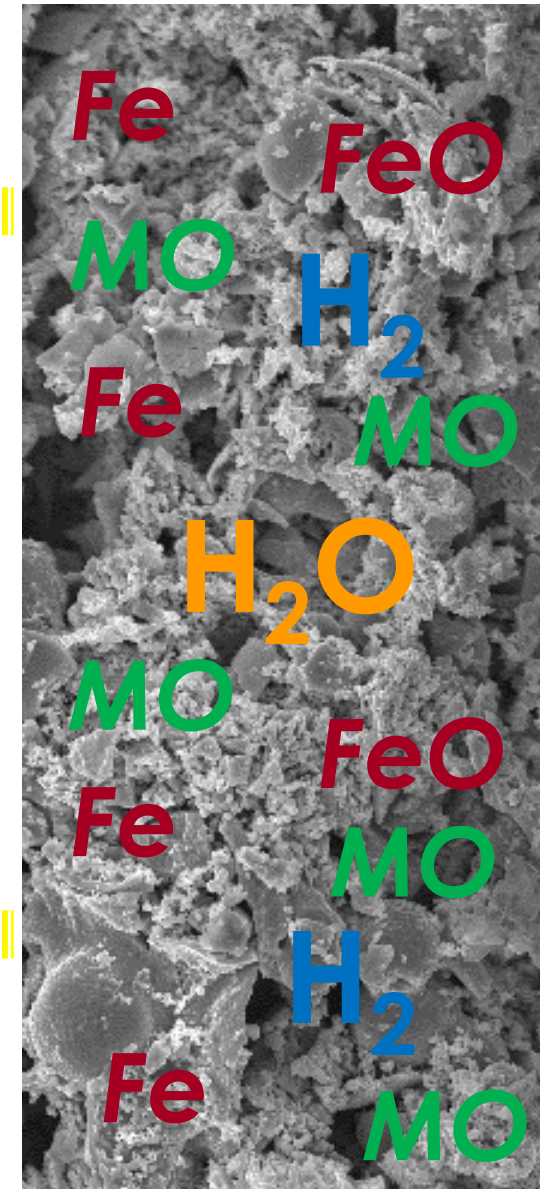
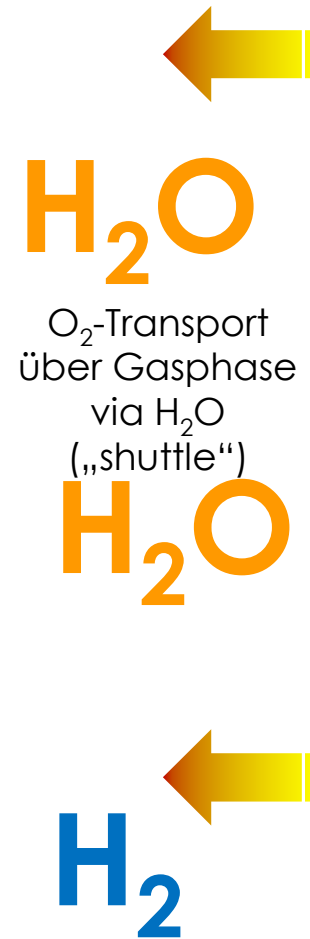
Gasraum



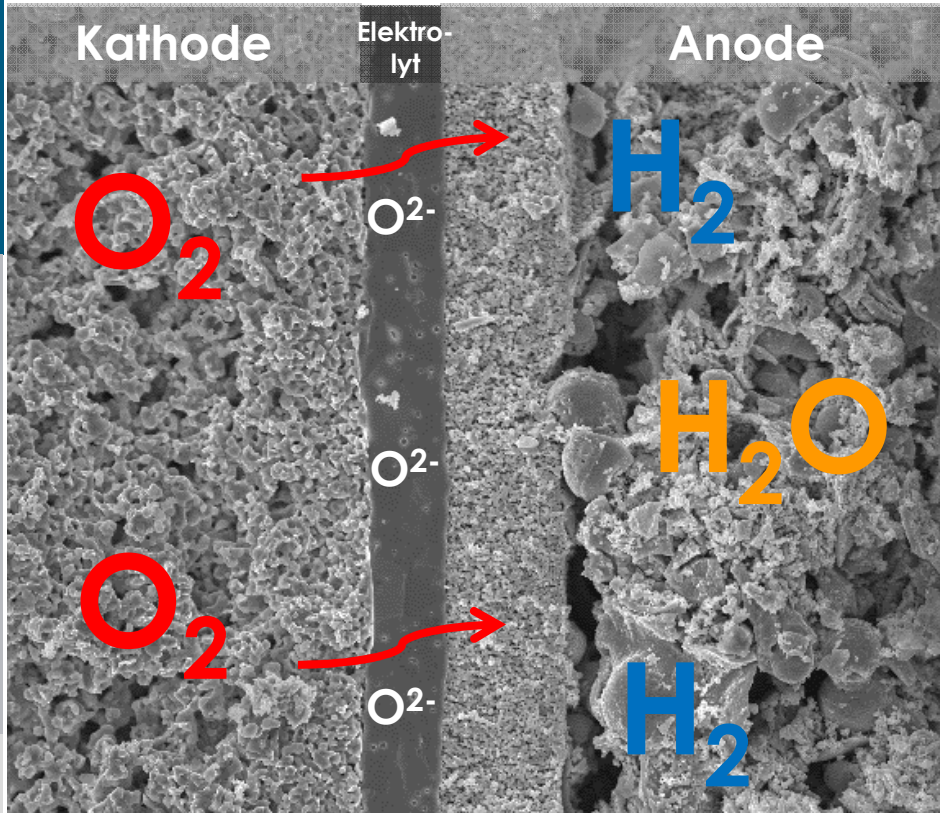
Funktion



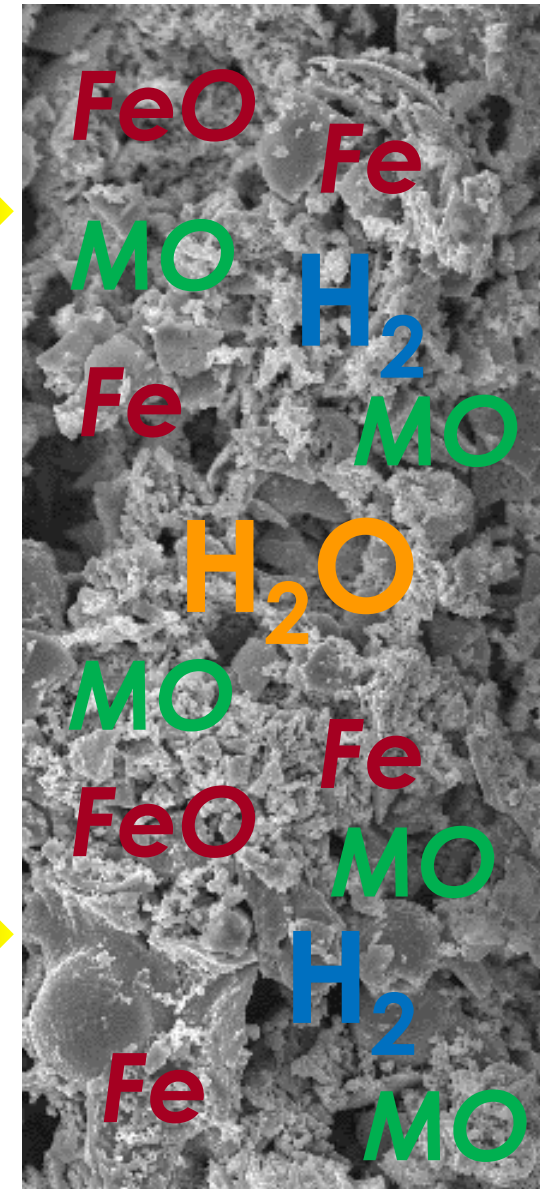
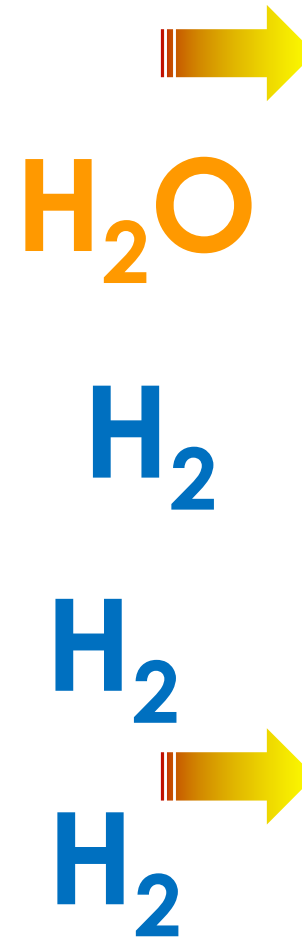
Überschüssige Elektrizität verfügbar
„Elektrolysemodus“
-Speicher wird reduziert
-SOFC transportiert O^{2-} gegen
Partialdruckgefälle (= SOEC)



Funktion



Höherer Elektrizitätsbedarf
„Brennstoffzellenmodus“
-Speicher wird oxidiert
-SOFC im „Normalbetrieb“



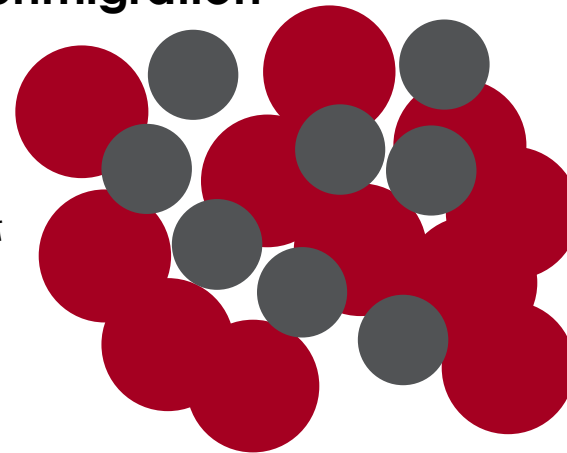
Speicherentwicklung

Modell der Eisenmigration

Ausgangszustand



Effekt 1:
Agglomeration
= Sintering effect



Effekt 2:
Schichtbildung
= Concentration effect



= Konzentrationseffekt



äußere Schicht

Gasraum



↑Fe↑
Beginnende Oxidation
des Partikelrandes

pO₂ hoch



Speicherinneres

Dokument X

pO₂ niedrig

IEK-1, IEK-2, IEK-3, IEK-9, IEK-STE

Manufacturing of oxygen storage

Fe_2O_3 Matrix oxide



Mixing, forming and sintering (air)

Non-reactive Reactive

FeO + matrix oxide

Mixed oxide „X“ (Fe-M-O)

Weg 3

Reduction (Ar - 2% H_2)

Fe + matrix oxide

Fe + mixed oxide „1“ (Fe-M-O)

Operation

Oxidation (Ar - 2% H_2 - 7% H_2O)

Storage as 1) Fe/FeO or 2) Fe/Fe-M-O

Reduction (Ar - 2% H_2)

Storage structures

$Fe_{rim} + Fe_{matrix} + matrix\ oxide$ ❌

$Fe_{matrix} + Fe-M-O „2“$ ✅

$Fe_{matrix, agglomerated} + matrix\ oxide$ ❌

$Fe_{matrix} + matrix\ oxide$ ✅