

## Zur Rolle von Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Ein Überblick

*oder*

## Wasserstoff – ein Molekül macht Karriere. Wieso eigentlich?

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)

Netzwerktreffen Energieeffizienz-Netzwerk Hannover, 15.9.21 Hannover

## Wasserstoff – ein Molekül mach Karriere

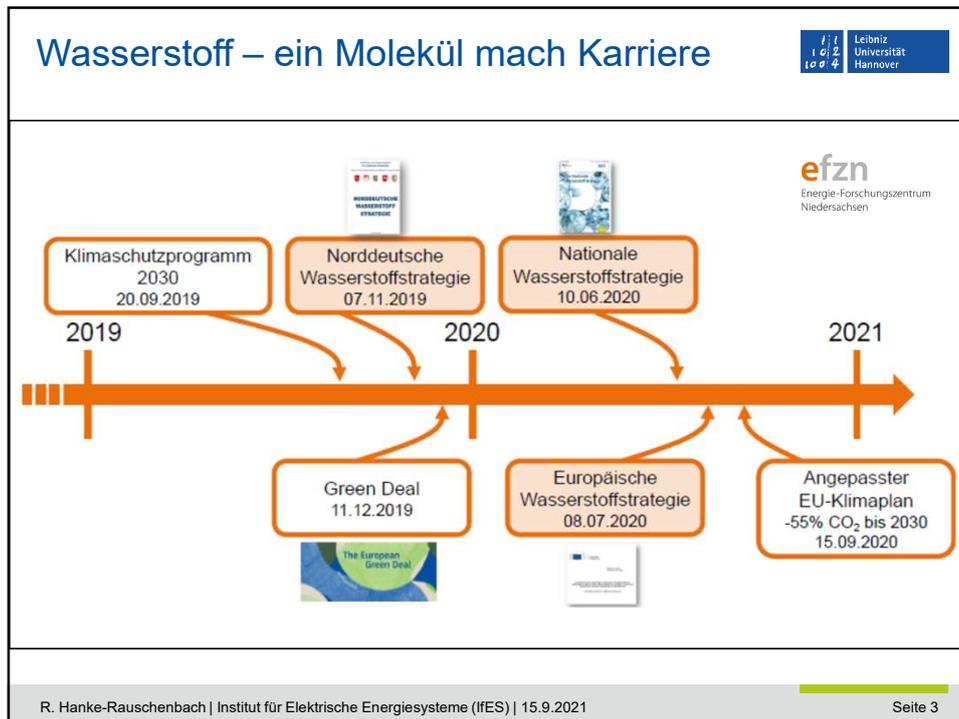
➔ Stakeholderkonferenz  
„Wasserstoff und Energiewende“  
am 5. November 2019 in Berlin,  
gemeinsam ausgerichtet von  
BMWi, BMVI, BMBF und BMZ

➔ Auftakt zur Erarbeitung der  
Nationale Strategie Wasserstoff (NSW),  
die bereits im Dezember 2019 im  
Kabinett verabschiedet werden soll

” Wasserstoff: ein wichtiges  
Element für die Energiewende

ERNEUERBARE GASE – WO FLOPPT'S, WO FLIEGT'S?  
CHRISTOPH JUGEL @ 12. NIEDERSÄCHSISCHE ENERGIETAGE, HANNOVER, 6. NOVEMBER 2019

**dena**  
Deutsche Energie-Agentur



## Wasserstoff – ein Molekül mach Karriere





Strategie	Budget	Ziele	Zeitraumen
Norddeutsch	k. A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vollständige Versorgung aller an grünem Wasserstoff interessierten Abnehmer ermöglichen</li> <li>1. Phase (2020 – 2025): <b>500 MW</b> Elektrolyseleistung</li> <li>2. Phase (2026 – 2030): <b>5 GW</b> Elektrolyseleistung</li> </ul>	2020 - 2035
DE (national)	9 Mrd. €	<ul style="list-style-type: none"> <li>Treibhausgasneutralität bis 2050</li> <li>Heimatmarkt für H<sub>2</sub> aufbauen (Mobilität, Industrie, Wärme)</li> <li>Transport-/ Verteilinfrastruktur + rechtlichen Rahmen weiterentwickeln</li> <li>Export der H<sub>2</sub>-Technologie und Import von H<sub>2</sub> vorbereiten</li> <li>1. Phase (2020 – 2023): Markthochlauf starten</li> <li>2. Phase (2024 – 2030): <b>5 GW</b> Elektrolyseleistung, Markt stärken</li> <li>„3. Phase“ (2031 – 2035): <b>10 GW</b> Elektrolyseleistung</li> </ul>	2020 - 2035
EU	180 – 470 Mrd. €	<ul style="list-style-type: none"> <li>Treibhausgasemissionen bis 2030 um 55% senken</li> <li>Erreichung der Ziele des Pariser Klima-Abkommens</li> <li>1. Phase (2020 – 2024): <b>6 GW</b> Elektrolyseleistung</li> <li>2. Phase (2025 – 2030): <b>40 GW</b> Elektrolyseleistung</li> <li>3. Phase (2030 – 2050): H<sub>2</sub>-Technologien ausgereift</li> <li>Ein Viertel des erneuerbaren Stroms wird für die Erzeugung von grünem H<sub>2</sub> verwendet</li> </ul>	2020 - 2050

## Zur Rolle von Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Ein Überblick

*oder*

## Wasserstoff – ein Molekül macht Karriere. Wieso eigentlich?

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)

Netzwerktreffen Energieeffizienz-Netzwerk Hannover, 15.9.21 Hannover

## 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

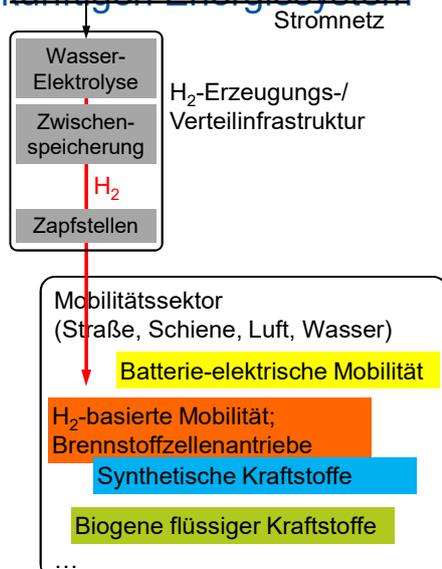
Wasserstoff wird dabei dauerhaft in Konkurrenz zu alternativen Technologien stehen, die weniger Flexibilität aber höheren Wirkungsgrad bieten

## 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

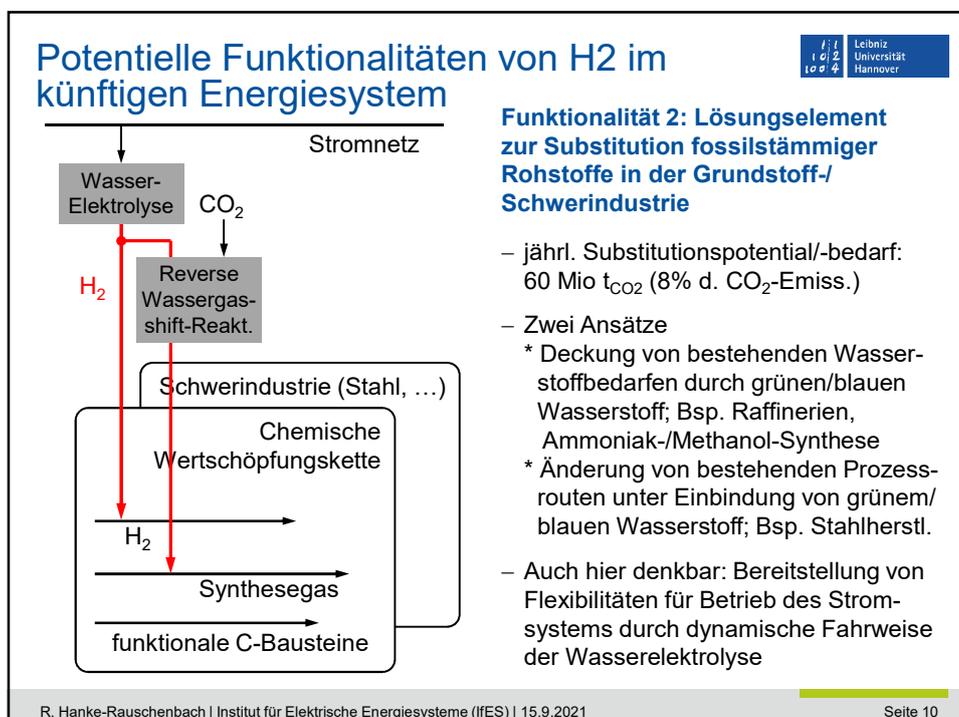
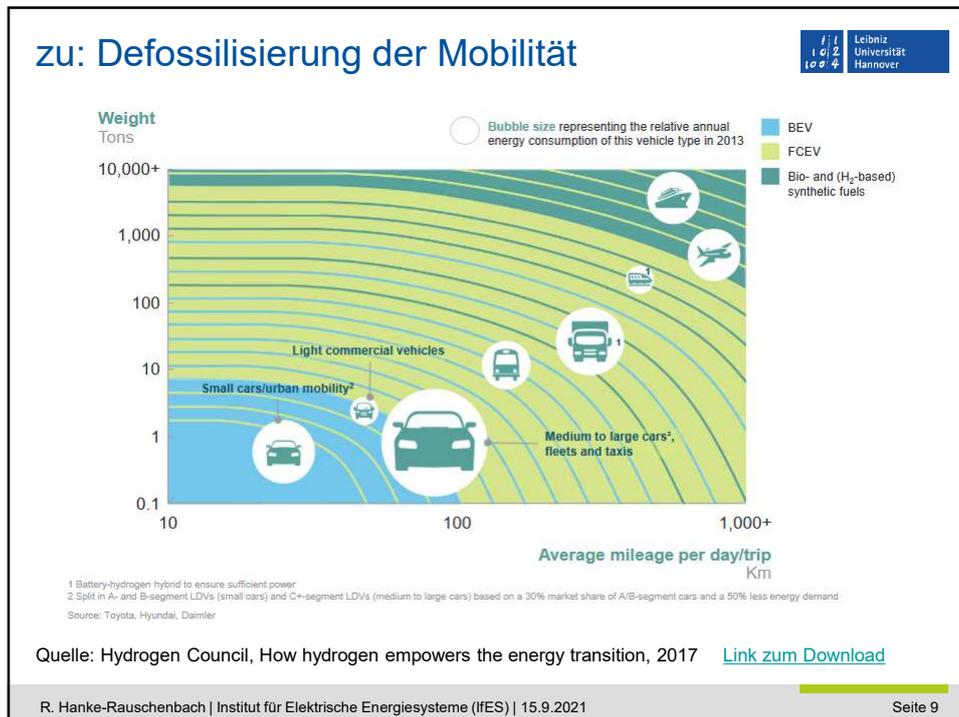
## Potentielle Funktionalitäten von H<sub>2</sub> im künftigen Energiesystem

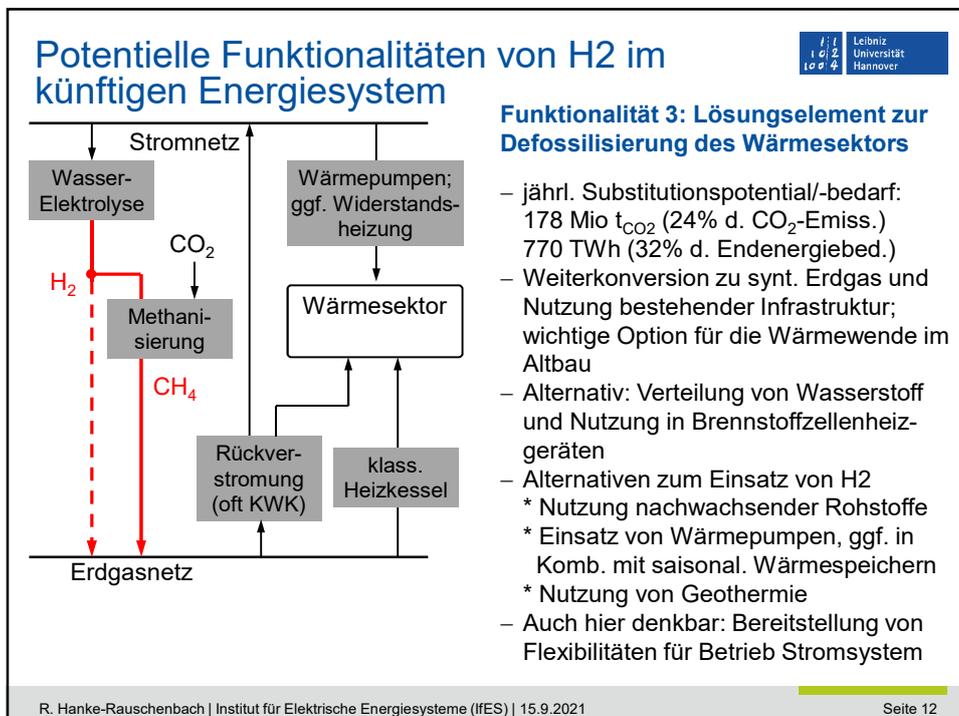
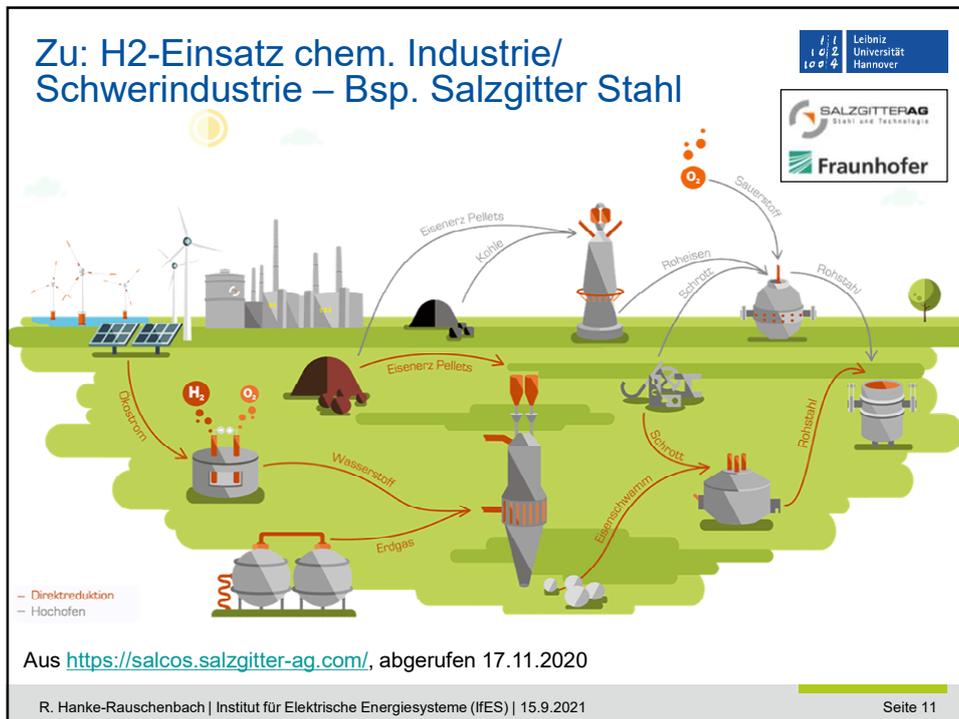


### Funktionalität 1: Lösungselement zu Defossilisierung der Mobilität

- jährl. Substitutionspotential/-bedarf\*: 185 Mio t<sub>CO2</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





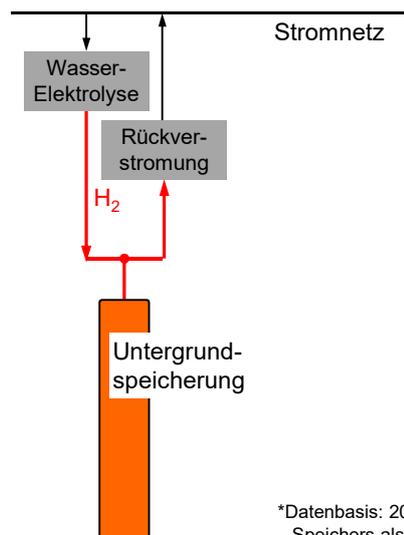
## Kernaussagen/Gliederung



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



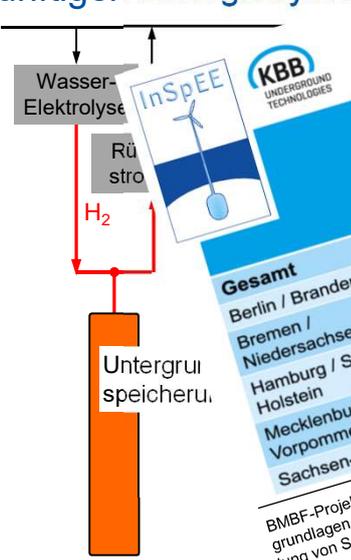
### Funktionalität 4: Lösungselement zur Langzeitspeicherung von erneuerbarer Energie

- 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

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





### Lösungselement zur Langzeitspeicherung von erneuerbarer Energie

Erreichung hoher Deckungsgrade; Speicherung von sog. Pumpspeichern mit Kapazität > 250 kWh/kW

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

	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

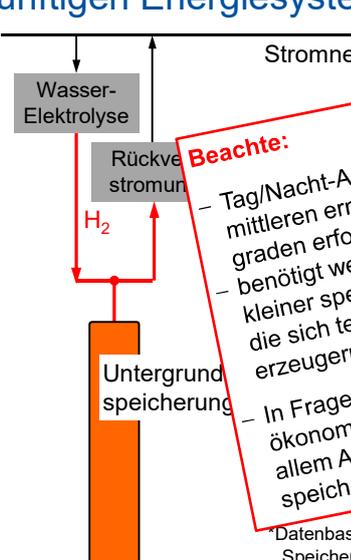
BMBF-Projekt InSpEE – Informationssystem Salzstrukturen: Planungsgrundlagen, Auswahlkriterien und Potenzialabschätzung für die Errichtung von Salzlagern zur Speicherung von Erneuerbaren Energien

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

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 15.9.2021 Seite 15

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





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

zur Erreichung hoher Deckungsgrade; Speicherung von sog. Pumpspeichern mit Kapazität > 250 kWh/kW

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

**Beachte:**

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

\*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) | 15.9.2021 Seite 16

## 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) | 15.9.2021
Seite 17

## hybride-Vorschlag – P2G als sog. „Sektoren-Trafo“ (Amprion/Open Grid Europe)

Quelle: Amprion/Open Grid Europe. "Hybride - Mit Sektorenkopplung erfolgreich zur Energiewende", 2019

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 15.9.2021
Seite 18

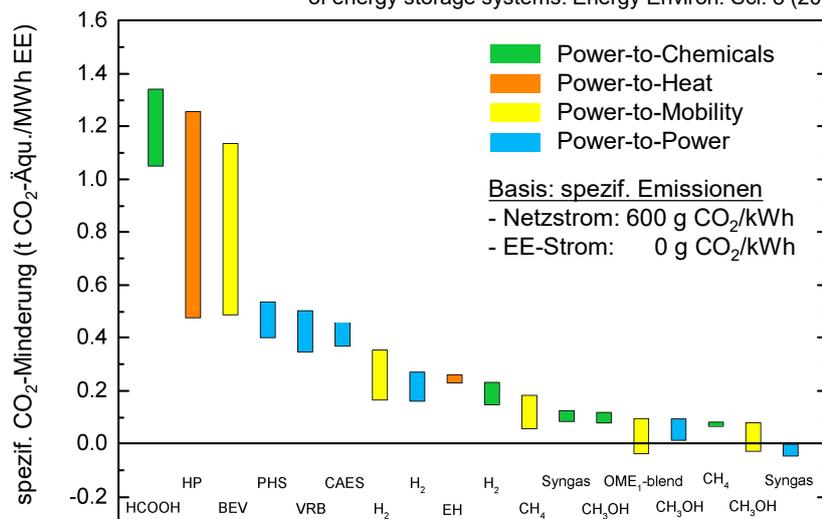
## Kernaussagen/Gliederung

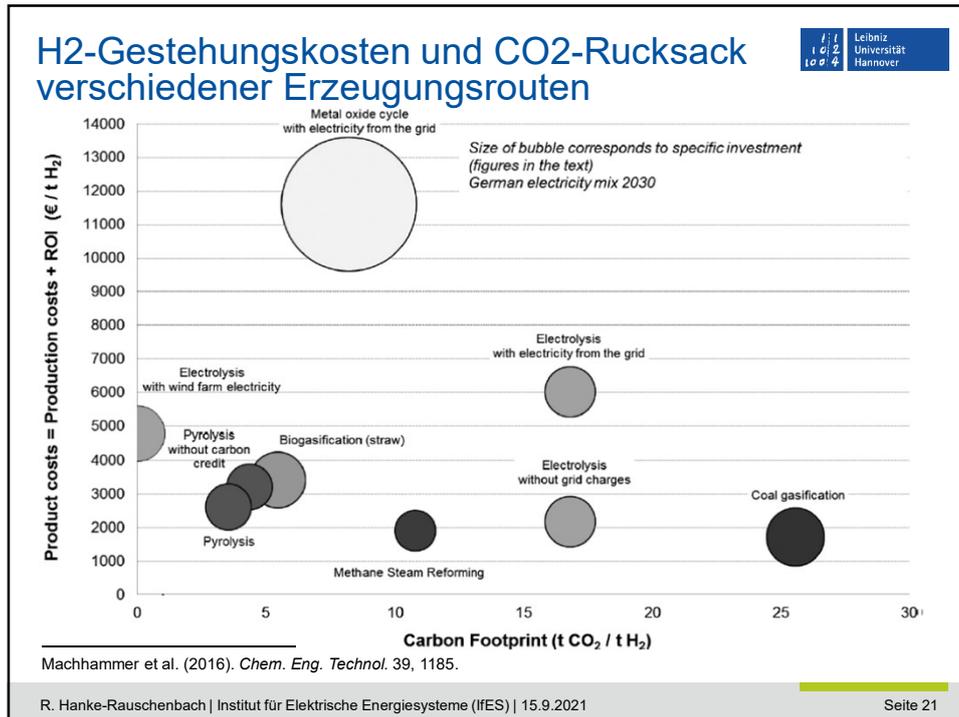
1. Die Wandlung von erneuerbarem Strom in Wasserstoff stellt ein Lösungselement für die Defossilisierung folgender Bereiche dar
  - \* Mobilität
  - \* Grundstoff/Schwerindustrie
  - \* Wärmesektor
2. Wasserstoff ist ein Hilfsmittel/Enabler zum Ausgleich von zeitlichen und örtlichen Unterschieden zwischen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

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

## P2X-Merit Order

Quelle: Sternberg und Bardow: Power-to-What? – Environmental assessment of energy storage systems. Energy Environ. Sci. 8 (2015), 389





## Wasserstoff – ein Molekül mach Karriere

➤ Stakeholderkonferenz „Wasserstoff und Energiewende“ am 5. November 2019 in Berlin, gemeinsam ausgerichtet von BMWi, BMVI, BMBF und BMZ

➤ Auftakt zur Erarbeitung der **Nationale Strategie Wasserstoff (NSW)**, die bereits im Dezember 2019 im Kabinett verabschiedet werden soll

**Wasserstoff: ein wichtiges Element für die Energiewende**

ERNEUERBARE GASE – WO FLOPPT'S, WO FLIEGT'S?  
 CHRISTOPH JUDEL @ 12. NIEDERSÄCHSISCHE ENERGIETAGE, HANNOVER, 6. NOVEMBER 2019

  
 Deutsche Energie-Agentur

R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 15.9.2021 Seite 22




Leibniz  
Forschungszentrum  
Energie 2050



Leibniz  
Universität  
Hannover

## Zur Rolle von Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Ein Überblick oder Wasserstoff – ein Molekül macht Karriere. Wieso eigentlich?

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!

Netzwerktreffen Energieeffizienz-Netzwerk Hannover, 15.9.21 Hannover

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

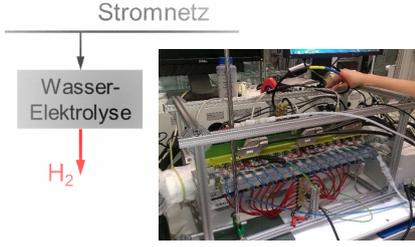
<https://www.efzn.de/de/projekte/efzn-forschungsverbund-wasserstoff-niedersachsen/>



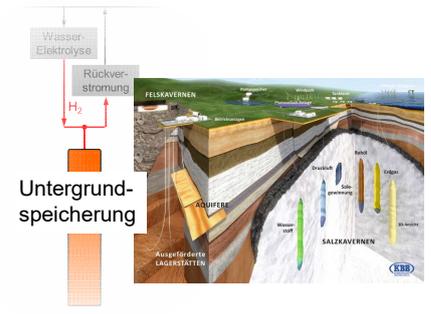
Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

### I. Wasserstoffbereitstellung mittels Wasserelektrolyse

Stromnetz



### II. Speicherung von Wasserstoff im Untergrund und Infrastruktur















R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES) | 15.9.2021
Seite 24

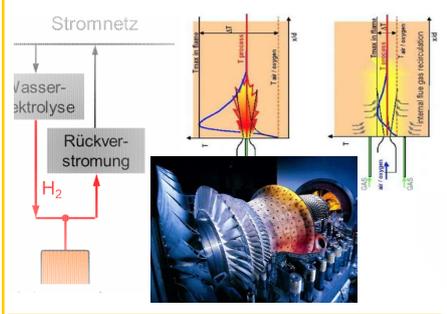
## H2-Forschung in Niedersachsen: EFZN-Forschungsverbund Wasserstoff

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



Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

### III. Zukünftige Wasserstoffverbrennungskonzepte









### IV. Konversion von Wasserstoff in andere Energieträger

Mobilitätssektor  
(Straße, Schiene, Luft, Wasser)

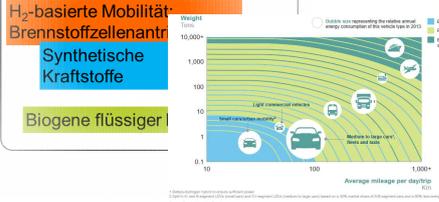
Batterie-elektrische Mobilität

H<sub>2</sub>-basierte Mobilität

Brennstoffzellenantrieb

Synthetische Kraftstoffe

Biogene flüssiger









R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 15.9.2021
Seite 25

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

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



Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

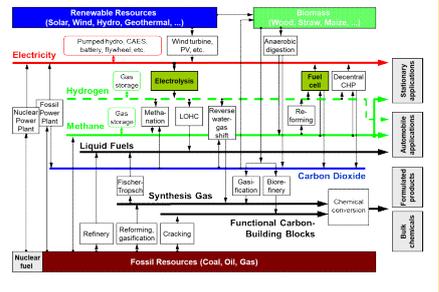
### V. H2-Anwendungen in Brennstoffzellen








### VI. Energiesystemanalyse mit besonderem Schwerpunkt auf H2








R. Hanke-Rauschenbach | Institut für Elektrische Energiesysteme (IFES) | 15.9.2021
Seite 26