

# Wasserstoff als Baustein der Mobilitäts- und Energiewende

HyAllgäu

Kempton 29.07.2021

**Werner Tillmetz**



# E-Mobilität mit Wasserstoff



Avia Tankstelle St. Gallen



# Themen

- Die Dekarbonisierung der Energieversorgung
- E-Mobilität mit Wasserstoff
- Starke Netzwerke sind der Schlüssel zum Erfolg



# Energieversorgung heute: 80% fossil

Fossile Energiequellen  
(—> CO<sub>2</sub> Emissionen)

Kohle

Erdöl

Erdgas

Förderung & Transport  
Wirkungsgrad < 80%

Energieverbraucher

Wärme

Kraftstoff

Industrie

Stahl, Zement,  
Chemie...

Strom

Kohle



Strom

Kraftwerk

Wirkungsgrad 30...40%

**einfach zu speichern,  
bedarfsgerecht einsetzbar**

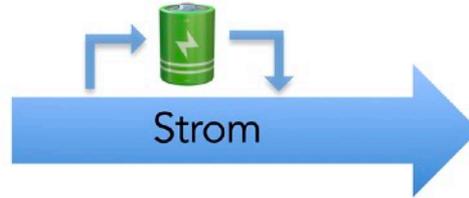


# Energieversorgung von Morgen

Erneuerbare Energien  
(fluktuierend)



Kurzzeit-Speicher  
Wirkungsgrad ca. 80%



Energieverbraucher

Strom

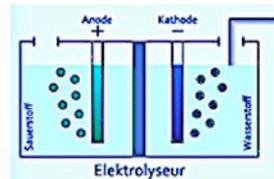
Wärme

Kraftstoff

Industrie

Stahl, Zement,  
Chemie...

Strom



Elektrolyse  
Wirkungsgrad 60...70%

Wasserstoff

einfach zu speichern  
und zu transportieren

**Stromerzeugung  
nicht regelbar und passt  
häufig nicht zum Bedarf**

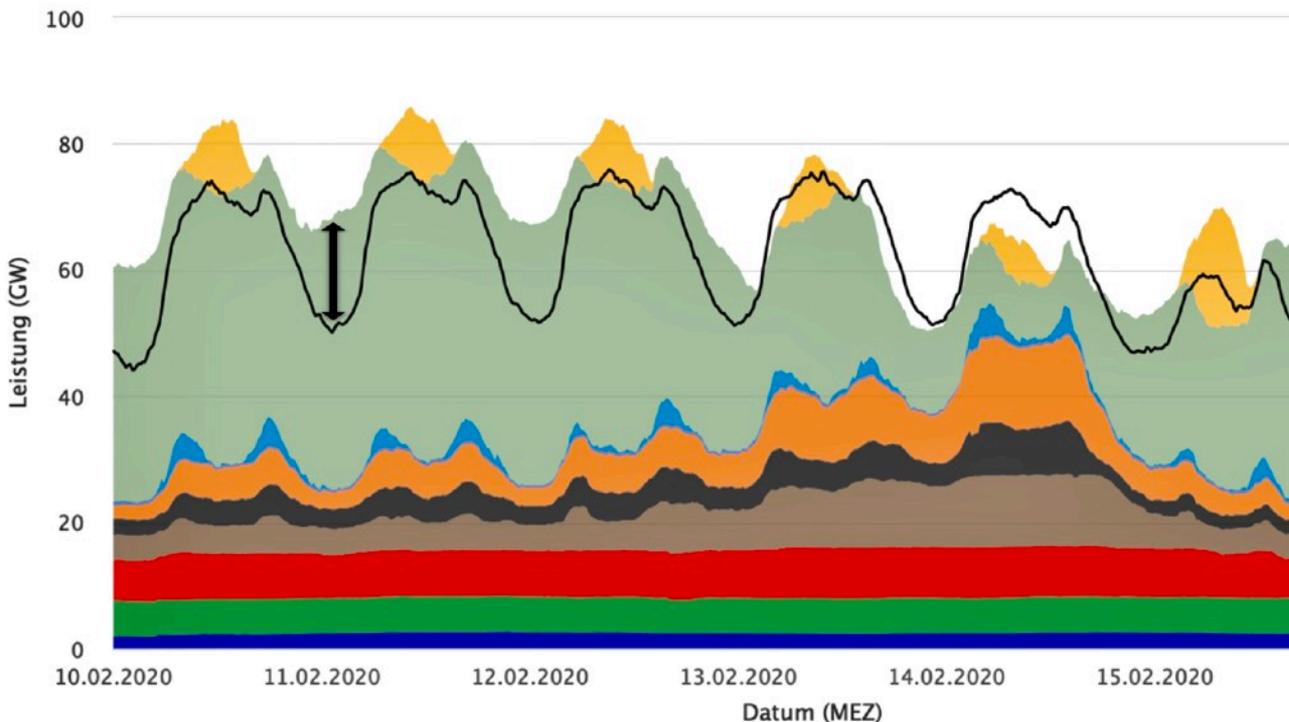


# Die Versorgung mit grünem Strom im Verlauf der Tages- und Jahreszeiten

- Nachts scheint keine Sonne, viele Tage sind regnerisch und im Winter sehr kurz. Der Wind weht auch nicht immer. Woher kommt an solchen Zeiten der grüne Strom?
- Der Import von Strom hat seine Grenzen
- Die E-Mobilität führt zu deutlich steigendem Stromverbrauch und temporär zu einem sehr hohen Leistungsbedarf
- Die heutige Stromversorgung mit ca. 50% grünem Strom (im Jahresdurchschnitt) ermöglicht eine gute Analyse künftiger Entwicklungen - einige Beispiele:



# Stromversorgung im Februar 2020 (zu viel Wind)



Last (Verbrauch) heute 50 – 70 GW  
- künftig zeitweise deutlich höher

Heute an vielen Tagen zu viel Strom verfügbar, der nicht genutzt werden kann - künftig noch mehr temporärer Überschussstrom

In 2020 wurden 6 TWh abgeregelt (Kosten: 1,4 Mrd. € p.a.) und 25 TWh exportiert (netto)

1 TWh reicht z.B. für den Betrieb von 4.000 H<sub>2</sub>-Bussen

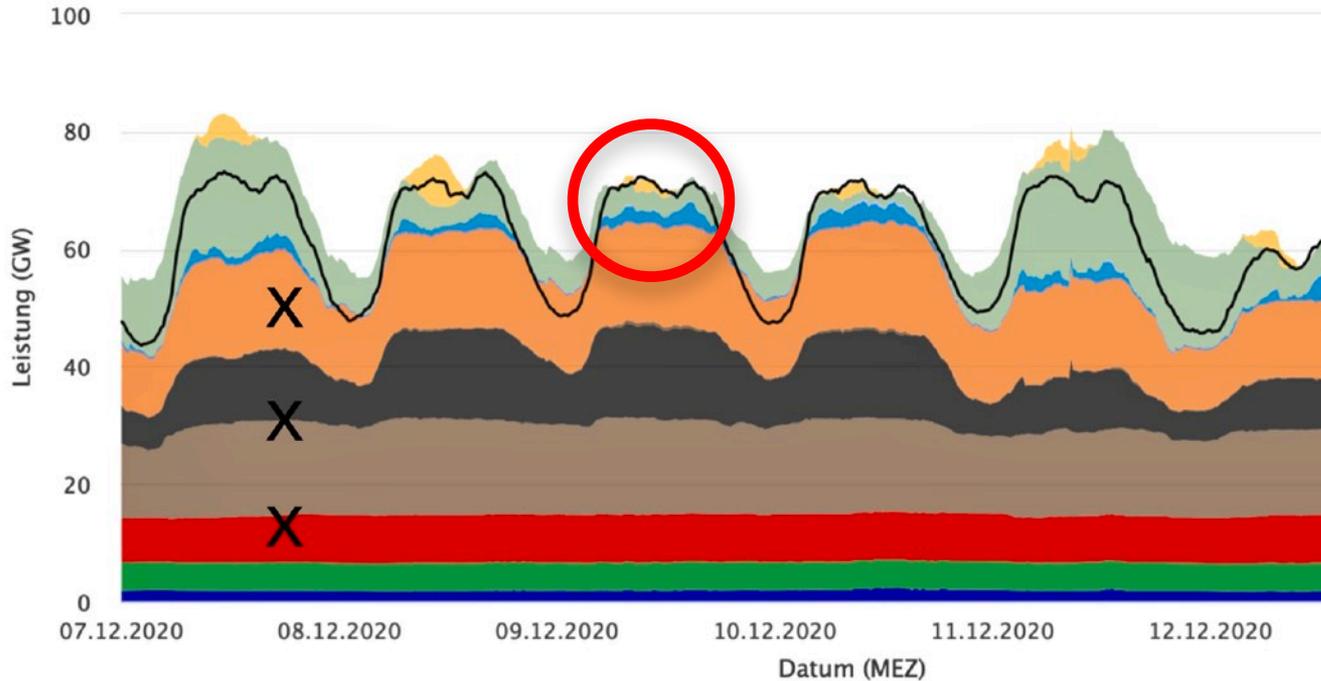
● Pumpspeicher Verbrauch  
● Kernenergie  
● Gas  
● Wind  
● Import Saldo  
● Braunkohle  
● Andere  
● Solar

● Wasserkraft  
● Steinkohle  
● Pumpspeicher  
— Last

● Biomasse  
● Öl  
● Saisonspeicher  
— Residuallast



# Stromversorgung im Dezember 2020 (kaum Wind & Sonne)



● Pumpspeicher Verbrauch  
● Biomasse  
● Steinkohle  
● Andere  
● Wind

● Import Saldo  
● Kernenergie  
● Öl  
● Pumpspeicher  
● Solar

● Wasserkraft  
● Braunkohle  
● Gas  
● Saisonspeicher  
— Last

○ nur 4 – 6 GW aus Wind und PV (trotz installierter 120 GW und 50% EE-Strom im Jahresmittel)

x Geplante Abschaltung der Kern- und Kohlekraftwerke

Wo kommt dann der Strom her?

Zusätzlicher Bedarf zum Laden von Batterie-E-NFZ (nachts mehr als 150 GW für 3 Mio. NFZ)

Strom aus Zeiten mit Überschuss als Wasserstoff speichern - oder Gaskraftwerke massiv ausbauen



# Die Versorgung mit grünem Strom im Verlauf der Tages- und Jahreszeiten

- Um Erzeugung und Bedarf in Einklang zu bringen, werden Speichertechnologien essentiell
- Strom speichern kostet Wirkungsgrad (Primärenergie) und Geld.
- Batterien eignen sich nur für kurze Speicherzeiten
- Was bedeutet das für Wirkungsgrade und die Energieversorgung?



# E-Mobilität: Wirkungsgrade in der realen Welt

Genügend Strom aus Sonne (Wind), um **zeitgleich** Fahrzeugbatterie zu laden



70 %

Nachts: **keine** Sonne (zu wenig Wind) - Strom vom Tag über eine Batterie zwischen speichern



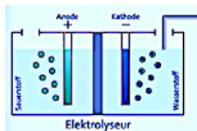
60 %

Über viele Tage **wenig** Sonne, **wenig** Wind: kein „grüner Strom“ zum Laden der Fahrzeugbatterie



30 %

**Wasserstoff** aus temporär **überschüssigem** grünem Strom - kann **jederzeit** getankt werden



55 %

Import über Erdgaspipeline möglich



1: Strom nur aus fossilen Kraftstoffen verfügbar - dann sehr hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen für Batterie-E-Fahrzeuge

2: kein Wirkungsgrad gerechnet, da Strom im Überschuss und sonst nicht nutzbar

Zum Vergleich: Wirkungsgrad Verbrennungsmotor inkl. fossile Kraftstoffherzeugung: ca. 15%

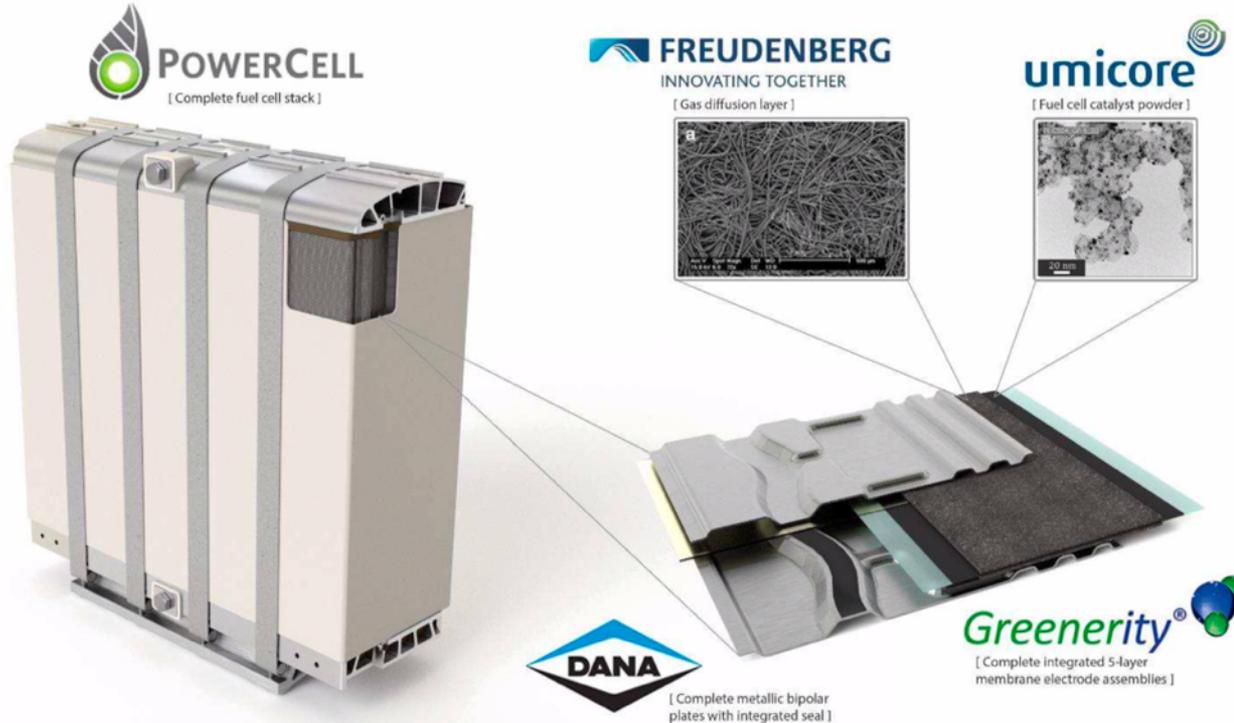
Details zur Rechnung siehe Anhang

# Themen

- Die Dekarbonisierung der Energieversorgung
- E-Mobilität mit Wasserstoff
- Starke Netzwerke sind der Schlüssel zum Erfolg



# Brennstoffzelle für die E-Mobilität



- 100 kW Dauerleistung
- 28 l / 33 kg
- 335 Zellen
- Kosten: 40 \$/ kW  
(@ 120.000 Stacks p.a.)



# E-Antrieb mit Brennstoffzelle/Wasserstoff

Brennstoffzelle

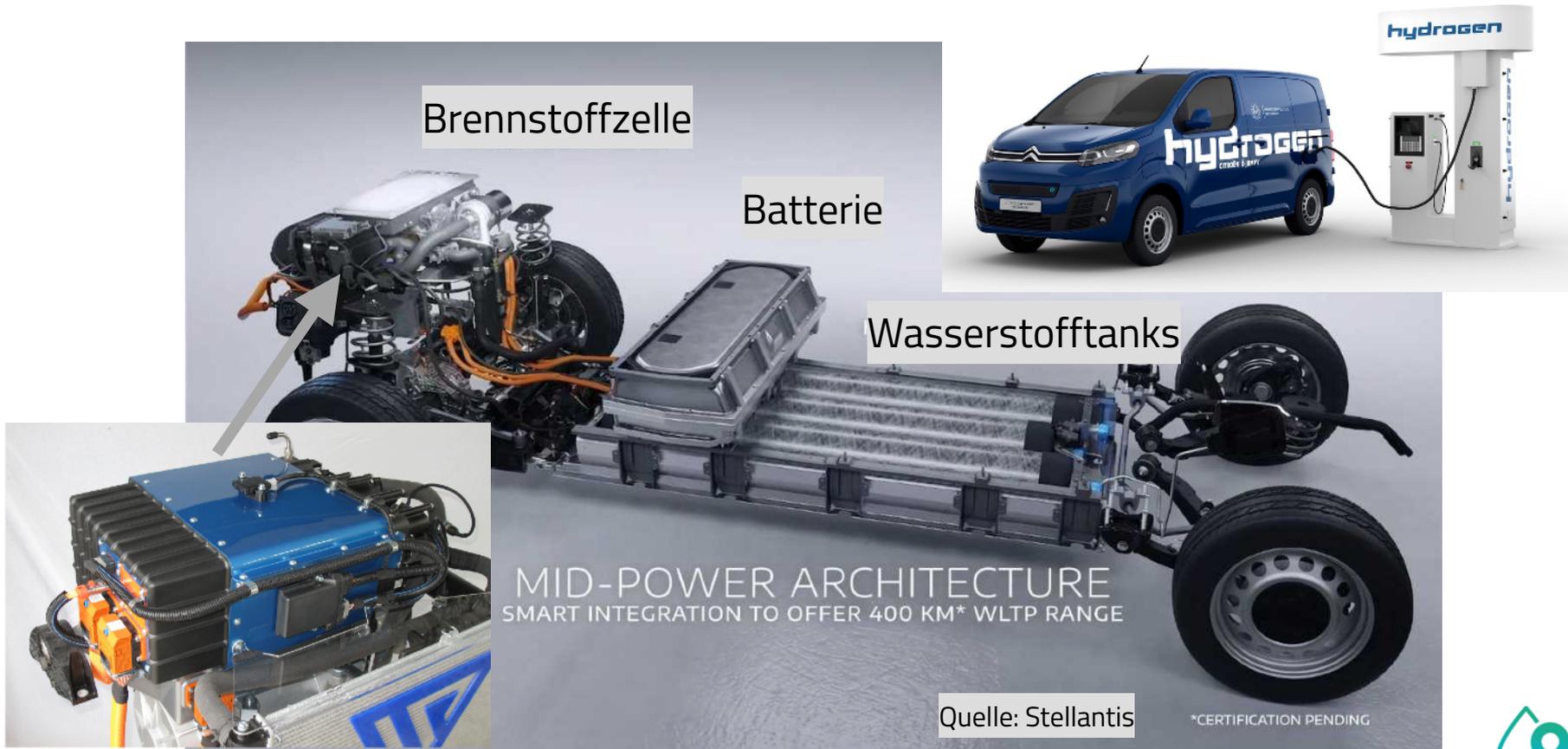
Batterie

Wasserstofftanks

MID-POWER ARCHITECTURE  
SMART INTEGRATION TO OFFER 400 KM\* WLTP RANGE

Quelle: Stellantis

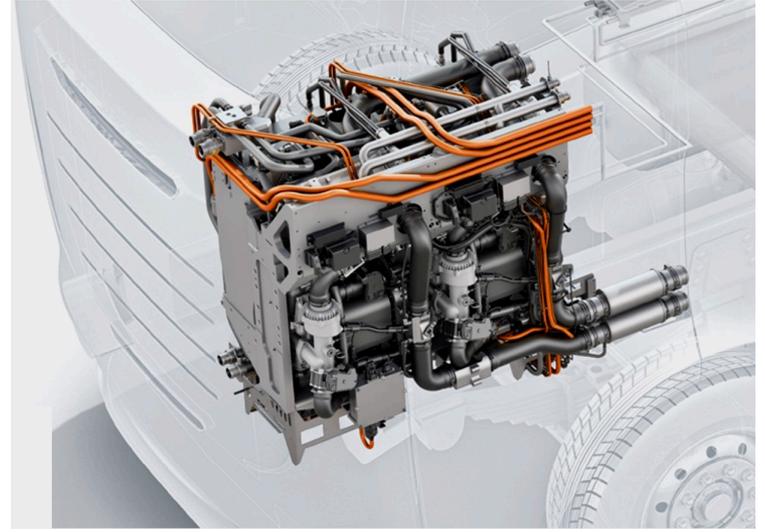
\*CERTIFICATION PENDING



# E-Fahrzeuge mit Wasserstoff

Hyundai, Toyota, Bosch, BMW, Daimler/Volvo,  
Iveco, ElringKlinger, Opel/Stellantis, Renault,  
Michelin, NEL Hydrogen, Linde, Siemens, Airbus,  
Alstom, Engie

**..... eine Industrie im Wandel - weltweit**



Bildquellen: Stellantis, ZSW, Bosch, Alstom, BMW, Toyota



# E-Busse mit Wasserstoff



27 Daimler Busse für Heidelberg (2022)

- Weltweit 1.000 H<sub>2</sub>-Busse – 300 in Europa
- ideal für täglich lange Fahrstrecken, bergiges Gelände und wenig Zeit zum Laden/Tanken
- Tankstellen auch für PKW und Nutzfahrzeuge nutzen



10 Caetano Busse für Wiesbaden



20 vanHool Busse für Wuppertal



12 Solaris Busse für Bozen &  
13 für Frankfurt



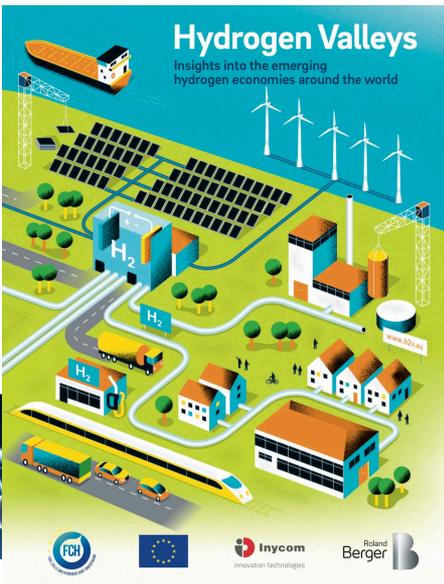
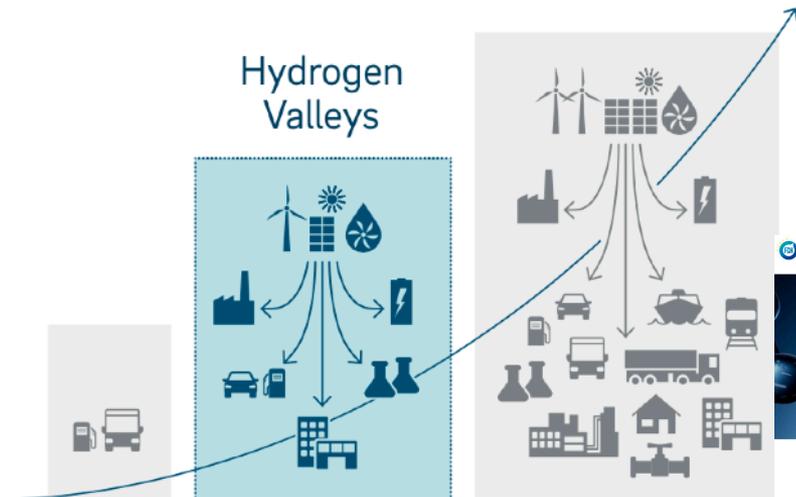
# Themen

- Die Dekarbonisierung der Energieversorgung
- E-Mobilität mit Wasserstoff
- Starke Netzwerke sind der Schlüssel zum Erfolg



# Die Rolle von Netzwerken

- Starke Kooperationen über die Wertschöpfungskette hinweg sichern Erfolg und Arbeitsplätze
- Umfangreiche politische Unterstützung in D & EU



36

Hydrogen Valleys



19

Countries



36,741

Total investment (M€)



# Wasserstoff Netzwerk Schweiz

## Emissionsfreier Gütertransport



Home Unser Team Geschäftsfelder Wasserstoff Aktuell Kontakt DE EN FR



Alles aus einer Hand:  
Wasserstoff-Erzeugung -  
Transport - Tankstelle - Fahrzeug



# Fazit

- Sonne und Wind liefern im Verlauf der Tages- und Jahreszeiten nur sehr unregelmäßig Strom - der Abgleich zwischen Erzeugung und Bedarf kostet Wirkungsgrad und Geld
- Mit Wasserstoff kann viel grüner Strom aus Zeiten des Überschuss gespeichert und idealerweise direkt in Brennstoffzellen-Fahrzeugen eingesetzt werden
- Ohne Wasserstoff wird die Stromerzeugung aus fossilen Kraftwerken über lange Zeit sehr hoch bleiben oder sogar steigen, um Spitzenlasten (Versorgungssicherheit) abzudecken
- Batterie-E-Fahrzeuge sind ideal für täglich meist kurze Strecken und leichte Fahrzeuge
- Enge, strategische Kooperationen sichern den Erfolg



# Wasserstoff ist der Garant für eine erfolgreiche Energie- und Mobilitätswende

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



<https://h2connect.eco>

<https://www.facebook.com/h2connect.eco/>



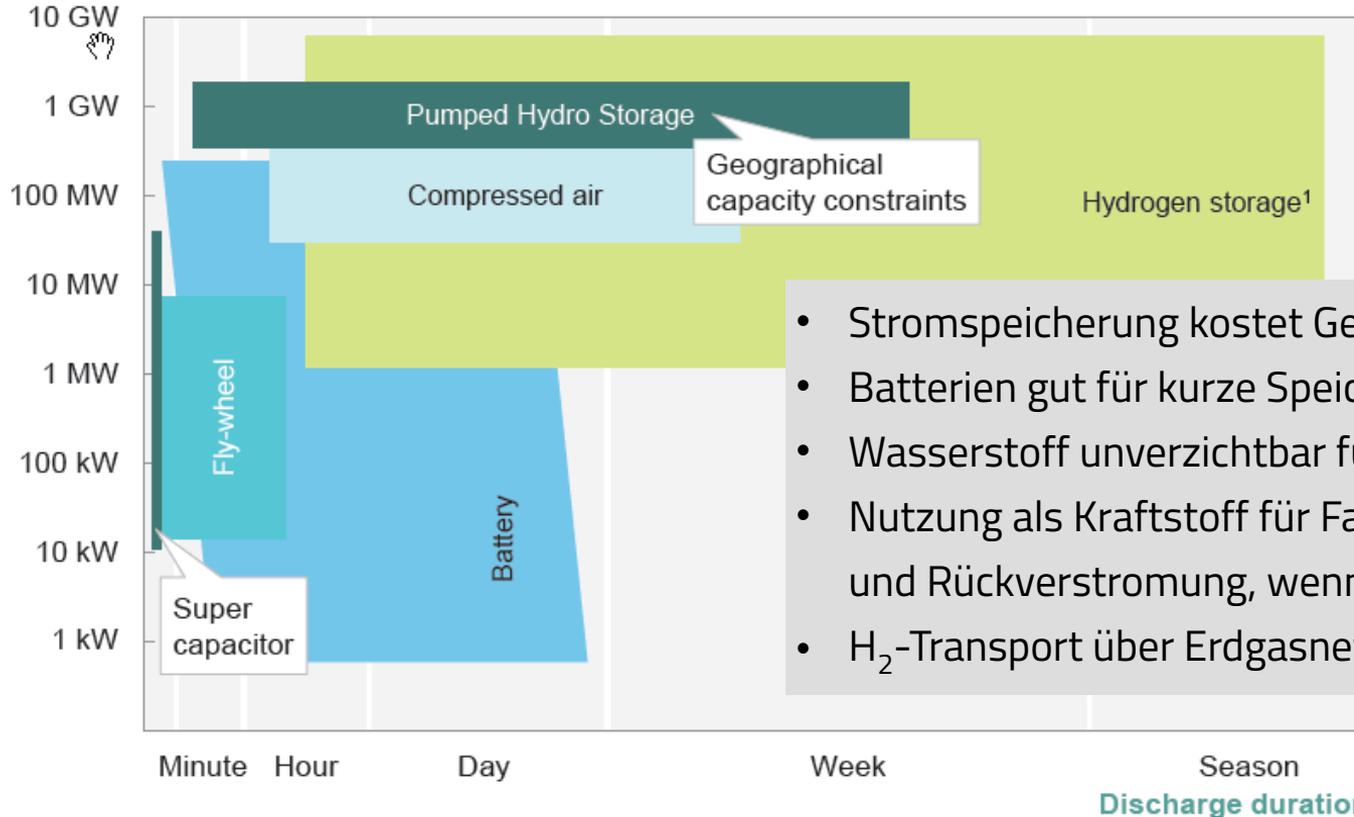
# Anhang

- Strom Speichern: Technologien im Vergleich
- Zahlen zum Nachrechnen
- Einsatzgebiet von Batterien und Wasserstoff in der E-Mobilität



# Stromspeicherung wird entscheidend

Capacity



- Stromspeicherung kostet Geld und Wirkungsgrad
- Batterien gut für kurze Speicherzeiten / viele Zyklen
- Wasserstoff unverzichtbar für große Energiemengen
- Nutzung als Kraftstoff für Fahrzeuge, Industrie und Rückverstromung, wenn notwendig
- H<sub>2</sub>-Transport über Erdgasnetz

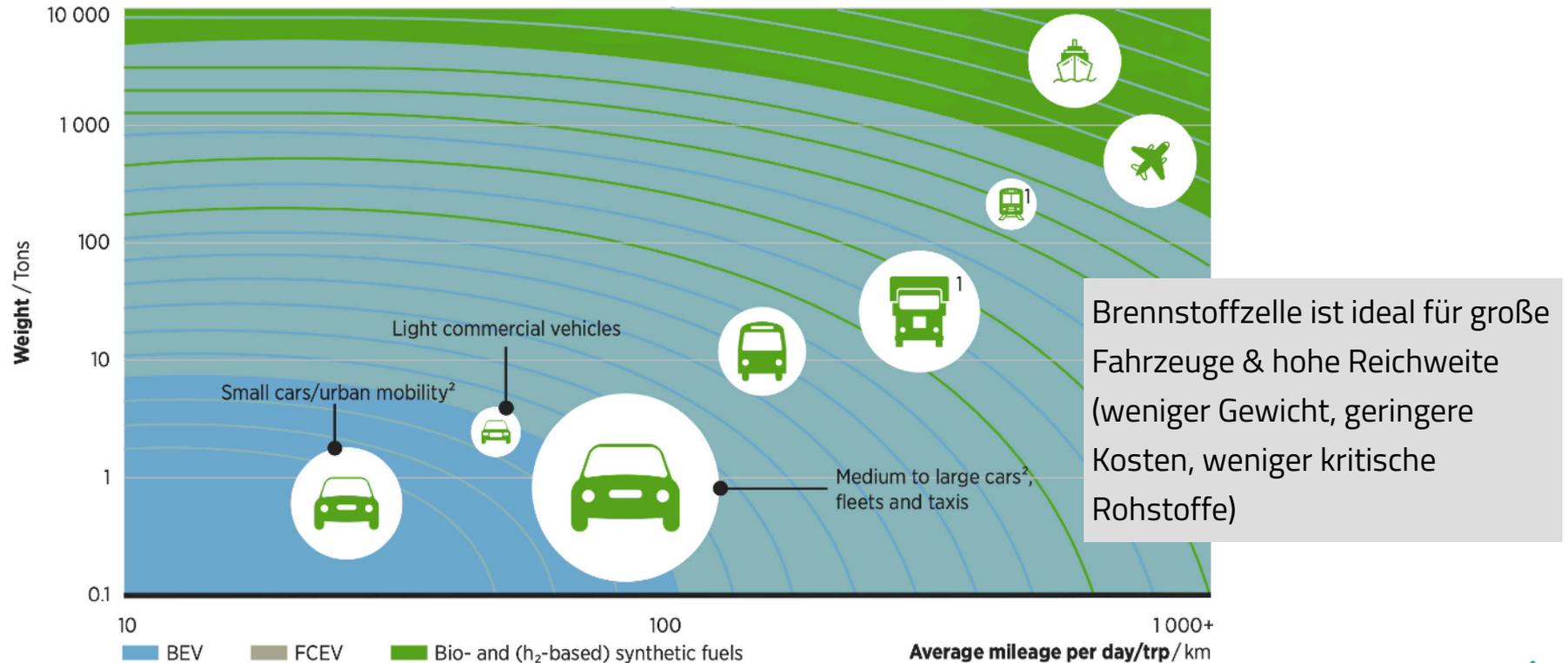


# Einige Fakten zum Nachrechnen

- 8.760 Stunden im Jahr muss genügend Strom verfügbar sein
- ca. 1.000 Volllaststunden bei der Photovoltaik - im Süden etwas mehr im Norden etwas weniger
- ca. 2.000 Volllaststunden bei Windkraft - im Süden etwas weniger im Norden etwas mehr
- Bis zu 4.000 Volllaststunden bei Offshore-Wind
- Wirkungsgrade:
  - Batteriespeicher (inkl. DC/AC/DC): 85%
  - Laden der Batterie im Fahrzeug: 85%
  - Elektrolyse: 70%;
  - Stromtransport oder Wasserstofftransport Pipeline: 95%;
  - Kompression Wasserstoff an der Tankstelle: 90%
  - Gasturbine für die Stromerzeugung: 40%



# E-Mobilität mit Wasserstoff & Batterie



○ Bubble size representing the relative annual energy consumption of this vehicle type in 2013

Quelle: Irena - Hydrogen from Renewable Power 2018  
Hydrogen Council November 2017

