



Energetischer, ökonomischer und ökologischer Vergleich verschiedener Pfade zur Herstellung von Wasserstoff aus Biomasse und anderen regenerativen Quellen

21. Fachtagung: Nutzung nachwachsender Rohstoffe – Bioökonomik 3.0

Andreas Herrmann¹, Holger Jorschick², Manja Tschöpe¹, Corina Dorn¹, Florian Rau¹, Hartmut Krause¹

¹TU Bergakademie Freiberg

² Forschungszentrum Jülich GmbH, Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg

Dresden, den 18.03.2016

- 1 Einleitung
- 2 Verfahrensüberblick
- 3 Bewertung ausgewählter Prozessketten
 - 3.1 Energetische Bewertung
 - 3.2 Ökonomische Bewertung
 - 3.3 Ökologische Bewertung
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

1 Einleitung

Wasserstoff – Energieträger der Zukunft

- Potential von Wasserstoff
 - Senkung von Emissionen im Mobilitätssektor
 - Speichermedium für fluktuierende regenerative Energiequellen
 - Unabhängigkeit von Importen und Weltmarktpreisen fossiler Energieträger
- Ziele der Bundesregierung bis 2025
 - Förderprogramme
 - **500 H₂-Tankstellen, 500.000 H₂-Fahrzeuge und 2.000 H₂-Busse** ^[1]
 - 500.000 Brennstoffzellen-Heizgeräte
 - 1.500 MW elektrische Elektrolyseleistung aus regenerativen Energiequellen

Anstieg des dezentralen Wasserstoffbedarfs (20 – 500 m³/h) ^[2]

0,9 74,2 Mrd. m³/a
(2020) (2050)



^[1] Jahresbericht 2013, Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, 2014

^[2] Woher kommt der Wasserstoff in Deutschland bis 2050?, BMVBS, NOW, 2009

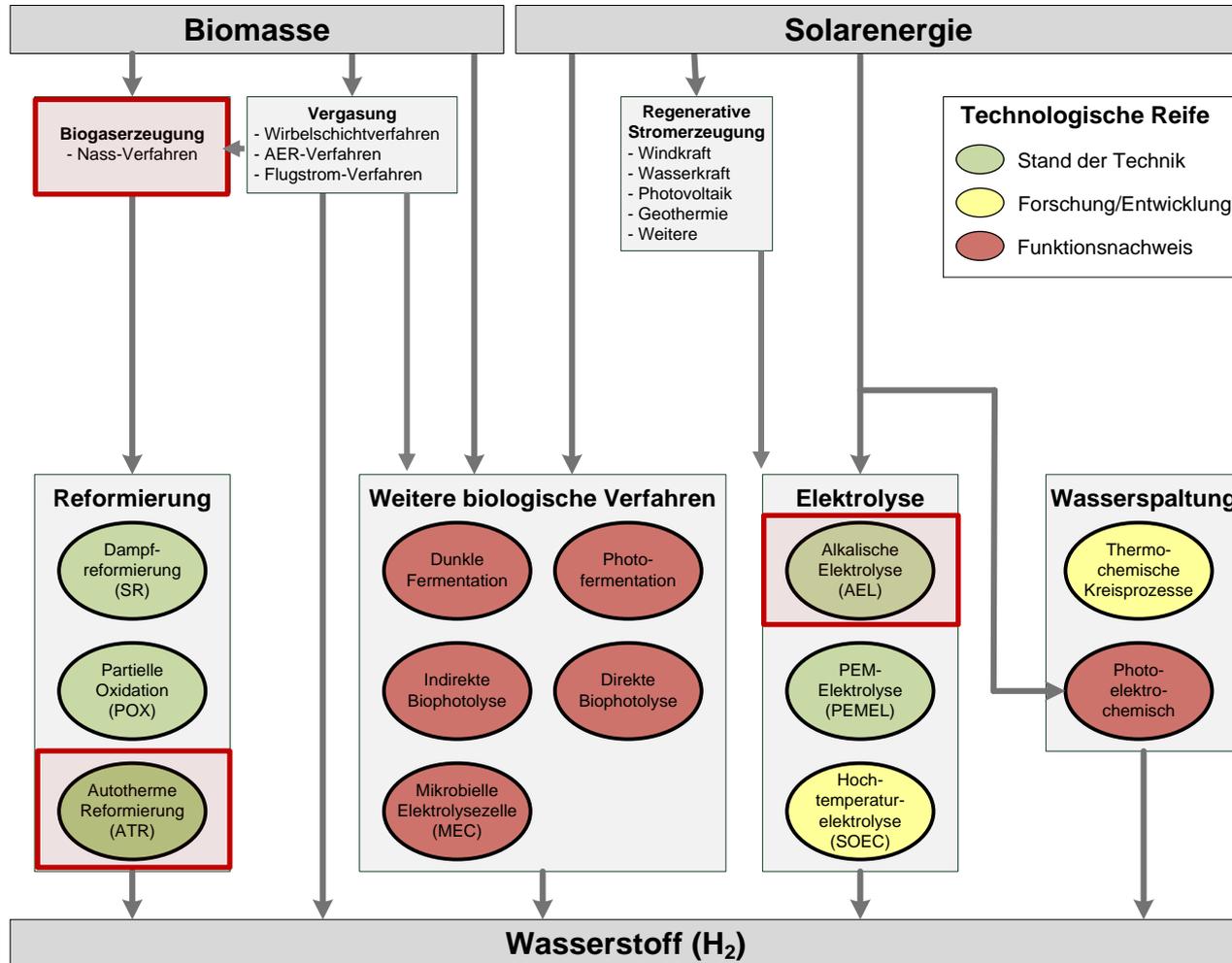
1 Einleitung

Industrielle Anwendungen

- Schutzgasanwendung in Elektroindustrie & Ofentechnik
 - Unterbindung von Oxidationsprozessen
 - Beschleunigte Wärmeübertragung bei Haubenglühanlagen
- Halbleiterindustrie
 - Transportgas für Diffusionsprozesse
 - Reaktionsgas zur Erzeugung von Wasserdampf
- Schweißen
- Lebensmittelindustrie
 - Herstellung von Ölen und Margarine
 - Verpackungs- und Schutzgas
- Wasserstoff-Tankstellen

2 Verfahrensüberblick

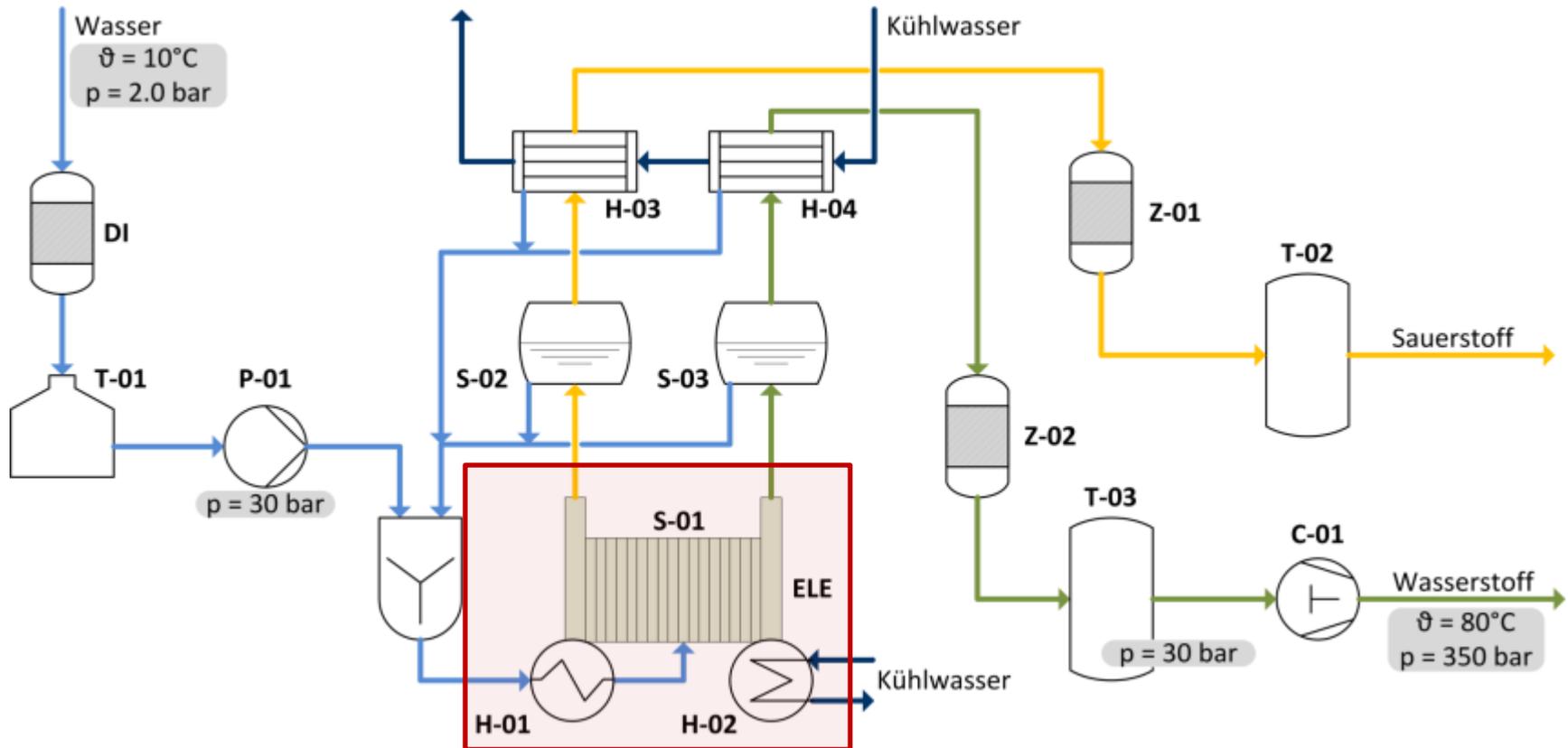
Verfahren zur Herstellung von grünem Wasserstoff



Technologien zur Herstellung von Wasserstoff (Prinzipdarstellung)

3.1 Energetische Bewertung

Elektrochemische Wasserspaltung mittels alkalischer Druckelektrolyse

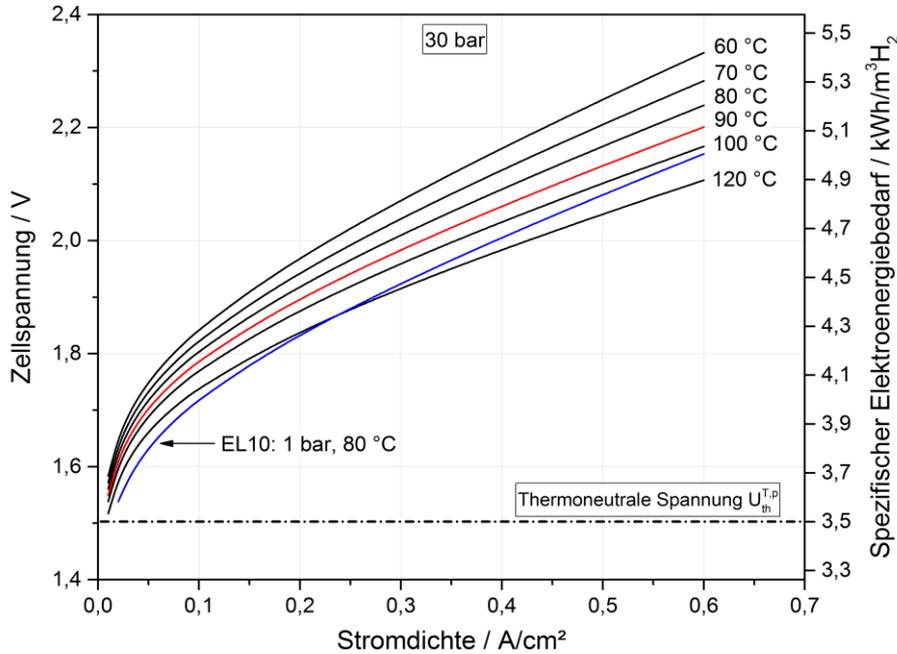


Schematisches Prozessfließbild der elektrochemischen Wasserspaltung mittels alkalischer Druckelektrolyse (eigene Darstellung)

3.1 Energetische Bewertung

Elektrochemische Wasserspaltung mittels alkalischer Druckelektrolyse

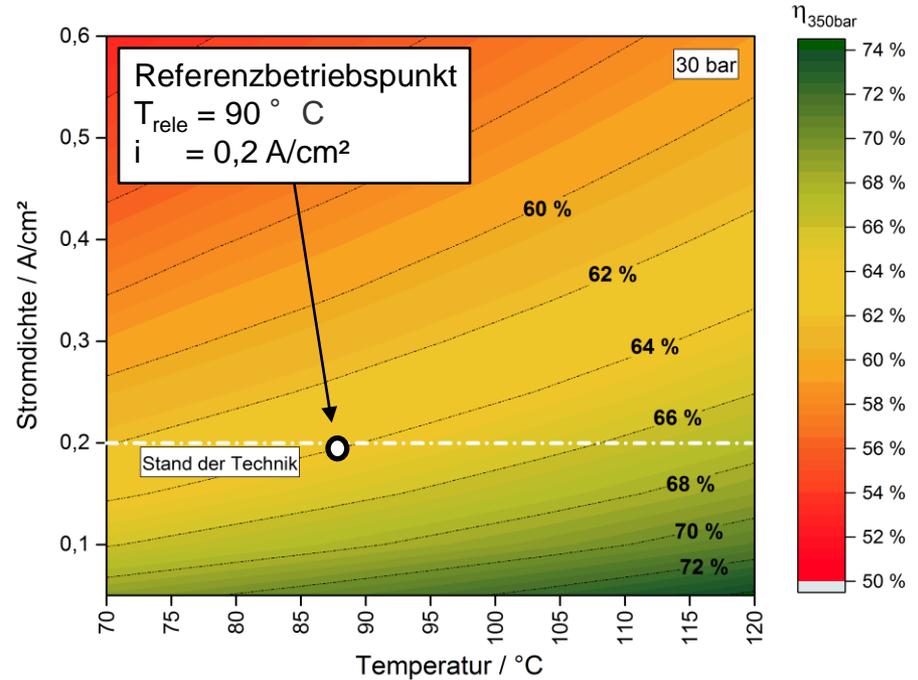
U-I-Kennlinie des Elektrolyseurs



Elektroenergiebedarf

Gesamtwirkungsgrad

Gesamtwirkungsgrad der Anlage (30 bar)



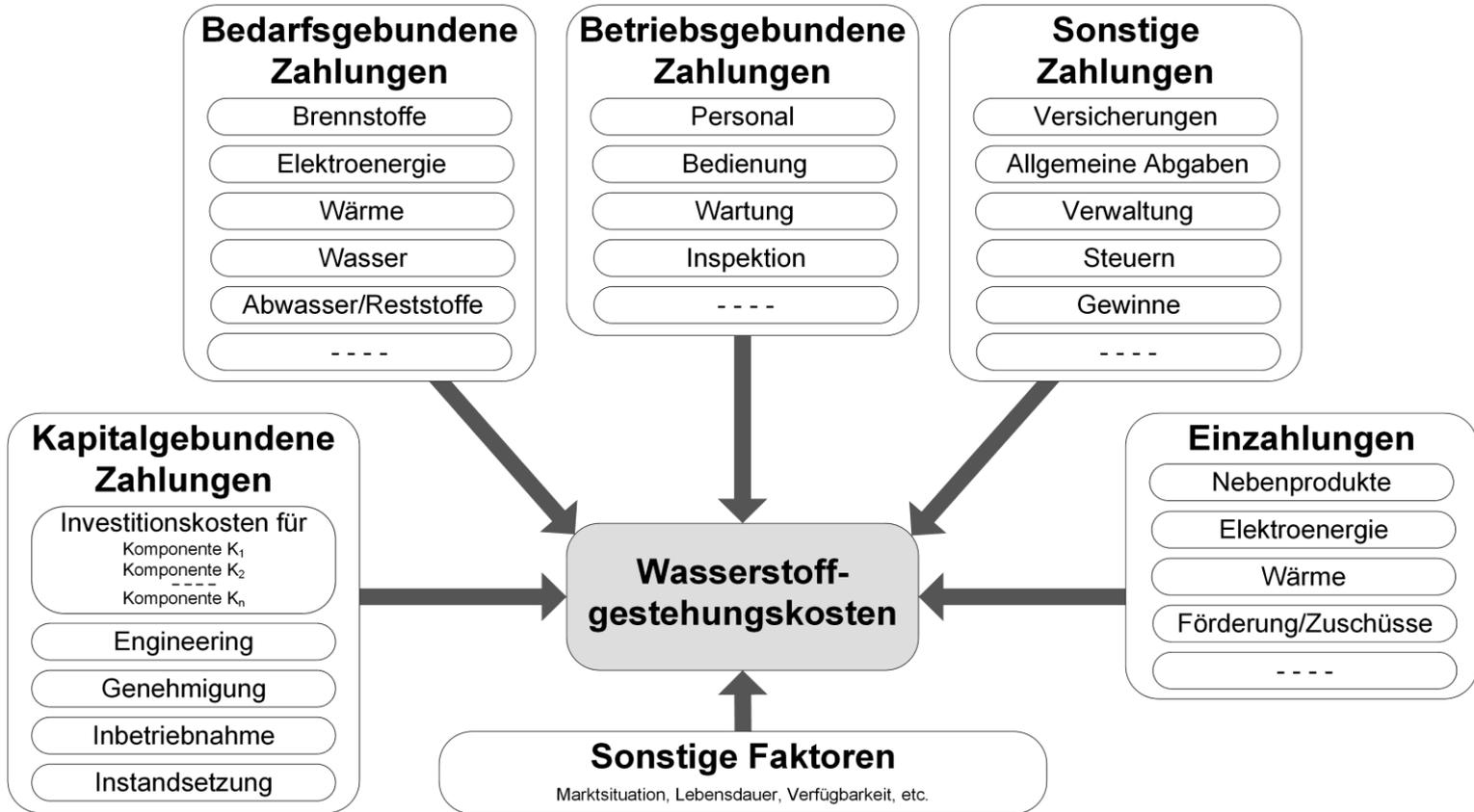
469,17 kW_{el}

64,0 %

(60,3 % bei 1 bar)

3.2 Ökonomische Bewertung

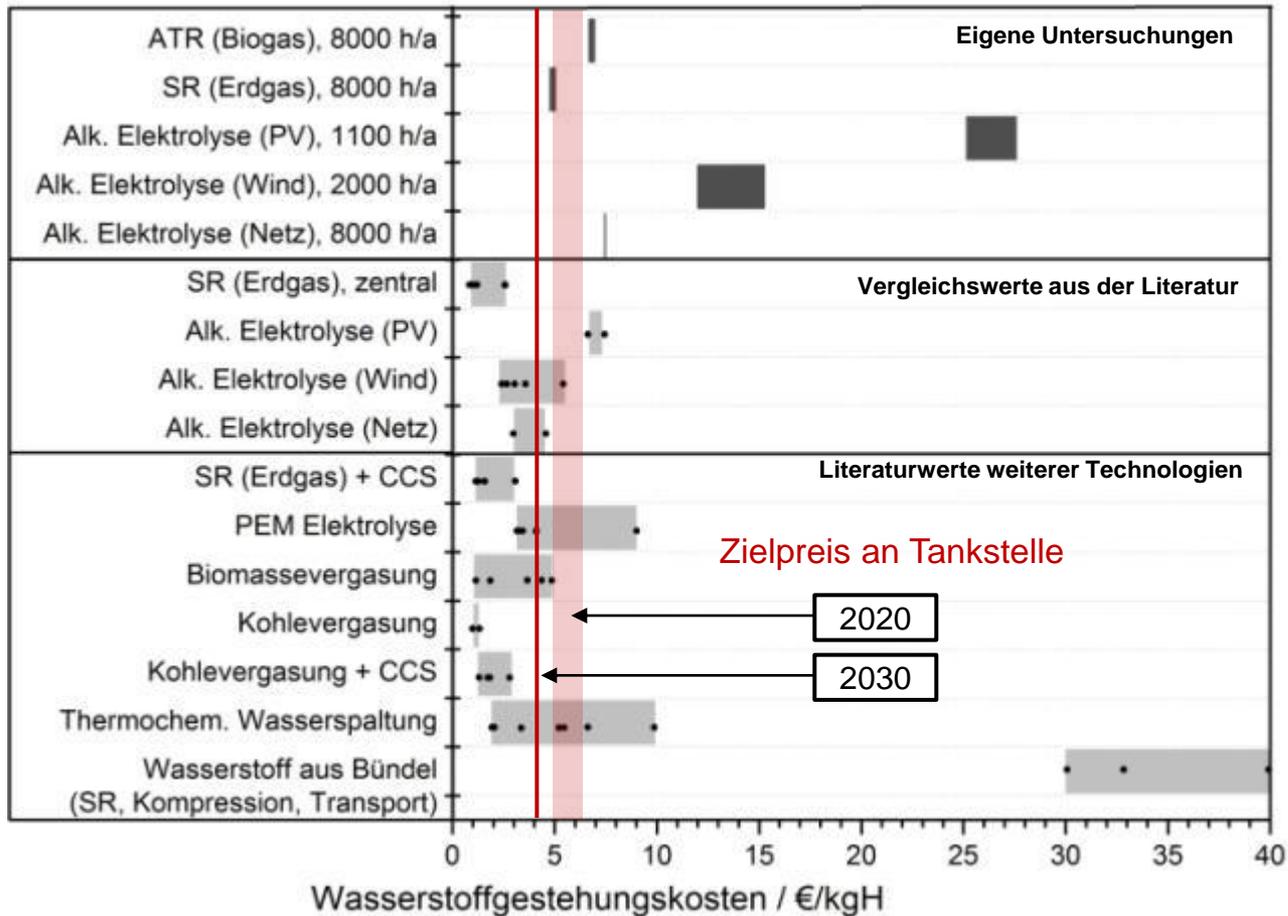
Berechnung der Wasserstoffgestehungskosten



Einflussgrößen bei der Berechnung der Wasserstoffgestehungskosten

3.2 Ökonomische Bewertung

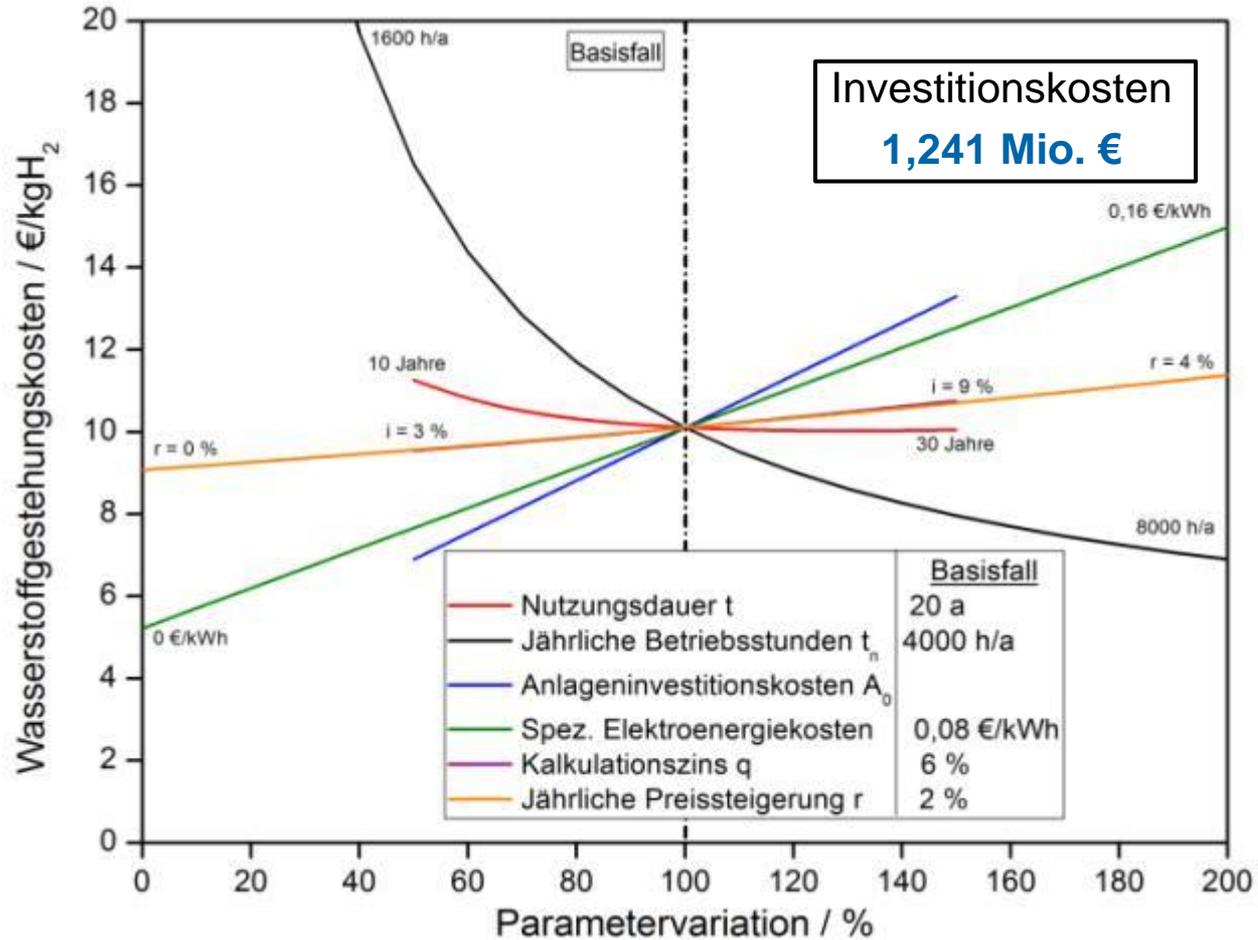
Wasserstoffgestehungskosten - Technologievergleich



3.2 Ökonomische Bewertung

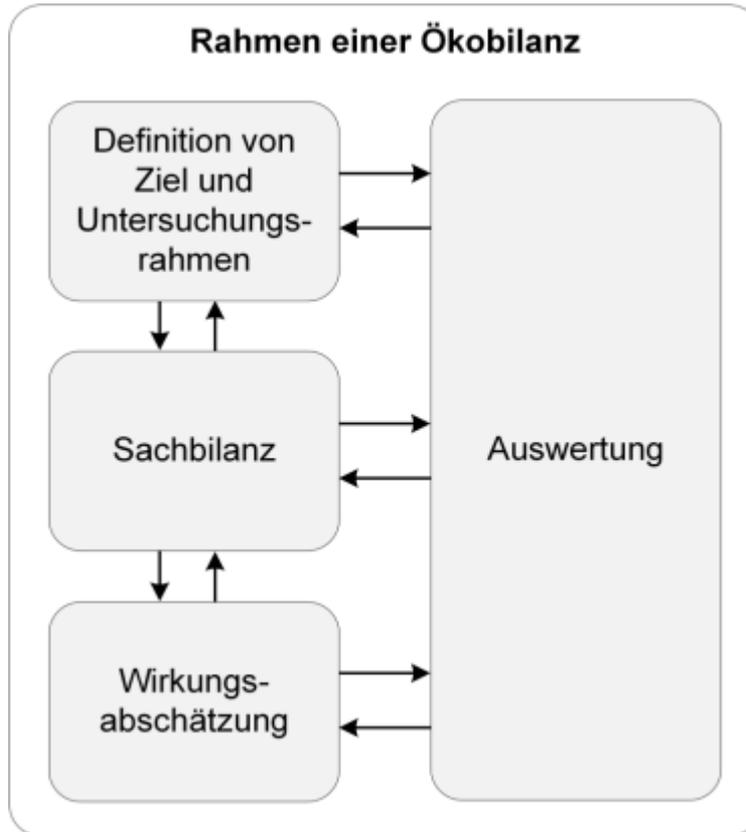
Wasserstoffgestehungskosten

Sensitivität der Wasserstoffgestehungskosten bei der alkalischen Elektrolyse



3.3 Ökologische Bewertung

Zielsetzung und Untersuchungsrahmen



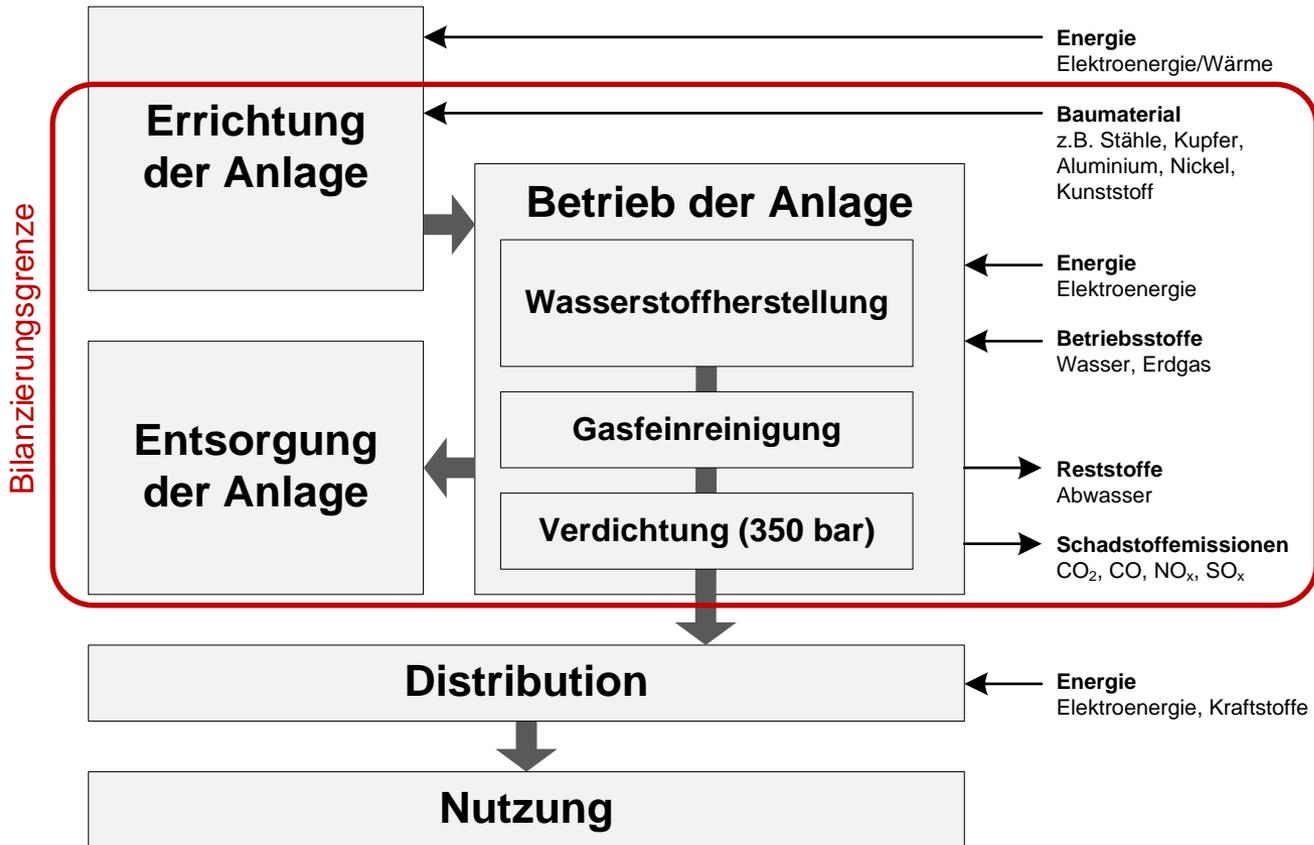
Phasen einer Ökobilanz nach DIN 14040 ^[4]

- Wasserstoffherstellung (100 m³/h)
- Lebenszyklus einer Produktionsanlage
 - Errichtung
 - Betrieb
 - Entsorgung
- Wirkungsindikatoren
 - **Treibhauspotential** **kgCO₂-Äq.**
 - Kumulierte Energieaufwand MJ
 - Versauerungspotential kgSO₂-Äq.
 - Eutrophierungspotential kgPO₄-Äq.
 - ReCiPe-Indikator Pt (Punkten)

^[4] DIN EN ISO 14040 - Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen, DIN Deutsches Institut für Normung e.V. , 2009

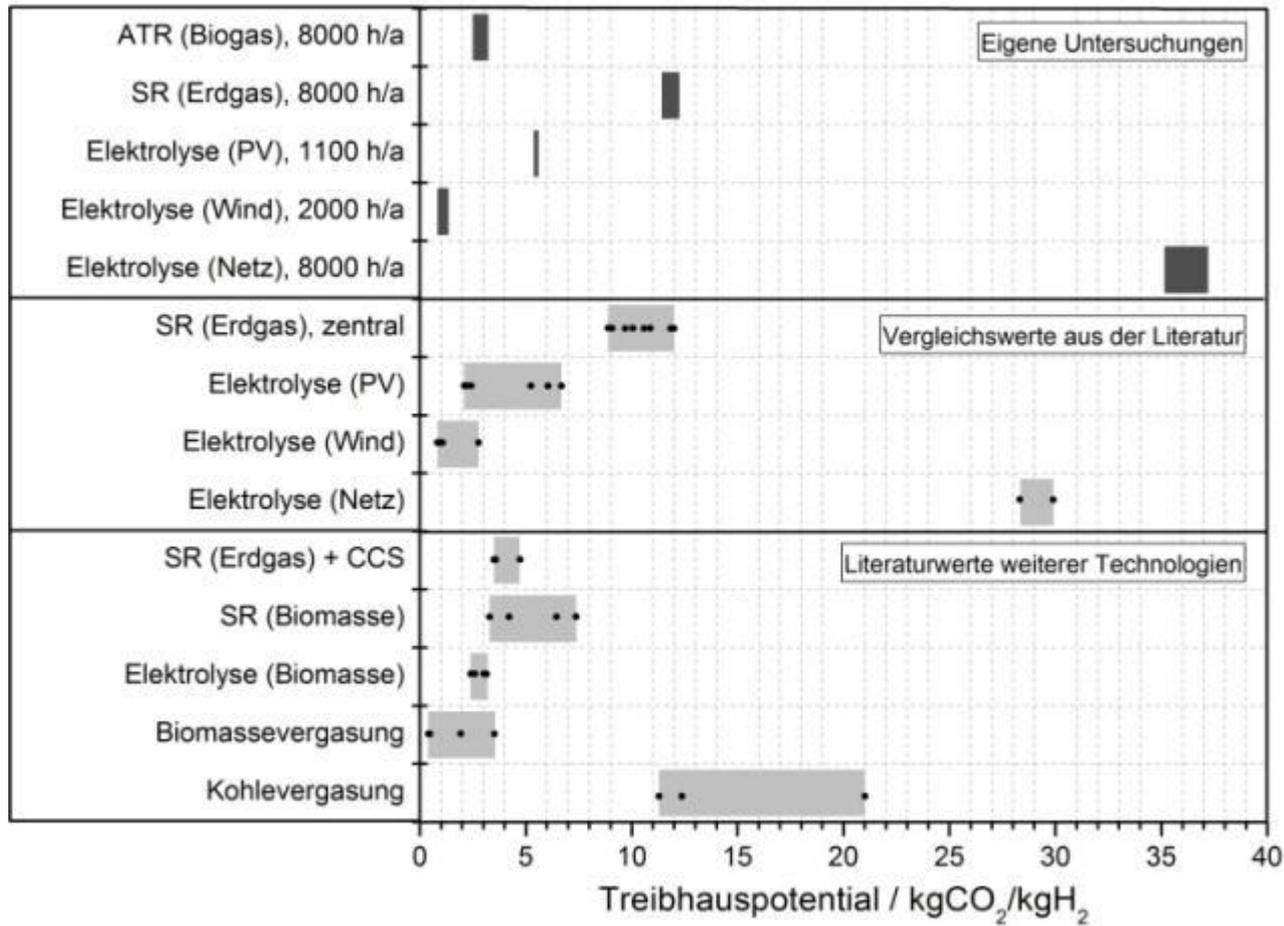
3.3 Ökologische Bewertung

Untersuchungsrahmen



3.3 Ökologische Bewertung

Treibhauspotential - Technologievergleich



Schlussfolgerungen

- Dezentrale Reformieranlagen und Elektrolyseure
 - Vielversprechende Alternative zu H₂ in Bündeln o.ä.
 - Benötigt für Aufbau einer H₂-Infrastruktur
- Wasserstoffgestehungskosten hauptsächlich beeinflusst durch:
 - Jährliche Betriebsstunden, Investitionskosten, spezifische Energiekosten
- Nutzung von Netzstrom für Elektrolyse ökonomisch sinnvoll
 - ABER: keine Alternative zur Senkung der CO₂-Emissionen
- Biogasreformierung ökologisch sinnvoll bei geringem NaWaRo-Anteil
- Elektrolyse:
 - Ökologisch sinnvoll bei Einsatz von Windenergie
 - Ökologisch wenig sinnvoll bei Einsatz von Netzstrom
- Umwelteinwirkungen nahezu vollständig auf Betrieb zurückzuführen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Dipl.-Ing. Andreas Herrmann

**TU Bergakademie Freiberg
Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik
Gustav-Zeuner-Str. 7
09599 Freiberg**

Andreas.Herrmann@iwtt.tu-freiberg.de