

## Chrashkurs Wärmewende

### Heute: Die Rolle von Wasserstoff bei der Defossilisierung des Energiesystems

Richard Hanke-Rauschenbach<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES)  
Fachgebiet Elektrische Energiespeichersysteme

<sup>2</sup>Leibniz Forschungszentrum Energie 2050 (LiFE 2050)

<sup>3</sup>Energieforschungszentrum Niedersachsen (EFZN)

## Kernaussagen/Gliederung

1. Die Wandlung von erneuerbarem Strom in Wasserstoff stellt ein Lösungselement für die Defossilisierung folgender Bereiche dar
  - \* Mobilität
  - \* Grundstoff/Schwerindustrie
  - \* Wärmesektor
2. Wasserstoff ist ein Hilfsmittel/Enabler zum Ausgleich von zeitlichen und örtlichen Unterschieden zwischen Energieverbrauch und Energiedargebot

Wasserstoff wird dabei dauerhaft in Konkurrenz zu alternativen Technologien stehen, die weniger Flexibilität aber höheren Wirkungsgrad bieten

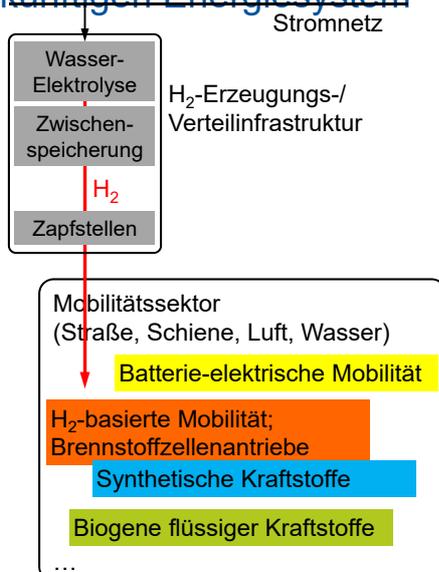
## Kernaussagen/Gliederung



1. Die Wandlung von erneuerbarem Strom in Wasserstoff stellt ein Lösungselement für die Defossilisierung folgender Bereiche dar
  - \* Mobilität
  - \* Grundstoff/Schwerindustrie
  - \* Wärmesektor
  
2. Wasserstoff ist ein Hilfsmittel/Enabler zum Ausgleich von zeitlichen und örtlichen Unterschieden zwischen Energieverbrauch und Energiedargebot

Wasserstoff wird dabei dauerhaft in Konkurrenz zu alternativen Technologien stehen, die weniger Flexibilität aber höheren Wirkungsgrad bieten

## Potentielle Funktionalitäten von H<sub>2</sub> im künftigen Energiesystem



### Funktionalität 1: Lösungselement zu Defossilisierung der Mobilität

- jährl. Substitutionspotential/-bedarf\*:
  - 185 Mio t<sub>CO<sub>2</sub></sub> (25% d. CO<sub>2</sub>-Emiss.)
  - 720 TWh (30% d. Endenergiebed.)
- H<sub>2</sub>-basierte Mobilität als Teil eines komplementären Ansatzes
- Alternativen zum Einsatz von H<sub>2</sub>
  - \* Einsatz biogener Treibstoffe
  - \* Batterie-elektrische Antriebe
  - \* Einsatz synthetischer Kraftstoffe
- „Nebeneffekt“ durch dynamische Fahrweise der Wasser-Elektrolyse: Bereitstellung von Flexibilitäten für Betrieb des Stromsystems

\*Deutschland, Bezugsjahr: 2014

## Potentielle Funktionalitäten von H<sub>2</sub> im künftigen Energiesystem

Leibniz Universität Hannover

**Funktionalität 2: Lösungselement zur Substitution fossilstämmiger Rohstoffe in der Grundstoff-/Schwerindustrie**

Stromnetz

Wasser-Elektrolyse

CO<sub>2</sub>

Reverse Wassergas-shift-Reakt.

H<sub>2</sub>

Schwerindustrie (Stahl, ...)

Chemische Wertschöpfungskette

H<sub>2</sub>

Synthesegas

funktionale C-Bausteine

- jährl. Substitutionspotential/-bedarf: 60 Mio t<sub>CO<sub>2</sub></sub> (8% d. CO<sub>2</sub>-Emiss.)
- Zwei Ansätze
  - \* Deckung von bestehenden Wasserstoffbedarfen durch grünem/blauen Wasserstoff; Bsp. Raffinerien, Ammoniak-/Methanol-Synthese
  - \* Änderung von bestehenden Prozessrouten unter Einbindung von grünem/blauen Wasserstoff; Bsp. Stahlherstl.
- Auch hier denkbar: Bereitstellung von Flexibilitäten für Betrieb des Stromsystems durch dynamische Fahrweise der Wasserelektrolyse

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover

Seite 5

## Potentielle Funktionalitäten von H<sub>2</sub> im künftigen Energiesystem

Leibniz Universität Hannover

**Funktionalität 3: Lösungselement zur Defossilisierung des Wärmesektors**

Stromnetz

Wasser-Elektrolyse

CO<sub>2</sub>

Methanisierung

H<sub>2</sub>

CH<sub>4</sub>

Wärmepumpen; ggf. Widerstandsheizung

Wärmesektor

Rückverstromung (oft KWK)

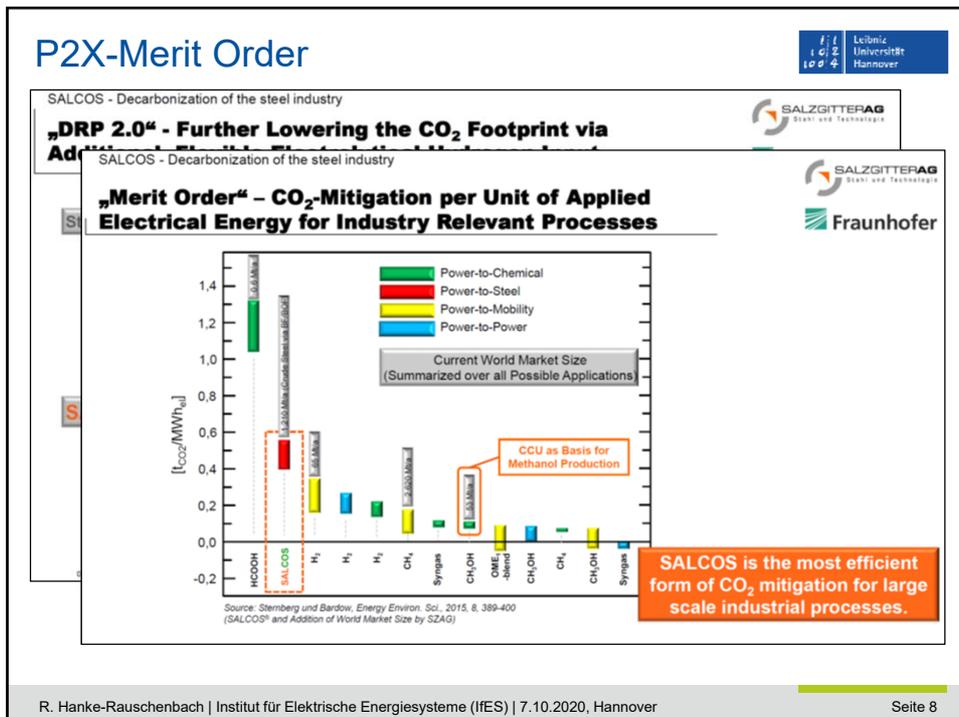
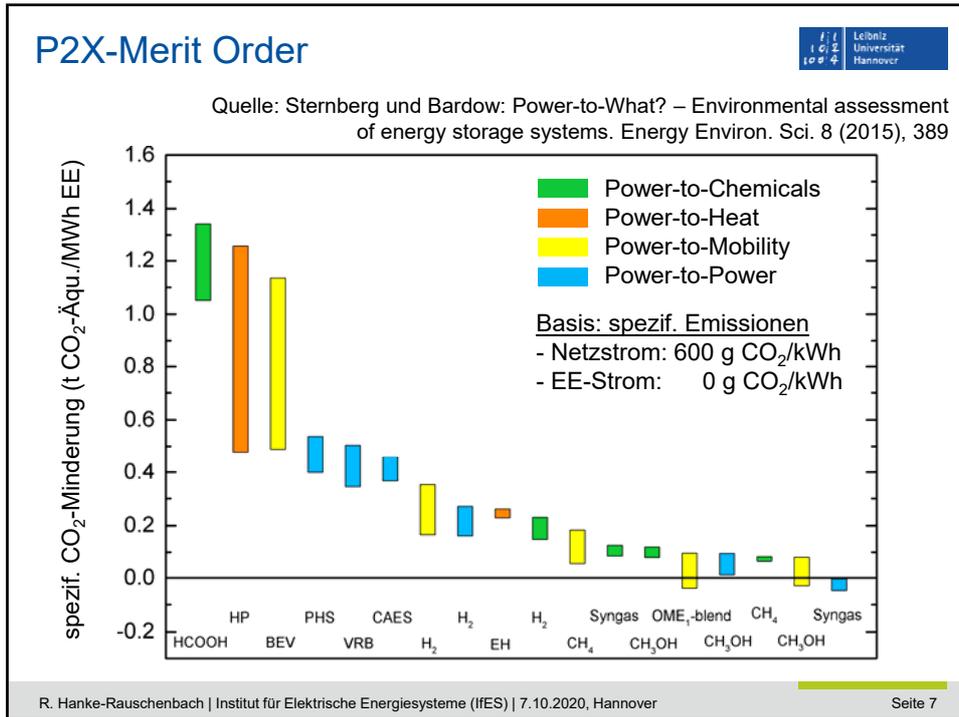
klass. Heizkessel

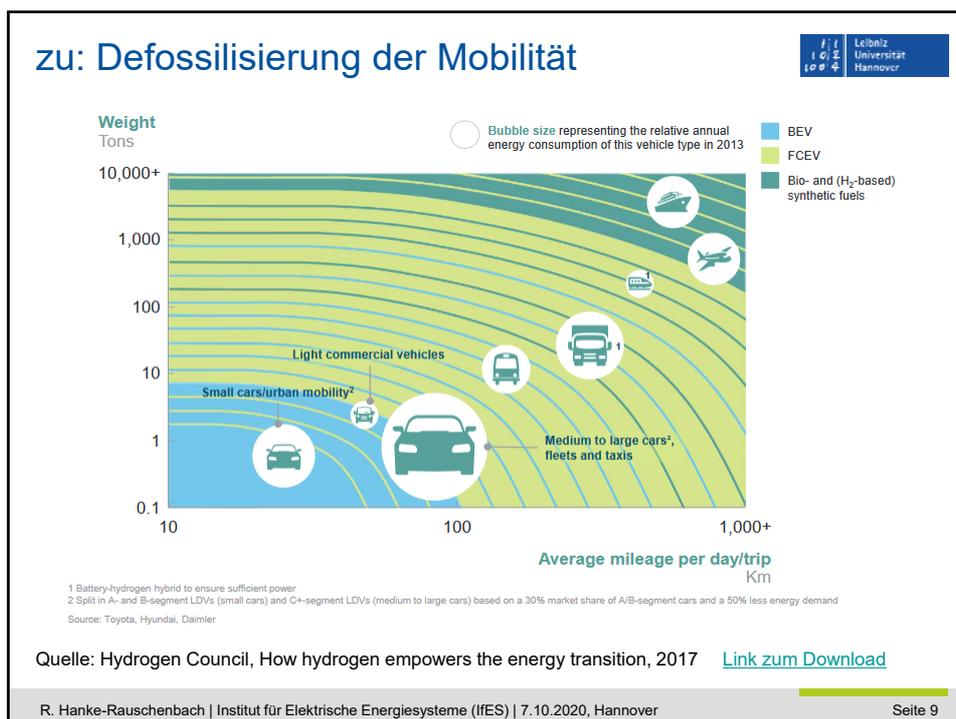
Erdgasnetz

- jährl. Substitutionspotential/-bedarf: 178 Mio t<sub>CO<sub>2</sub></sub> (24% d. CO<sub>2</sub>-Emiss.)  
770 TWh (32% d. Endenergiebed.)
- Weiterkonversion zu synt. Erdgas und Nutzung bestehender Infrastruktur; wichtige Option für die Wärmewende im Altbau
- Alternativ: Verteilung von Wasserstoff und Nutzung in Brennstoffzellenheizgeräten
- Alternativen zum Einsatz von H<sub>2</sub>
  - \* Nutzung nachwachsender Rohstoffe
  - \* Einsatz von Wärmepumpen, ggf. in Komb. mit saisonal. Wärmespeichern
  - \* Nutzung von Geothermie
- Auch hier denkbar: Bereitstellung von Flexibilitäten für Betrieb Stromsystem

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover

Seite 6





## Kernaussagen/Gliederung



1. Die Wandlung von erneuerbarem Strom in Wasserstoff stellt ein Lösungselement für die Defossilisierung folgender Bereiche dar
  - \* Mobilität
  - \* Grundstoff/Schwerindustrie
  - \* Wärmesektor
  
2. Wasserstoff ist ein Hilfsmittel/Enabler zum Ausgleich von zeitlichen und örtlichen Unterschieden zwischen Energieverbrauch und Energiedargebot

Wasserstoff wird dabei dauerhaft in Konkurrenz zu alternativen Technologien stehen, die weniger Flexibilität aber höheren Wirkungsgrad bieten

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES) | 7.10.2020, Hannover Seite 10

## Potentielle Funktionalitäten von H<sub>2</sub> im künftigen Energiesystem

### Funktionalität 4: Lösungselement zur Langzeitspeicherung von erneuerbarer Energie

- Voraussetzung zur Erreichung hoher erneuerbarer Deckungsgrade; konkret: Überbrückung von sog. Dunkelflauten (10-20 Tage)
- benötigt werden hierfür Speicher mit hoher spez. Kapazität > 250 kWh/kW
- H<sub>2</sub>-basierte Unterspeicherung stellt hierfür eine sinnvolle Lösung dar:
  - ökonomische Sicht\*: < 5 EUR/kWh (Pumpspeicher: ≈ 50 EUR/kWh, Li-Ionen-Akku: ≈ 100 EUR/kWh)
  - Verfüg. Potential: ≈ 1.600 TWh (Pumpspeicher: ≈ 100 GWh)

\*Datenbasis: 2050, berücksichtigt sind sowohl Kosten für Energieteil des Speichers als auch für den entsprechend dimensionierten Leistungsteil

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover
Seite 11

## Potentielle Funktionalitäten von H<sub>2</sub> im künftigen Energiesystem

### Lösungselement zur Langzeitspeicherung von erneuerbarer Energie

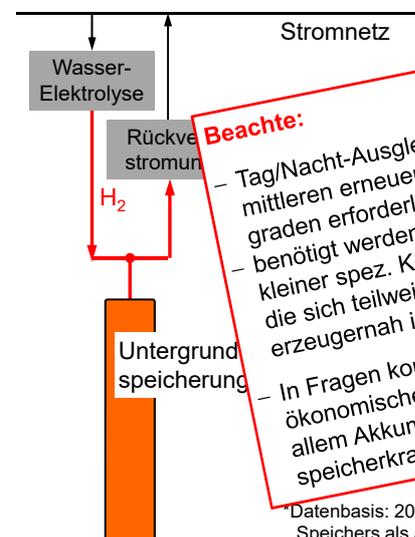
	Ausgewertete Strukturen [-]	Energiegehalt	
		CAES [TWh]	H <sub>2</sub> [TWh]
<b>Gesamt</b>	<b>269</b>	<b>4,5</b>	<b>1.614</b>
Berlin / Brandenburg	24	0,5	159
Bremen / Niedersachsen	160	2,0	702
Hamburg / Schleswig-Holstein	44	0,7	413
Mecklenburg-Vorpommern	9	0,6	193
Sachsen-Anhalt	32	0,8	147

BMBF-Projekt InSpEE – Informationssystem Salzstrukturen: Planungsgrundlagen, Auswahlkriterien und Potenzialabschätzung für die Erreichung von Speichern zur Speicherung von Erneuerbaren Energien

berücksichtigt sind sowohl Kosten für Energieteil des Speichers als auch für den entsprechend dimensionierten Leistungsteil

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover
Seite 12

## Potentielle Funktionalitäten von H2 im künftigen Energiesystem



**Beachte:**

- Tag/Nacht-Ausgleich ist bereits bei mittleren erneuerbaren Deckungsgraden erforderlich
- benötigt werden hierfür Speicher mit kleiner spez. Kapazität  $\approx 10 \text{ kWh/kW}$ , die sich teilweise auch anwendungs-erzeugernah installieren lassen
- In Fragen kommen hierfür insb. aus ökonomischen Erwägungen\* vor allem Akkumulatoren und Pumpspeicherkraftwerke

**Funktionalität 4: Lösungselement zur Langzeitspeicherung von erneuerbarer Energie**

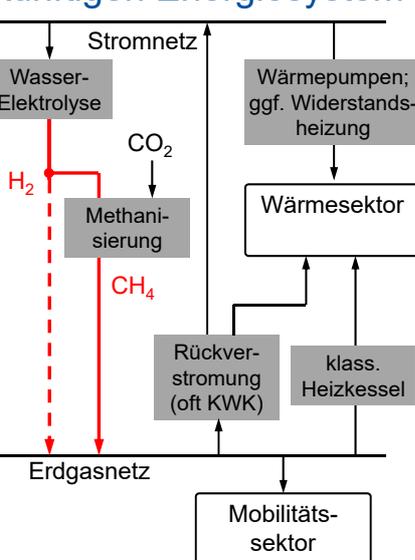
zur Erreichung hoher Deckungsgrade; Deckung von sog. (10-20 Tage) hierfür Speicher mit Kapazität  $> 250 \text{ kWh/kW}$

Grundspeicherung involle Lösung dar:  $< 5 \text{ EUR/kWh}$ ,  $50 \text{ EUR/kWh}$ ,  $100 \text{ EUR/kWh}$  Potential:  $\approx 1.600 \text{ TWh}$  (Pumpspeicher:  $\approx 100 \text{ GWh}$ )

\*Datenbasis: 2050, berücksichtigt sind sowohl Kosten für Energieteil des Speichers als auch für den entsprechend dimensionierten Leistungsteil

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover
Seite 13

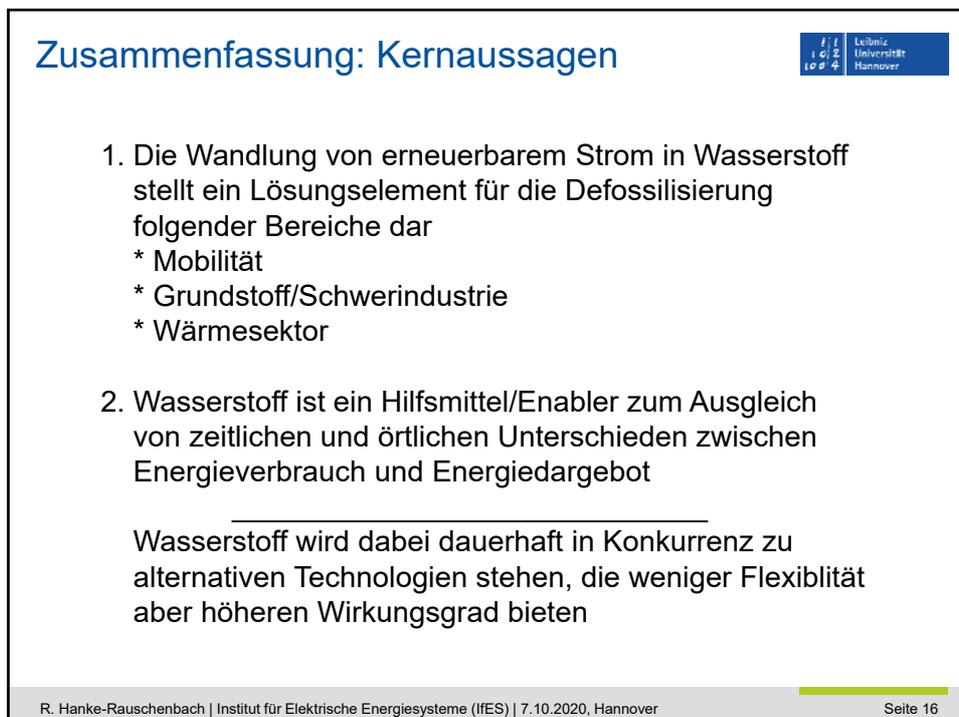
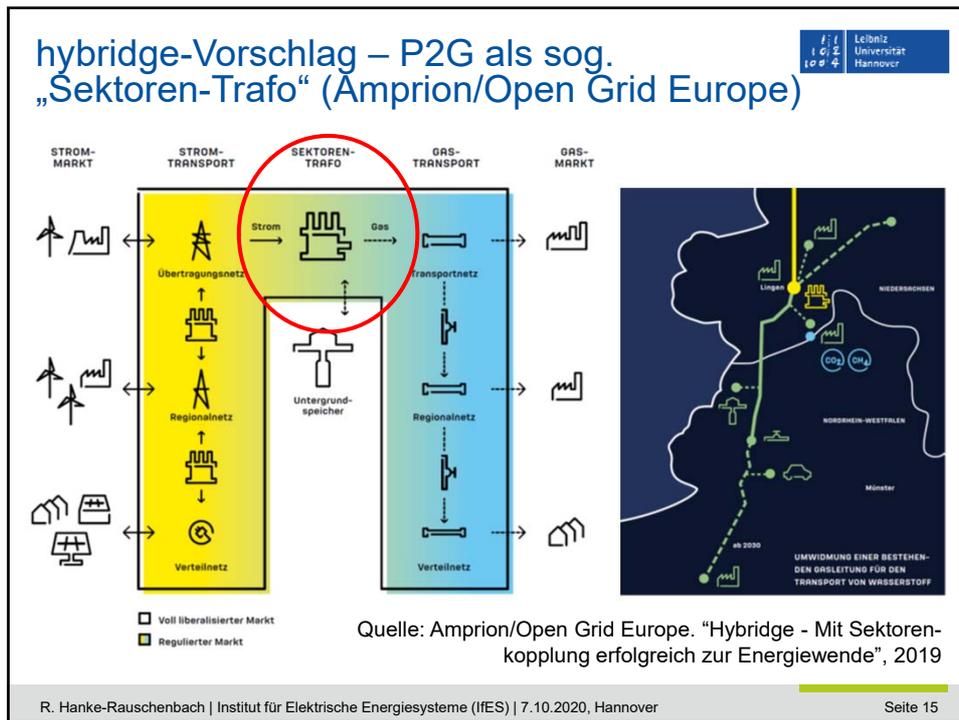
## Potentielle Funktionalitäten von H2 im künftigen Energiesystem



**Funktionalität 5: Lösungselement zur volkswirtschaftlichen Optimierung des Stromnetzausbaus**

- Wandlung von sog. nicht-integrierbarem EE-Strom in H2 und Verteilung über H2-Infrastruktur (bzw. Wandlung in synth. Erdgas und Abgabe ins Erdgasnetz)
- anschließende Nutzung in verschied. Sektoren (insb. Wärmesektor)
- Systemdienlicher Betrieb der Power-to-Gas-Anlage ist notwendig
- volkswirtschaftlich sorgfältig zu bewerten
- Weiterer Vorteil: Infrastruktur lässt sich auch für Import von grünem/blauen Wasserstoff nutzen

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover
Seite 14






Leibniz  
Forschungszentrum  
Energie 2050



Leibniz  
Universität  
Hannover

## Chrashkurs Wärmewende

### Heute: Die Rolle von Wasserstoff bei der Defossilisierung des Energiesystems

Richard Hanke-Rauschenbach<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES)  
Fachgebiet Elektrische Energiespeichersysteme

<sup>2</sup>Leibniz Forschungszentrum Energie 2050 (LiFE 2050)

<sup>3</sup>Energieforschungszentrum Niedersachsen (EFZN)

Vielen Dank für Ihr Interesse!

## H2-Forschung in Niedersachsen: EFZN-Forschungsverbund Wasserstoff



Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

I. Wasserstoffbereitstellung mittels Wasserelektrolyse













II. Speicherung von Wasserstoff im Untergrund und Infrastruktur



Untergrundspeicherung








R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES) | 7.10.2020, Hannover

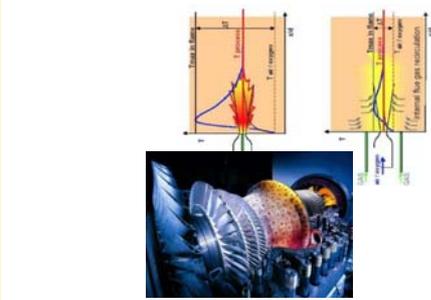
Seite 18

## H2-Forschung in Niedersachsen: EFZN-Forschungsverbund Wasserstoff



Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

### III. Zukünftige Wasserstoffverbrennungskonzepte

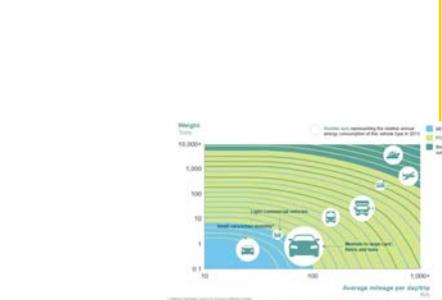








### IV. Konversion von Wasserstoff in andere Energieträger









R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover
Seite 19

## H2-Forschung in Niedersachsen: EFZN-Forschungsverbund Wasserstoff

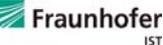
<https://www.efzn.de/de/projekte/efzn-forschungsverbund-wasserstoff-niedersachsen/>



Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

### V. H2-Anwendungen in Brennstoffzellen

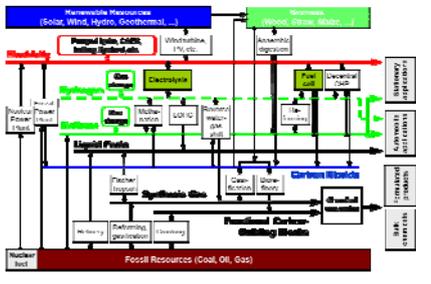




Institut für Vernetzte Energiesysteme

### VI. Energiesystemanalyse mit besonderem Schwerpunkt auf H2








Institut für Vernetzte Energiesysteme

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover
Seite 20



# BACKUP

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover
Seite 21



## Nutzung der H2-Infrastruktur zum Import von grünem Wasserstoff

Vergleich der Erzeugungs- und Transportkosten für synthetisches Methan in Nordafrika (Photovoltaik) und in der Nord- und Ostsee (Offshore-Windkraft) im Referenzfall ( $ct_{2017}/kWh_{Methan}$ )

Abbildung 3

Nordafrika

Quelle: PV

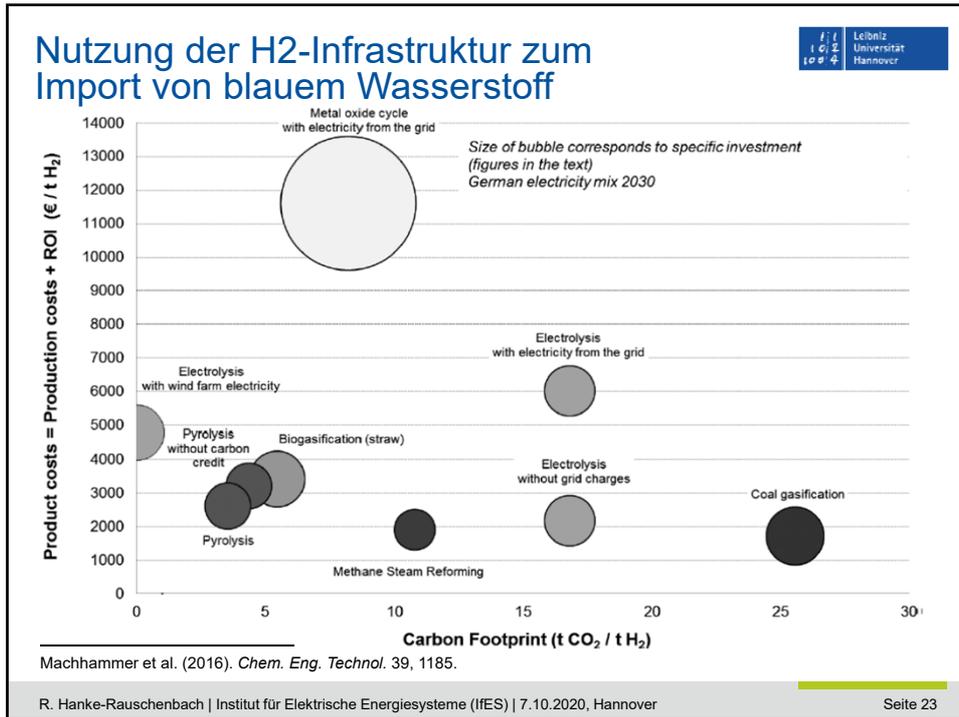
Nord-und Ostsee

Quelle: Wind Offshore

Frontier Economics

Frontier Economics (2018). "Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe"

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover
Seite 22



### „Efficiency first“ JA – ABER: „Efficiency ist auch nicht alles“

**VDI**

Brennstoffzellen- und Batteriefahrzeuge – Bedeutung für die Elektromobilität

- Papier erarbeitet im Fachausschuss „Wasserstoff und Brennstoffzellen“ des VDE/VDI
- Zusammenstellung verschiedener Aspekte, die über das Wirkungsgrad-Argument hinaus gehen:
  - Tanken/Reichweite
  - Infrastruktur
  - Energiebeschaffung
  - Kritische Rohstoffe
  - Kosten
  - Sozioökonomische Faktoren
- Veröffentlichung: Juni 2019

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 7.10.2020, Hannover Seite 24