



TU Clausthal



EST
Forschungszentrum
Energiespeichertechnologien

Stack Revolution – Preisgünstige und skalierbare Systeme für die Wasserelektrolyse

**Dr.-Ing. Maik Becker,
Prof. Dr.-Ing. Thomas Turek**

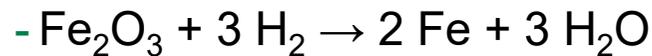
Forschungszentrum
Energiespeichertechnologien

Unternehmergespräch Energie
Goslar, 29. September 2022

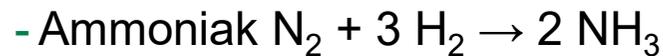


Wasserstoff im Energiesystem der Zukunft

■ Stahlerzeugung



■ Rohstoff für die **Chemische Industrie**



■ Speichermolekül

- Rückverstromung in Brennstoffzelle
oder Kraftwerk

■ Energieträger für die Mobilität

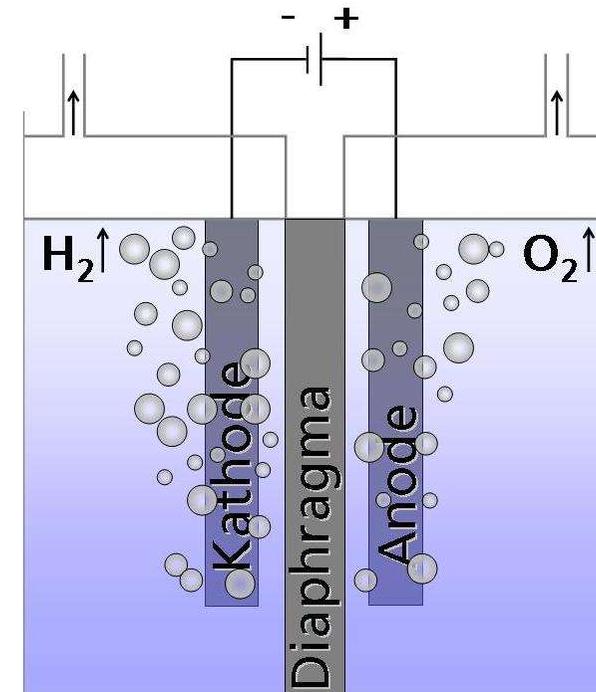
- Brennstoffzelle, synthetische Kraftstoffe
(**LKW, Züge, Schiffe, Flugzeuge**)



Grafik: DVGW

Grüner Wasserstoff durch Wasserelektrolyse

- Theoretischer Energiebedarf **40 kWh/kg**
- Wirkungsgrad Elektrolyse ca. **70% (57 kWh/kg)**
- Mit Strompreis von 5 ct/kWh: **2,85 €/kg**
- Verfügbare Elektrolysetechnologien
 - **Alkalische** (AEL), technisch verfügbar > 100 MW
 - **Polymerelektrolyt** (PEMEL), technisch verfügbar > 10 MW
 - **Hochtemperatur Festelektrolyt** (HTEL), in Entwicklung (100 kW)



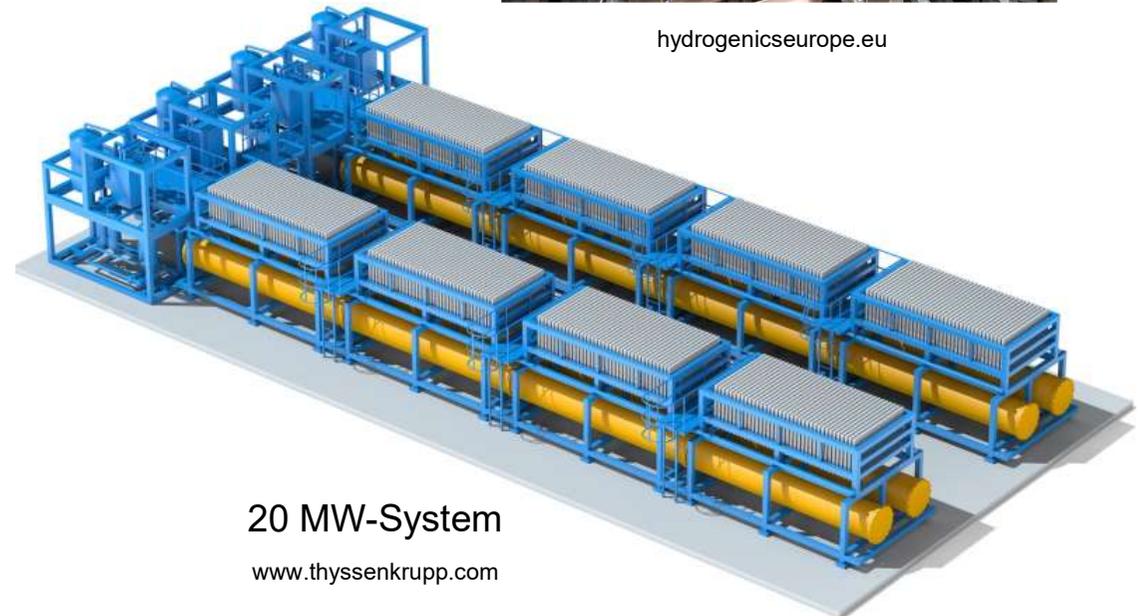
ifam.fraunhofer.de

Alkalische Wasserelektrolyse (AEL)

- Elektrolyt 30 - 40 Gew.% Kalilauge (KOH)
- Temperatur 40 - 90 °C, Druck 1 - 30 bar
- Preiswertere **Nickel**-basierte Elektroden verwendbar
- Trennung der Gase durch poröses „Diaphragma“ aus Polymeren
- Zellfläche bis 3 m², angeordnet in Stapeln („Stack“)
- Verschiedene industrielle Anbieter



hydrogeniceurope.eu



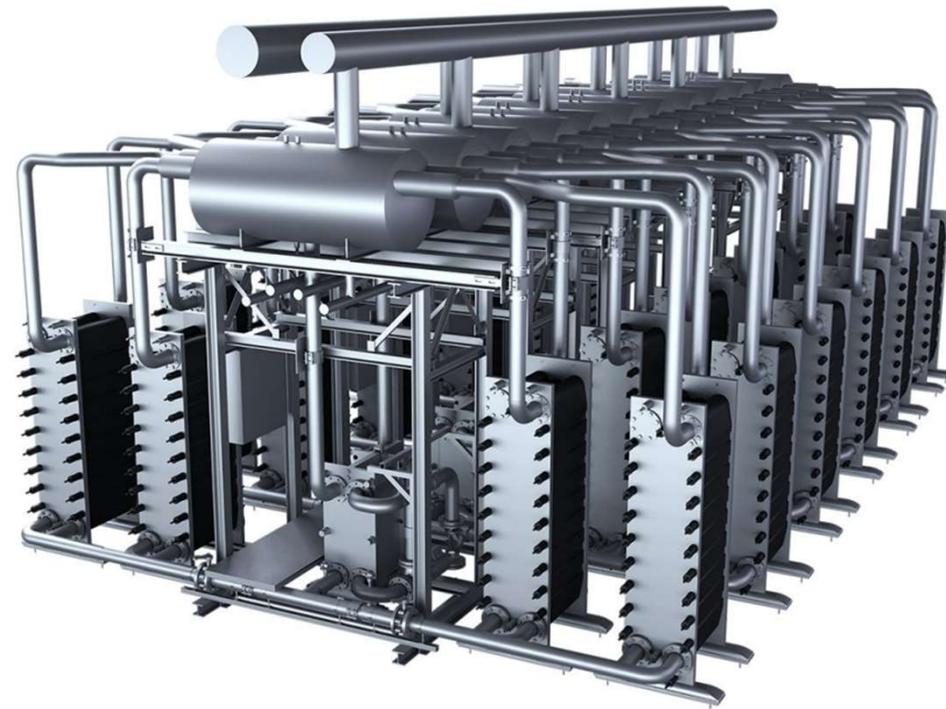
20 MW-System

www.thyssenkrupp.com

PEM-Wasserelektrolyse (PEMEL)

>10 MW-System

- Protonenleitender fester Polymerelektrolyt (Nafion)
- Betrieb mit reinem Wasser
- $T = 50 - 80 \text{ }^\circ\text{C}$, $p = 1 - >50 \text{ bar}$
- **Platin-** und **Iridium-**basierte Elektroden
- Kathode $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2$
- Anode $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+$
- Zellfläche $< 1 \text{ m}^2$, angeordnet in Stapel („Stack“)
- Verschiedene industrielle Anbieter



www.siemens.com

Hochtemperatur-Elektrolyse (HTEL)

- Sauerstoffionenleitende Membran als Elektrolyt
- Betrieb mit Wasserdampf
- $T = 700 - 1000 \text{ °C}$, $p = 1 - 30 \text{ bar}$
- **Nickel**-basierte Elektroden
- Kathode $2 \text{ H}_2\text{O} + 4 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ H}_2 + 2 \text{ O}^{2-}$
- Anode $2 \text{ O}^{2-} \rightarrow \text{ O}_2 + 4 \text{ e}^-$
- Reversibel betreibbar (Rückverstromung)
- Verschiedene Anbieter, u.a. Sunfire

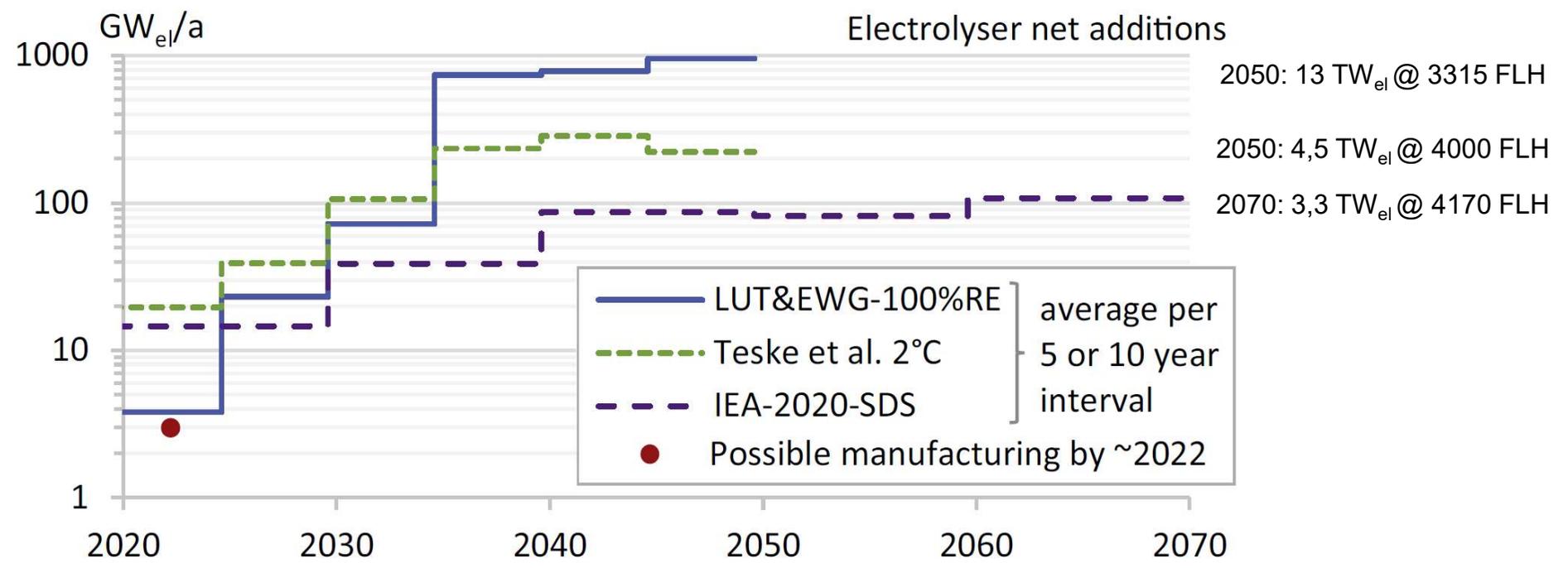
225 kW-System



www.sunfire.de



Riesige Marktchancen für Wasserelektrolyse



Electrochemical Power Sources (2022) 1, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819424-9.00008-2>



H₂Giga: Verbundprojekt StaR – Stack Revolution



Grafik: Projektträger Jülich im Auftrag des BMBF, www.wasserstoff-leitprojekte.de

H₂ Giga

- grüne Wasserstofftechnologien
- Bau leistungsfähiger Elektrolyseure
- Industrielle Großserienfertigung
- Niedrige Produktions- und Betriebskosten
- ~ 700 Mio. €, 48 Monate Laufzeit

Verbundprojekt StaR → 5 Mio. € für TUC

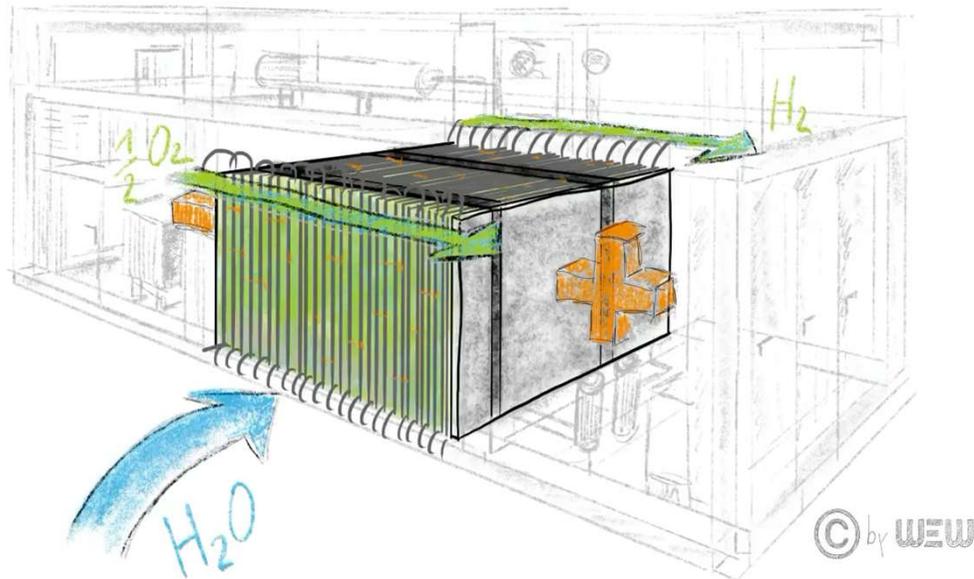
- Reduktion der **Herstellungskosten**
- Produktionsoptimiertes **neues Stackdesign**
- Produktionskonzept für **GigaWatt Maßstab**



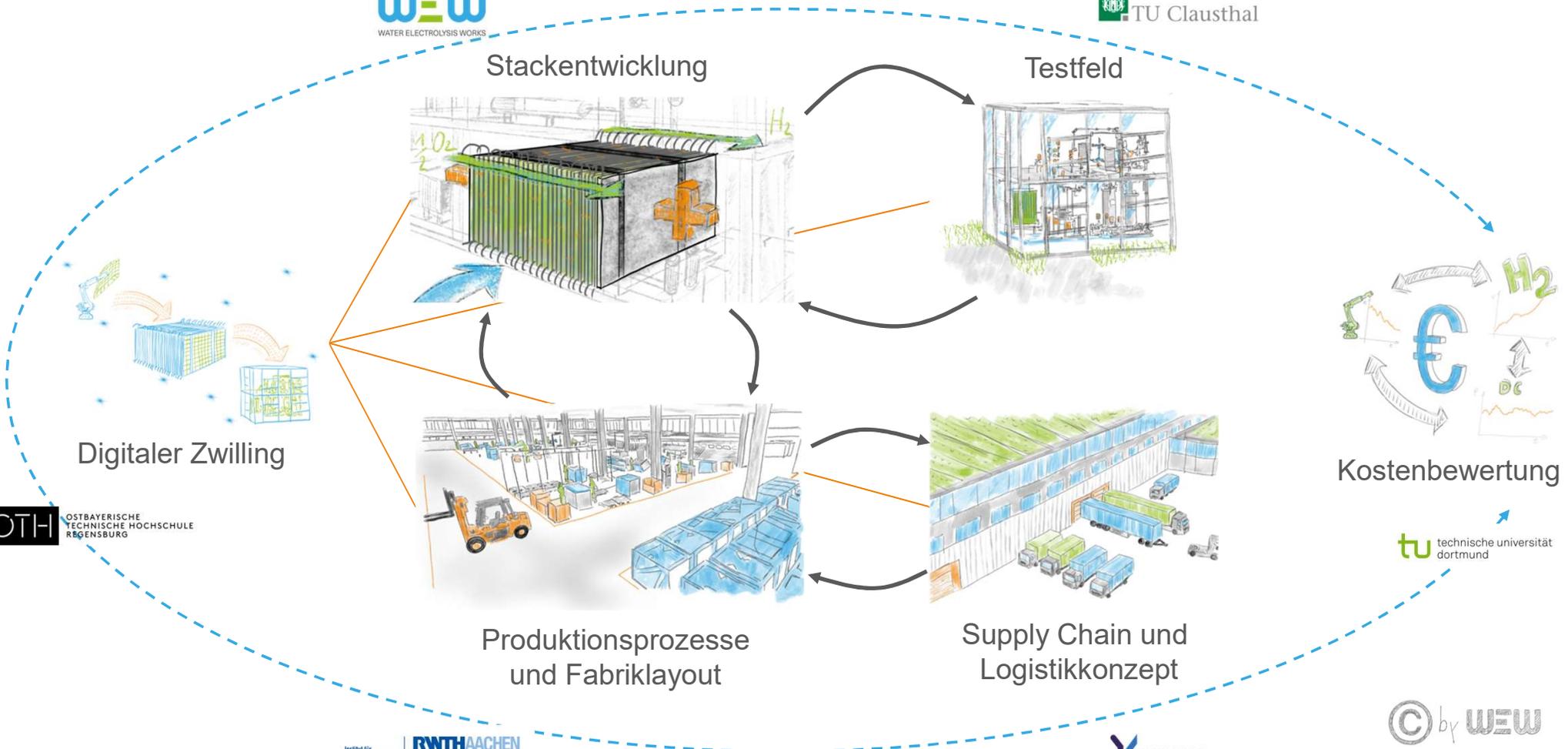
WATER ELECTROLYSIS WORKS



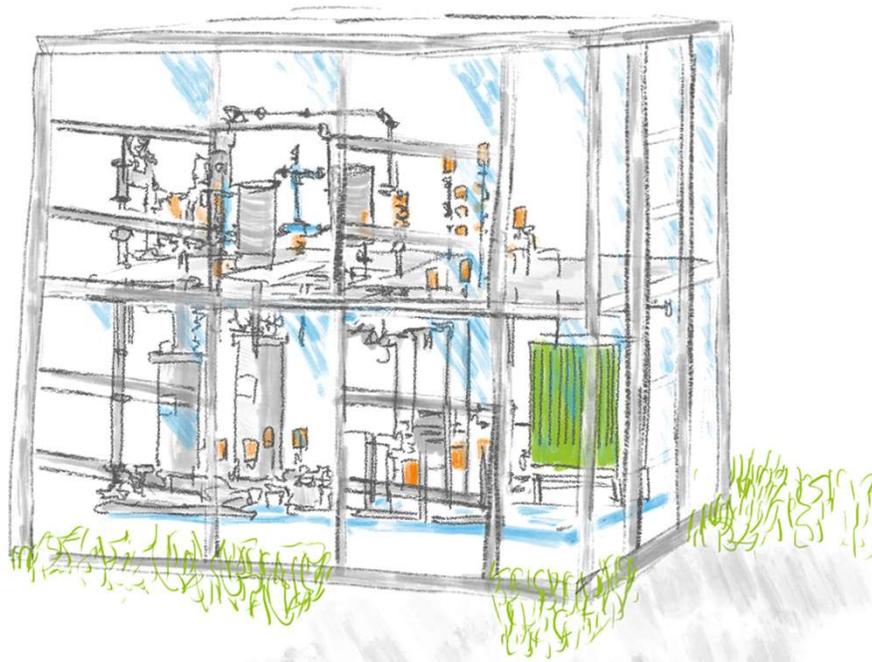
Radikal neues Stackkonzept der WEW GmbH



- Projektleiter:innen:
Dr. Wiebke Lüke und Dr. Gregor Polcyn
- Ziele und Aufgaben:
Gesamtkoordination, produktionsorientierte Stack-Entwicklung, Aufbau von Stacks, Fabrikstrukturplanung und Produktion, Kostenbewertung
- Expertise:
Stackdesign, Produktion von Elektrolyseuren, Projektkoordination, Wasserstoffmarkt



Wasserelektrolysetestfeld an der TU Clausthal / am EST



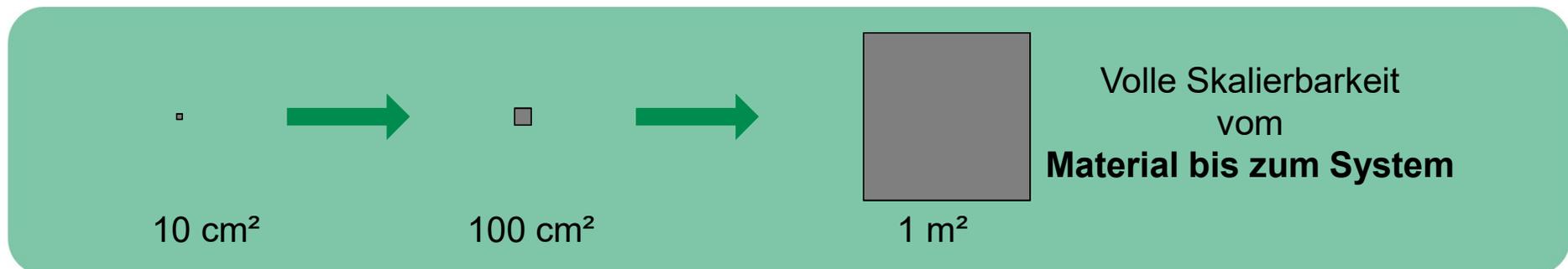
- Projektleiter:
Prof. Dr.-Ing. Thomas Turek
und Dr.-Ing. Maik Becker
- Ziele und Aufgaben:
Materialcharakterisierung, Aufbau von Zell-
und Stackmodellen, Bewertung
unterschiedlicher Zelldesigns, Konzepte zur
Vermeidung von Streuströmen
- Expertise:
Physikalische und elektrochemische
Charakterisierung funktionaler Materialien,
Betrieb von Testanlagen für Short Stacks

Wasserelektrolysetestfeld am EST

- Laborbereich (noch im Aufbau)
 - Materialcharakterisierung
 - Vollzelltests
 - Streustromuntersuchungen
 - Korrosionstests
 - Alterungstests

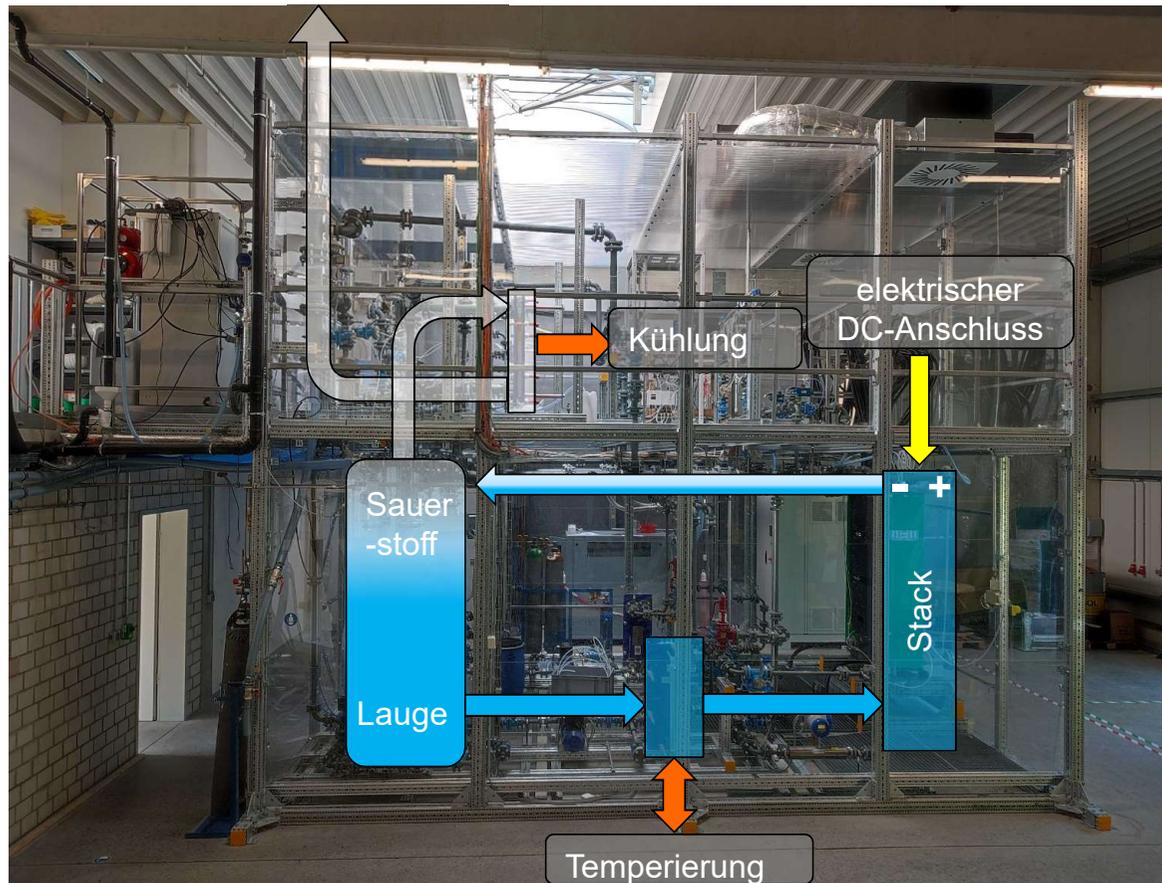


- 150 kW Testfeld
 - 0 bis 4000 A
 - 20 bis 90 °C (120°C)
 - bis 500 mbar
 - 3 kg H₂ pro h

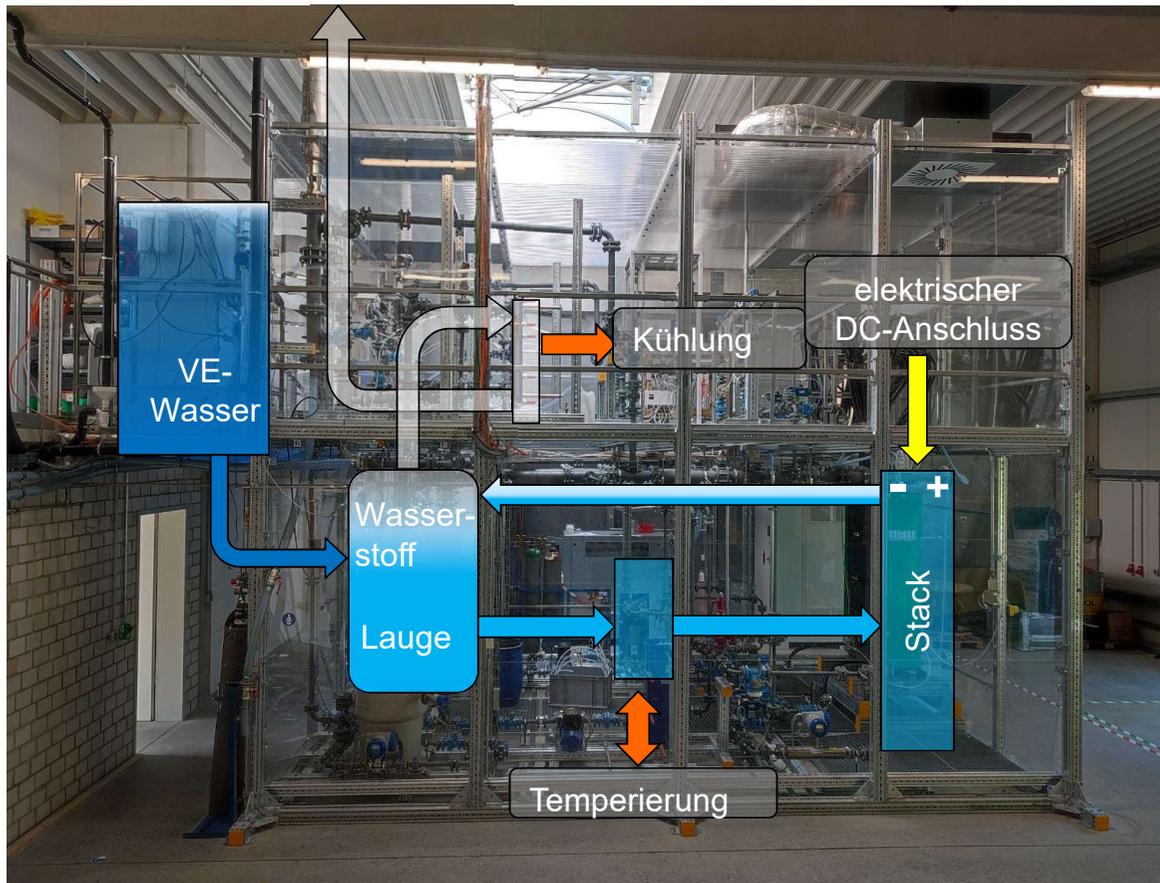




Grundaufbau des 150 kW Wasserelektrolysetestfelds



Grundaufbau des 150 kW Wasserelektrolysetestfelds

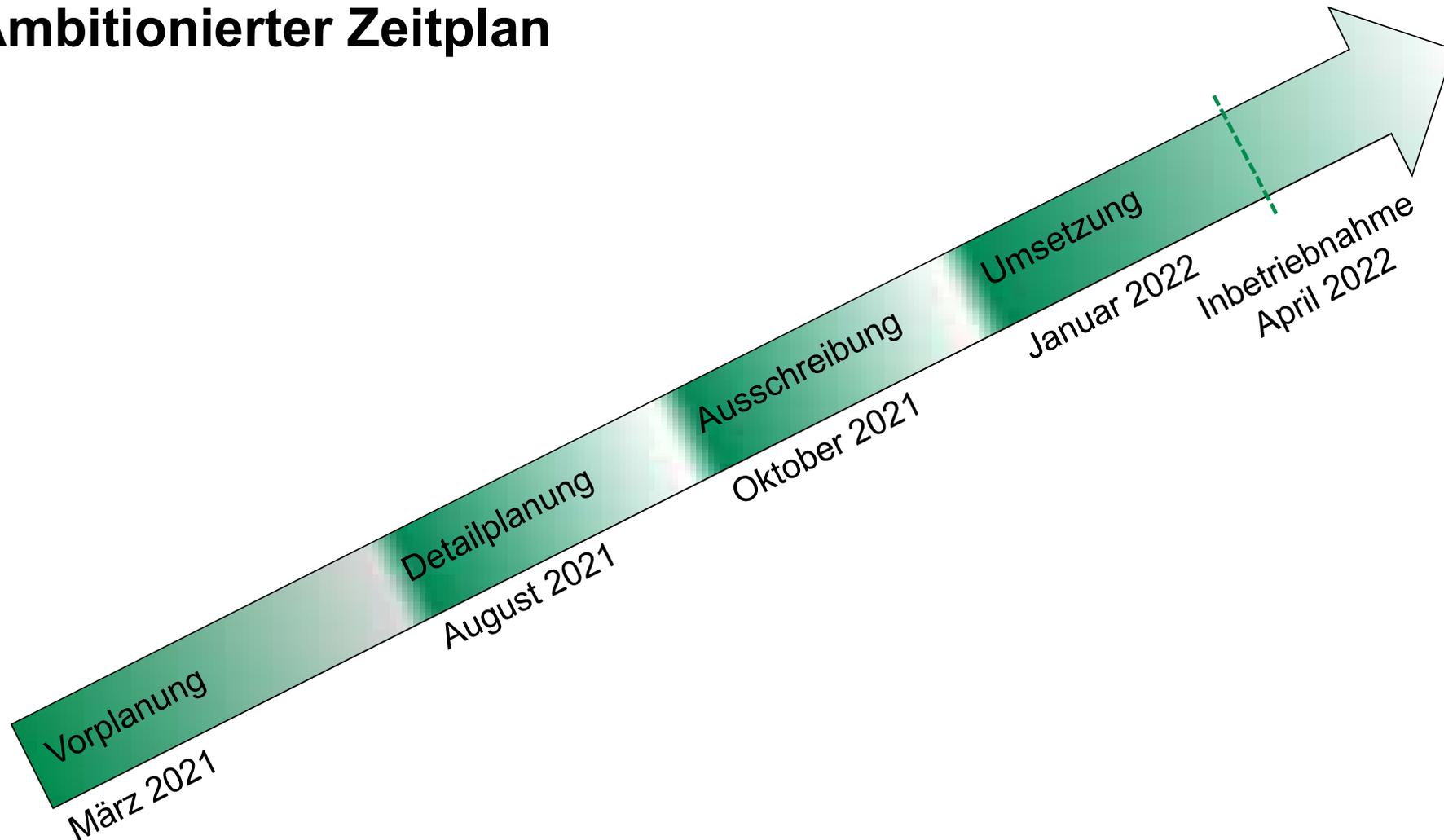


- Erforderliche Infrastruktur
 - Bodenerneuerung & Betonarbeiten
 - Aufbau Laborbereich & Leitwarte
 - Anpassung der Fassade
 - Lüftungs- & Wärmetechnik
 - Anpassung der Elektrik
 - Wasserversorgung
 - Prozesskühlung über Kaltwassersatz

→ Zusammenarbeit mit SBSN seit Ende März 2021



Ambitionierter Zeitplan





TU Clausthal

Ambitionierter Zeitplan



EST
Forschungszentrum
Energiespeichertechnologien



Vorplanung
März 2021



Stärkung des Standorts & der niedersächsischen Forschung



- Testfelder für herstellerunabhängige Stacks*
 - EST: alkalische Elektrolyse, 150 kW, 0.5 bar, 90 °C (120°C)
 - ZSW: alkalische Druckelektrolyse bis 100 kW, 16 bar, 80 °C
 - ZBT: PEM Elektrolyse, 40 kW, 16 bar
 - FhG IEE: in Planung, alkalische Elektrolyse, >100 kW

→ Stärkung der H₂-Forschung des Standorts & der TU Clausthal

→ Vorteilhaft für Niedersachsen durch EFZN-Verbund

* Liste noch nicht abschließend, herstellergebundene Testfelder ausgenommen

Wasserstoff in Niedersachsen

- Niedersachsen hat die erneuerbaren Energien (Wind on- und offshore, Solar) für die Wasserstoffproduktion!
- Unterirdische Speicherformationen für die preisgünstige Speicherung großer Wasserstoffmengen verfügbar
- Stahlindustrie plant Umstellung auf Wasserstoff
- Starke Forschungslandschaft zur Weiterentwicklung von Materialien und Konzepten
- **5 „Innovationslabore“ für Wasserstoff-technologien werden mit insgesamt 10 Mio. Euro gefördert**



Erneuerbare Energien (2020)

- Aktueller Strombedarf ca. **56 GW**
- Installierte Windkapazität ca. **60 GW_{Peak}** →
Dauerleistung **15 GW**
- Installierte PV-Kapazität ca. **54 GW_{Peak}** →
Dauerleistung **6 GW**
- Alle Erneuerbaren in Summe →
Dauerleistung **28 GW**
- Zubau Erneuerbarer Energien größte
Herausforderung, extrem verstärkt durch
Ukraine-Krise

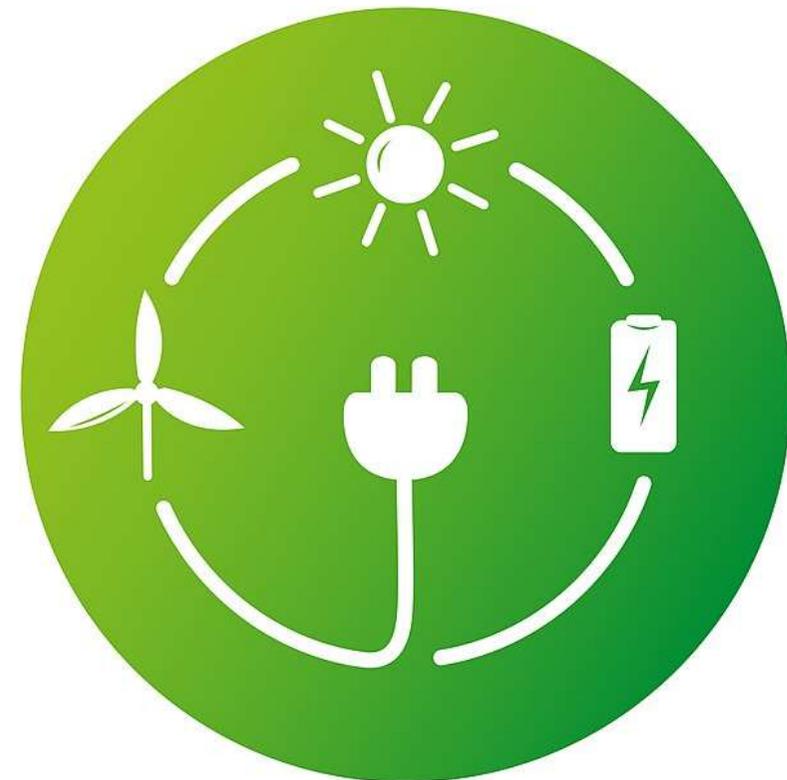


Bild: Melanie Maecker-Tursun, Wikimedia Commons



Zusammenfassung und Ausblick

- Wasserstoff ist als **Energieträger** und **Speichermolekül** unverzichtbarer Baustein der Energiewende
- Wasserelektrolyse kann **grünen Wasserstoff** ohne CO₂-Emissionen produzieren
- Energiebedarf und Kosten für Wasserelektrolyse sind hoch
- Herausforderungen
 - **Kostenreduktion** und Effizienzsteigerung
 - Ausbau der **Erneuerbaren Energien** vorantreiben → **Akzeptanz** verbessern
 - **Import** von Wasserstoff vorbereiten



Bild: EST TU Clausthal

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

