

Das Projekt H2PUR

Wasserstoff Planung für die Region Ulm/Neu-Ulm

Kurzvorstellung des Projekts

Laufzeit 06/2021 – 11/2022

Manja Feurle (Projektmanagement, WBZU)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekt H2PUR – Ziel

Erarbeitung eines Gesamtkonzepts zur Initiierung und Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft

→ Regionale H2-Roadmap

Förderung des Einsatzes von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Info: Modellregion Grüner Wasserstoff ist ein weiteres, sich im Antragsverfahren befindende Projekt

Gefördert durch:

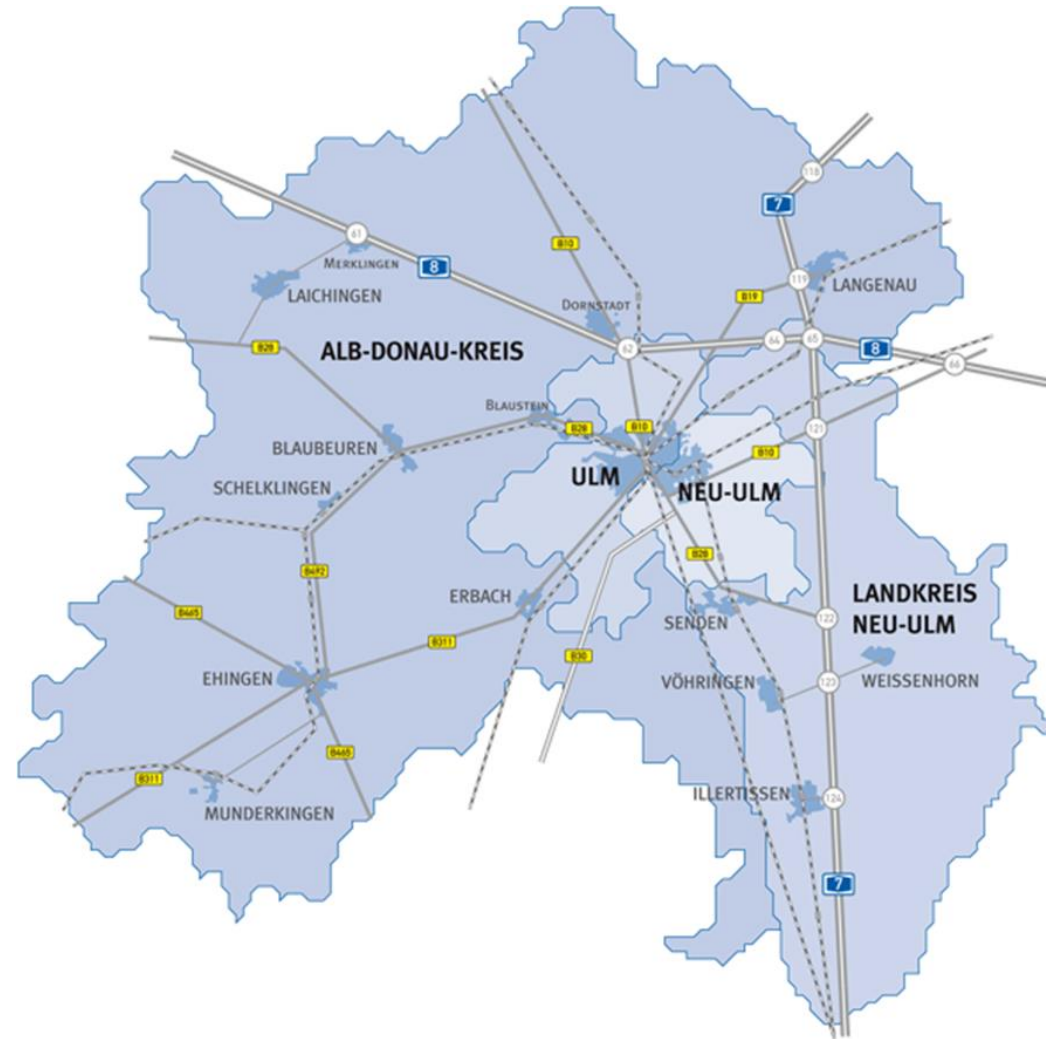


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wasserstoff in der Region Ulm/Neu-Ulm



Umkreis <100 km



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kernteam



Stadt Ulm

ulm



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Projekt H2PUR ist in fünf Arbeitspakete (AP) aufgeteilt:

- **AP 1 Wasserstoffherzeugung**
verantwortlich: Manfred Bächler (smart hydrogen solutions GmbH)
- **AP 2 Wasserstoffverteilung und –speicherung**
verantwortlich: Jan-Peter Boye und Dr. Ludwig Jörissen (beide ZSW)
- **AP 3 Wasserstoffnutzung**
verantwortlich: Prof. Dr. Michael Schlick (TH Ulm) und Dr.-Ing. Caroline Willich (Uni Ulm)
- **AP 4 Wasserstoffwirtschaft**
verantwortlich: Prof. Dr. Michael Schlick (TH Ulm)
- **AP 5 Projektmanagement, Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit**
verantwortlich: Manja Feurle (WBZU/HWK Ulm)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kurzer Ausblick vorweg

→ Wasserstoffbedarf

1. Meilenstein im Projekt:

Der regionale Wasserstoffbedarf ist bekannt (*Schätzung*)



Input für Arbeitspakete:

- 1 Wasserstofferzeugung
- 2 Wasserstoffverteilung und -speicherung
- 4 Wasserstoffwirtschaft

Direkter Austausch
zur (groben)
Bedarfsermittlung

WORKSHOPS

- Identifizierung der Einsatzbereiche
- Realistische Bedarfe und Zeiträume, z.B. Flottenaustausch
- Anforderungen der potentiellen Nutzer, z.B. Tankstellennetz
- Rahmenbedingungen, Vorschriften, ...

1. Termin:

Dienstag, 21.9.21
16-18.30 Uhr

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

H2PURe Workshops



Zielsetzung

1. Prämissen für die Szenarien entwickeln

- Was müssen wir beachten?

Preis H2, Fahrzeugverfügbarkeit, Gesetzesvorgaben, ...

2. Organisation Wasserstoffwirtschaft

- Aufgabenteilung, gemeinsame Aktivitäten, Bürgerinvestition, ...

Start der Diskussion, wie dies zu gestalten ist.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Vortrag

Spektrum Wasserstoff – Ein Überblick

Prof. Dr. Michael Schlick
(*Technische Hochschule Ulm*)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wasserstoff und Brennstoffzellen

M. Hölzle, L. Jörissen, M. Schlick

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wasserstoff – Ein paar Fakten zum Einstieg



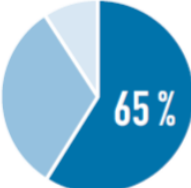
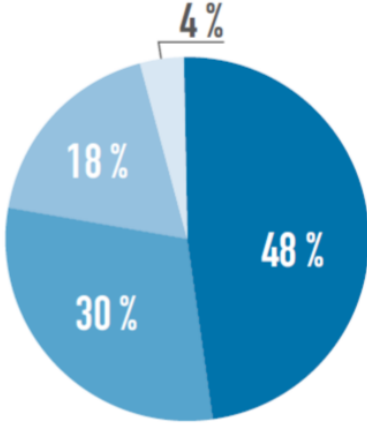
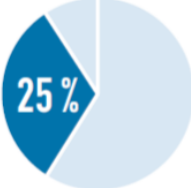
- Wasserstoff ist ein Gas; kommt in der Natur nicht als solches vor; muss immer gezielt hergestellt werden
 - Die Herstellung heute erfolgt fast ausschließlich aus Erdgas
 - Die Herstellung zukünftig durch Spaltung von Wasser erfolgen
- Wasserstoff ist eine der volumenmäßig größten Chemikalien, die weltweit produziert werden
 - Ohne Wasserstoff keine Düngemittel
 - Ohne Wasserstoff kein Benzin / Diesel
 - Ohne Wasserstoff keine Chemikalien, Kunststoffe, Arzneimittel,...
- Wasserstoff wird in der Regel dort produziert, wo er auch verbraucht wird, deshalb ist er auch eine große Unbekannte für die meisten von uns
- Wasserstoff und elektrischer Strom werden das Rückgrat unserer zukünftigen Energieversorgung darstellen
 - Beide Energieträger können ohne Emissionen von CO₂ hergestellt werden

Gefördert durch:

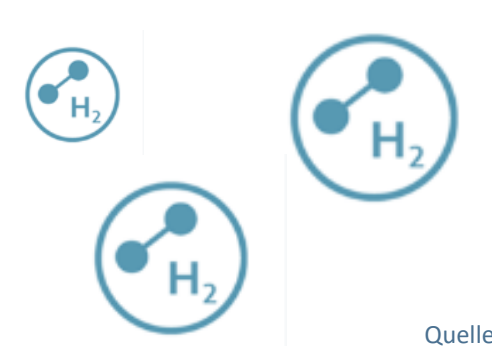


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wasserstoff heute - Einsatzfelder und Herstellungsverfahren weltweit

INDUSTRIE-SEKTOR	HAUPTANWENDUNG	ANTEIL AN DER GLOBALEN H ₂ -NACHFRAGE	WASSERSTOFF-QUELLEN
Chemische Industrie	⇒ Ammoniak (Düngemittel) ⇒ Polymere (Kunststoffe) ⇒ Harze		 48 % 30 % 18 % 4 % - Erdgas - Öl - Kohle - Elektrolyse (Chlor-Alkali)
Raffinerien	⇒ Hydrocracking ⇒ Hydrotreating		
Stahlproduktion	⇒ Tempern/Härten ⇒ Schutzgas ⇒ Formiergas		
Industrie allgemein	⇒ Halbleiter ⇒ Lebensmittelproduktion ⇒ Hydrierung von Fetten ⇒ Glasproduktion ⇒ Generatorkühlung		

- Der **weltweite Wasserstoffverbrauch** liegt aktuell bei ca. **70 Mio. t/a** (ca. 140 Mrd. €/a bei 2 €/kg).
- Der Energiebedarf entspricht 1,4% des Weltenergiebedarfs.



Quelle: ZSW
Gefördert durch:

Die neue „Farbenlehre“ des Wasserstoff

Pink: Kernenergie

Grau: Fossile Brennstoffe (Dampfreformierung von Erdgas)

Blau: Fossile Brennstoffe, wobei CO₂ bei der Entstehung abgeschieden und gespeichert wird (CCS).

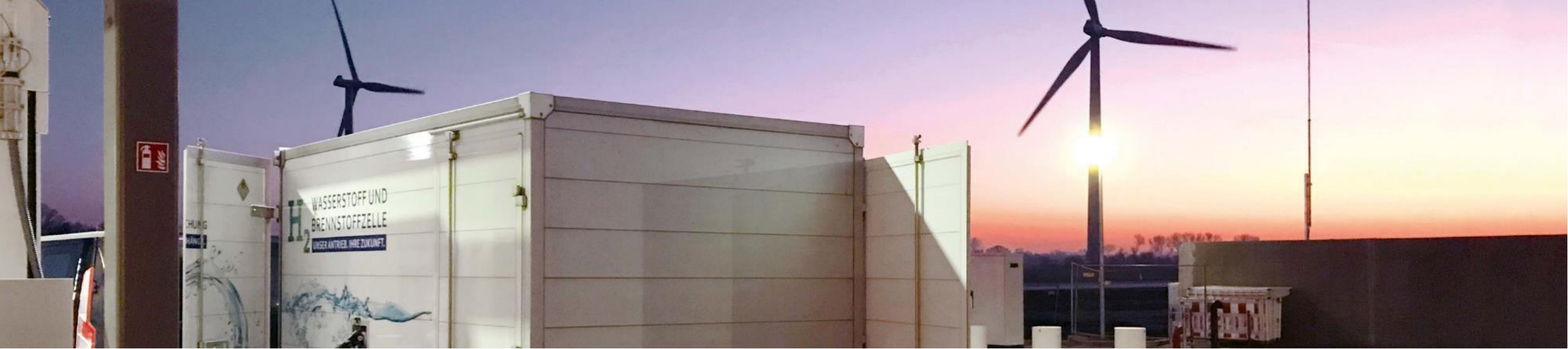
Türkis: Spaltung von Methan (Methanpyrolyse); anstelle von CO₂ entsteht dabei fester Kohlenstoff

Grün: Erneuerbare Energien (Elektrolyse oder Biomasse)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



WARUM WASSERSTOFF?

Das neue Leitbild der EU: Europa als erster Klimaneutraler Kontinent



Was ist jetzt anders?

Ein europäischer Grüner Deal:

„Ich will, dass Europa noch mehr erreicht, indem es zum ersten klimaneutralen Kontinent wird.“

Die Botschaft der europäischen Wählerinnen und Wähler – und auch derer, die noch zu jung zum Wählen sind – ist unmissverständlich: Sie wollen konkrete Maßnahmen, um den Klimawandel zu bekämpfen, und sie wollen, dass Europa dabei eine Vorreiterrolle übernimmt... Um unser Ziel zu erreichen, werde ich ... einen ... Grünen Deal vorschlagen. Dazu gehört das erste europäische Klimagesetz, mit dem das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 gesetzlich verankert werden soll.“



*„... Der heute [14.1.2020] von uns vorgelegte Plan zur **Mobilisierung von mindestens einer Billion Euro [bis 2030]** ... wird eine Welle grüner Investitionen auslösen.“ Ursula von der Leyen, 14.1.2020*

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Zwei Energieträgersysteme (Strom und Wasserstoff) für den gesamten Energieverbrauch aller Sektoren



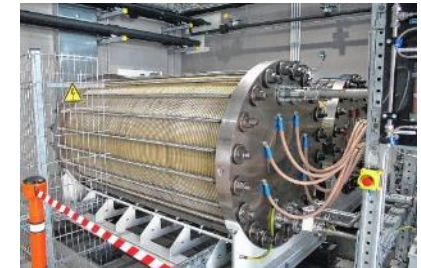
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen für das Jahr 2019

Hüwener | Deutsche Wasserstoffvollversammlung | 26.01.2021

70 % der notwendigen Primärenergie werden in Deutschland importiert
Auch Wasserstoff wird zukünftig importiert werden müssen



Wasserelektrolyse

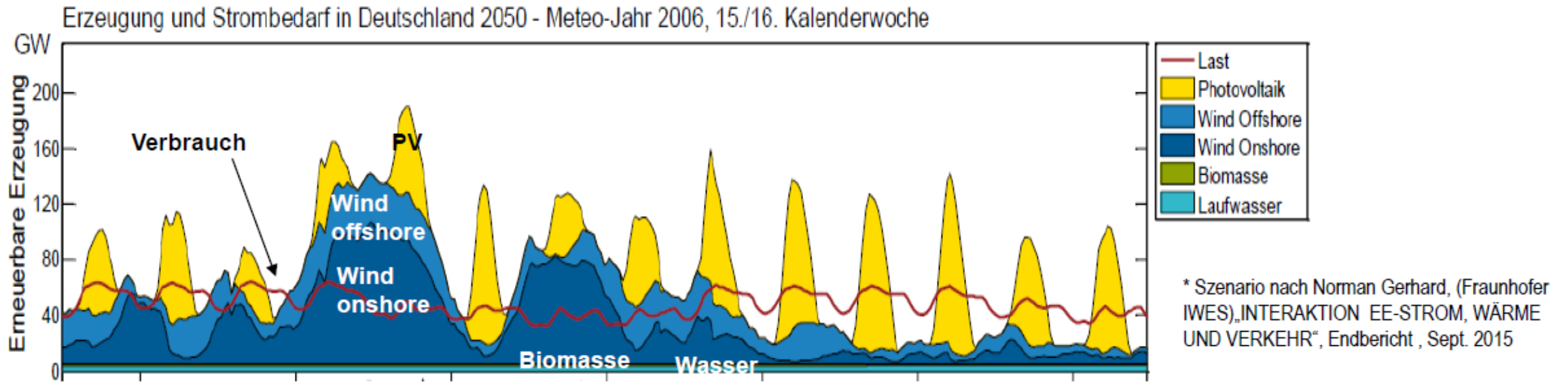


Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Profile der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien 2 Beispielwochen im Jahr 2050*

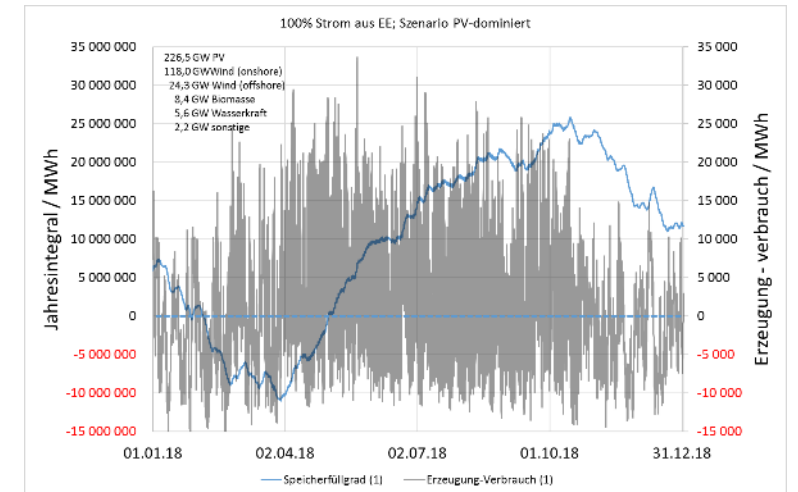


- Kostenoptimaler Ausbau erneuerbarer Energien führt zu „Ernteüberschüssen“
 - Zwischenspeicherung von elektrischer Energie (für Dunkelflauten)

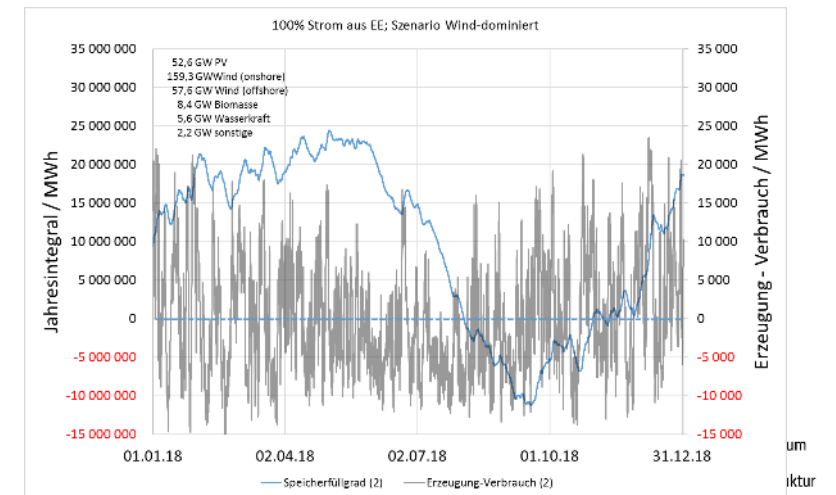
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>

Das deutsche Stromsystem hypothetisch vollständig mit Strom aus erneuerbaren Energien gespeist. (Hochgerechnet aus dem Jahr 2018)

- Täglicher Wechsel von „Überschuss und Mangel“
 - Tagesspeicher erforderlich
- Halbjahresweiser Wechsel von „Überschuss und Mangel“
 - Saisonale Speicher erforderlich
- Es wird eine saisonale Speicherkapazität von ca. 35 TWh (verlustfrei) benötigt
- Um 35 TWh zu speichern braucht man
 - 4 000 mal die Kapazität des größten deutschen Pumpspeicherkraftwerks (Goldisthal)
 - 350 Mio. 100 kWh Batterien
 - 21 Mrd. Nm³ Wasserstoff zur Wiederverstromung (1,9 Mio. t)



Quelle: <https://www.smar.de>, Grafik ZSW

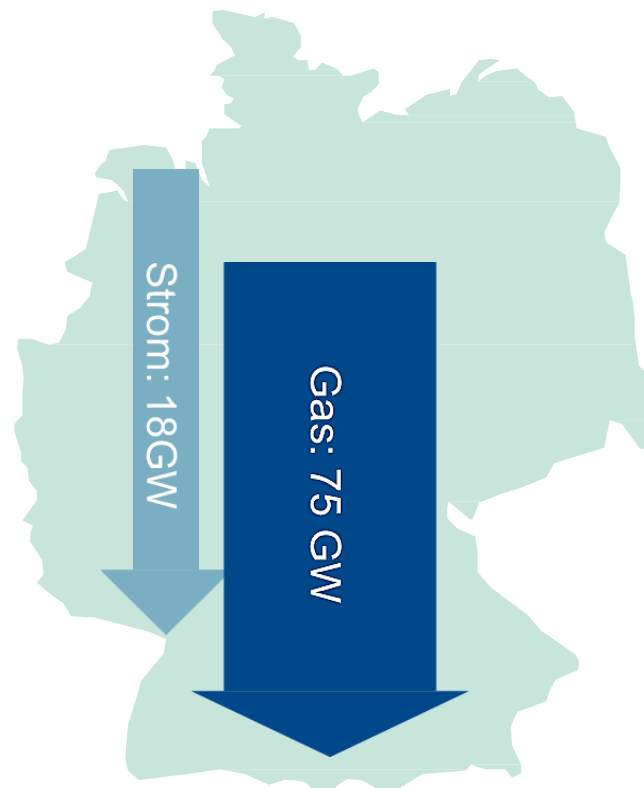


Speicherung und Transport von Wasserstoff ist auch in großen Mengen möglich

- Eine Gaspipeline transportiert soviel Energie wie acht Hochspannungsleitungen



- Riesige Nord-Süd- Transportkapazitäten im deutschen Gasnetz vorhanden



Quelle: Frontier Economis, Grober Vergleich der bestehenden Strom- und Gastransportkapazitäten von Nord- nach Süddeutschland

- Deutsche Gas-Speicherkapazitäten drei Monate



- Strom 36 Minuten



Quelle: DVGW

Ministerium für
Energie und
Infrastruktur

Hüwener | Deutsche Wasserstoffvollversammlung | 26.01.2021

„European Hydrogen Backbone“ - kostengünstiger Wasserstoff-Ferntransport über Pipelinennetz

FIGURE 1

Mature European Hydrogen Backbone
can be created by 2040.



- **Wasserstoff-Transportinfrastruktur**, die Angebot und Nachfrage in Nord-Süd- und West-Ost- Richtung miteinander verbindet
- 2030: 6.800 km Leitungsnetz verbindet Wasserstoffcluster miteinander
- 2040: Netz erstreckt sich in alle Richtungen mit einer Länge **ca. 23.000 km**
- Backbone erfordert bis 2040 geschätzte Gesamtinvestitionen von **27-64 Mrd. €**
- (75% umgestellte Erdgasleitungen, 25% neu zu bauende Wasserstoffleitungen)
- Transportkosten: **0,09-0,17 €/kg pro 1.000 km** - kosteneffizienter Ferntransport in Europa

Quelle: European Hydrogen Backbone

Gefördert durch:



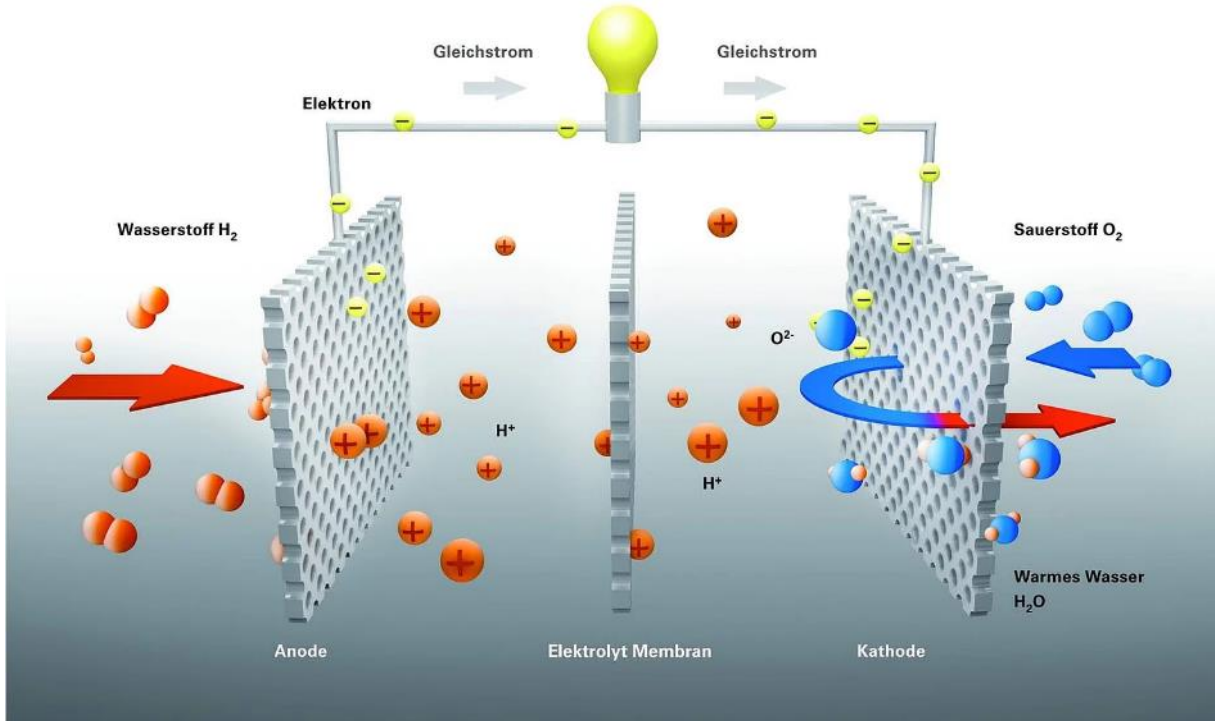
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

Brennstoffzelle als „kalter Verbrenner“ für Wasserstoff zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie (Strom)

Funktionsweise Brennstoffzelle



Quelle: Energie-Experten.org

150 kW Brennstoffzelle für Pkw/Lkw-Antrieb



Quelle: Bosch

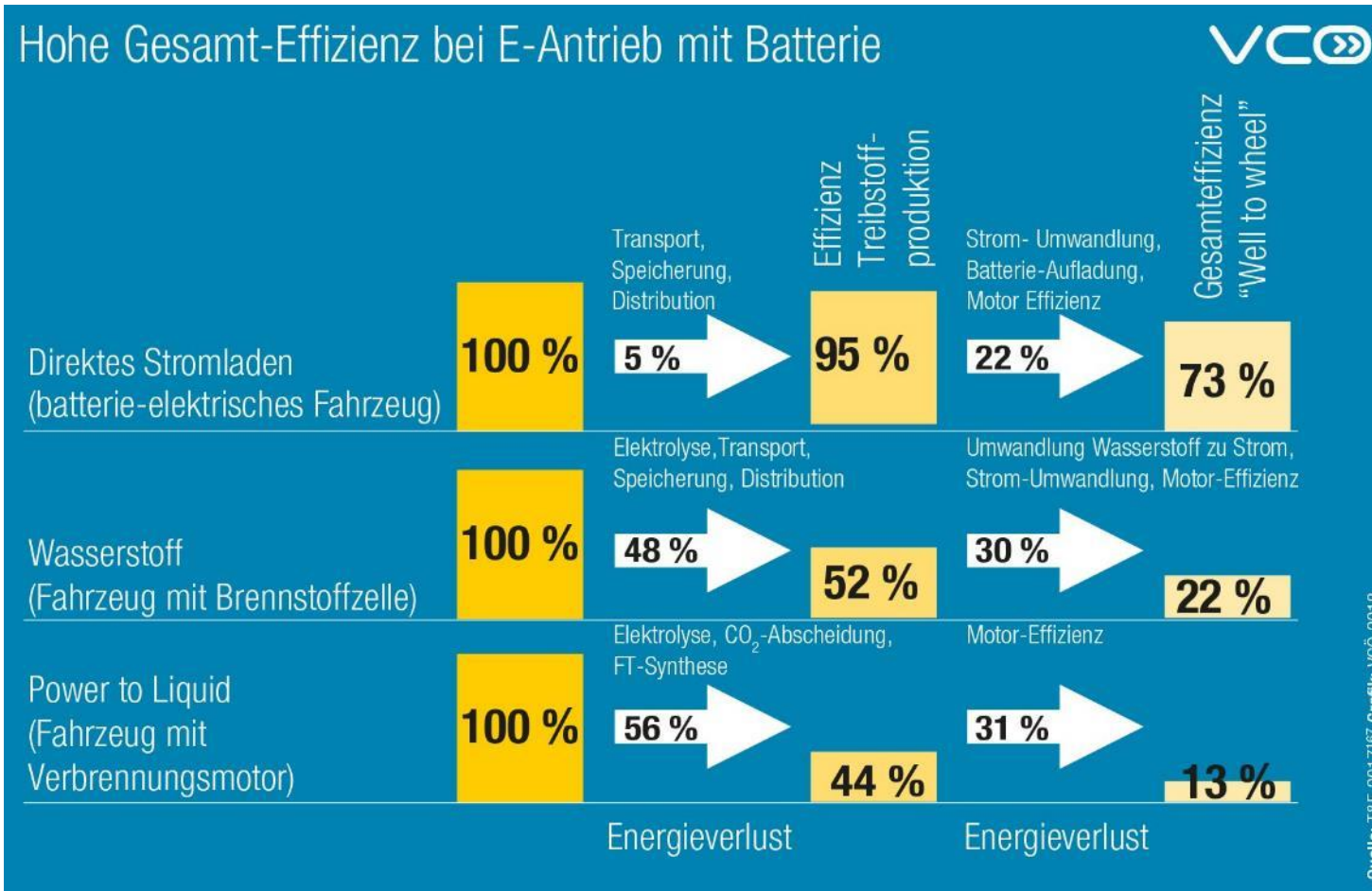
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Effizienzvergleich Batterie- vs. Brennstoffzellenantrieb

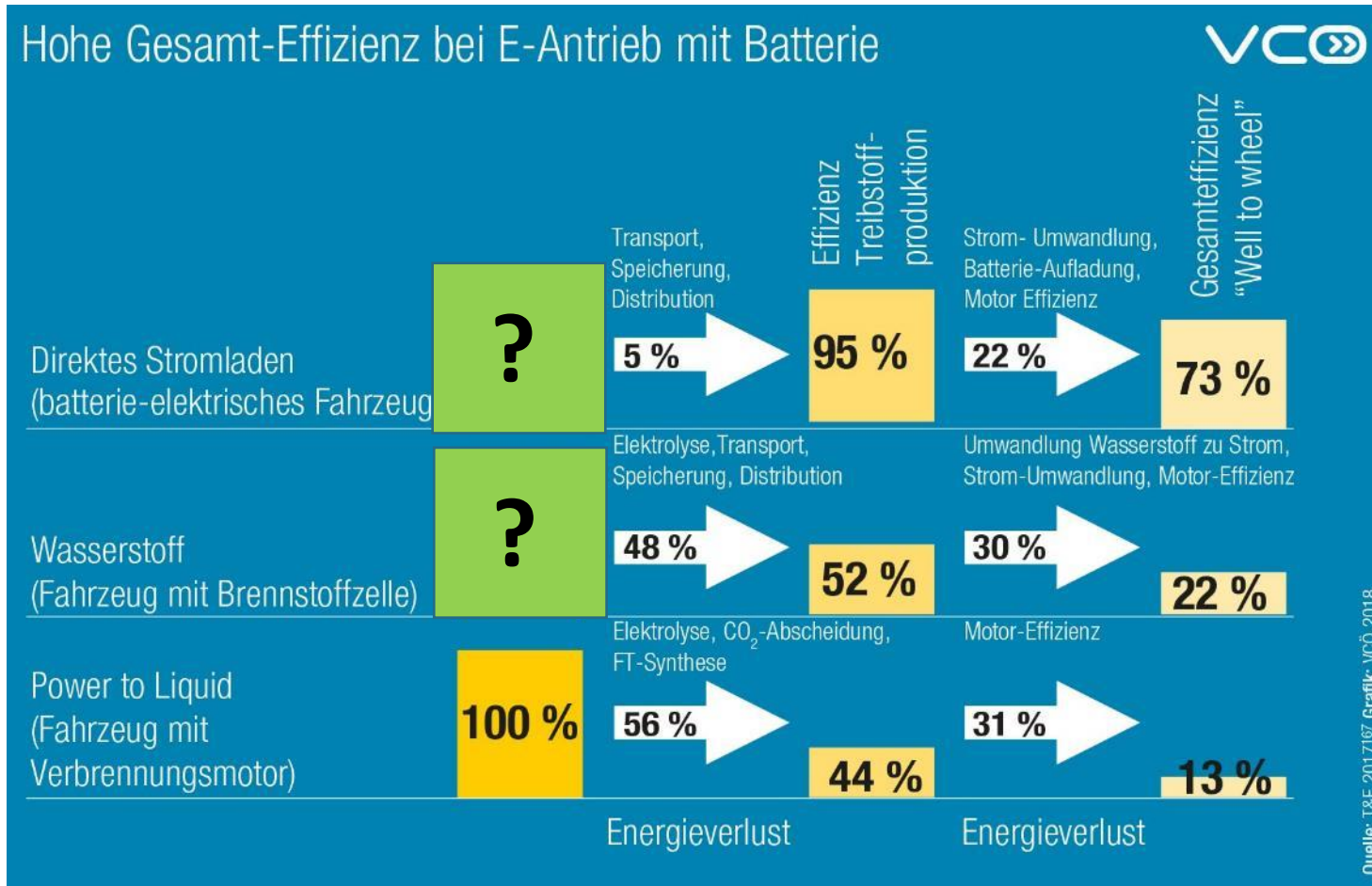
Mehrere CO₂-freie Antriebsalternativen sind in der Zukunft denkbar



- Kommt der Strom aus der Steckdose ist der batterieelektrische Antrieb effizienter als Brennstoffzellenantrieb

Effizienzvergleich Batterie- vs. Brennstoffzellenantrieb

Mehrere CO₂-freie Antriebsalternativen sind in der Zukunft denkbar

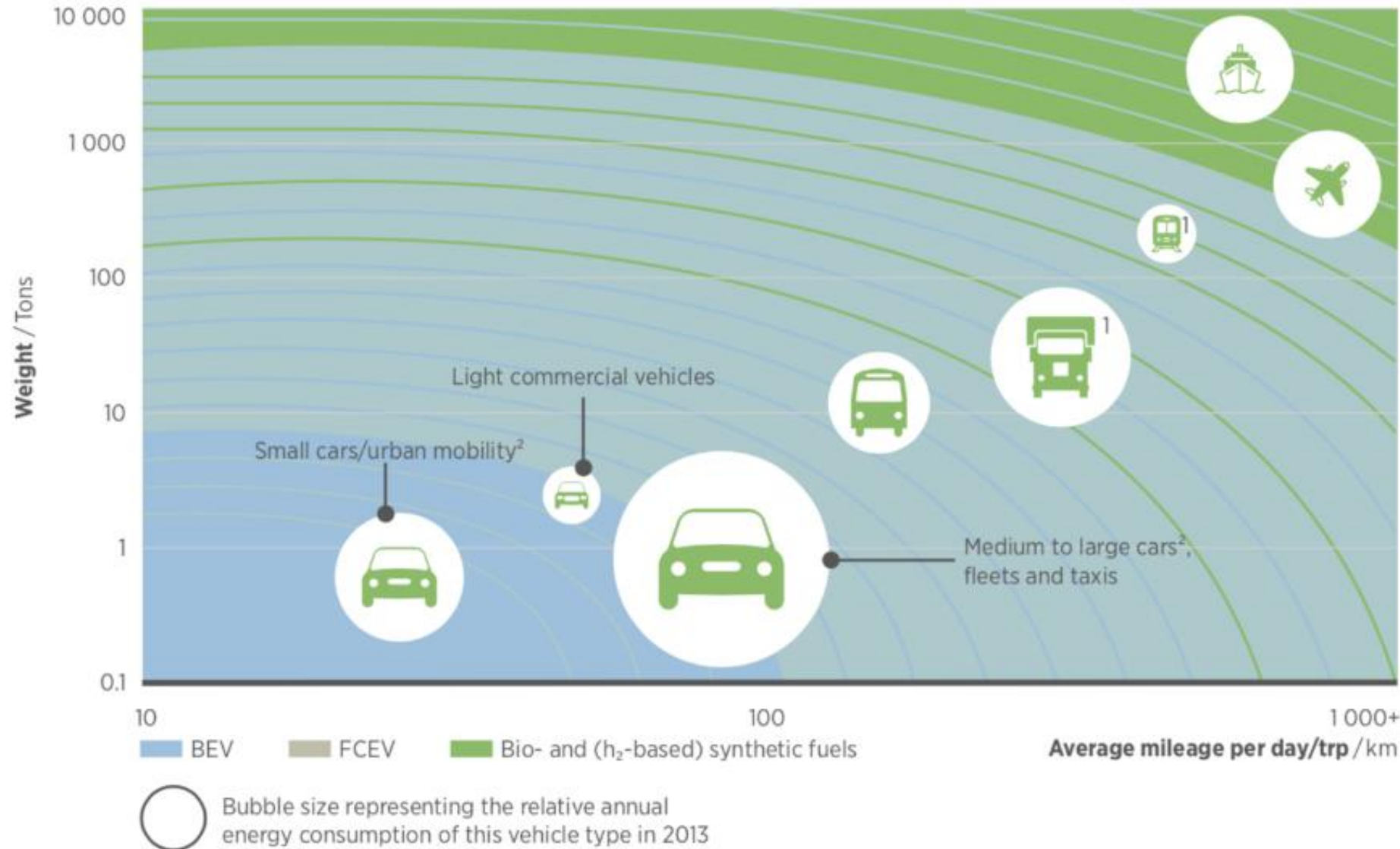


- Kommt der Strom aus der Steckdose ist der batterieelektrische Antrieb effizienter als Brennstoffzellenantrieb
- Nicht beachtet ist der Wirkungsgrad der Stromerzeugung und die Verluste durch Zwischenspeicherung und Transport
- Wasserstofferzeugung wird regelbare Last

Quelle: Irena – Hydrogen from Renewable Power 2018, Hydrogen Council November 2017

Reichweite und Leistungsbedarf bestimmen den verwendete Energieform

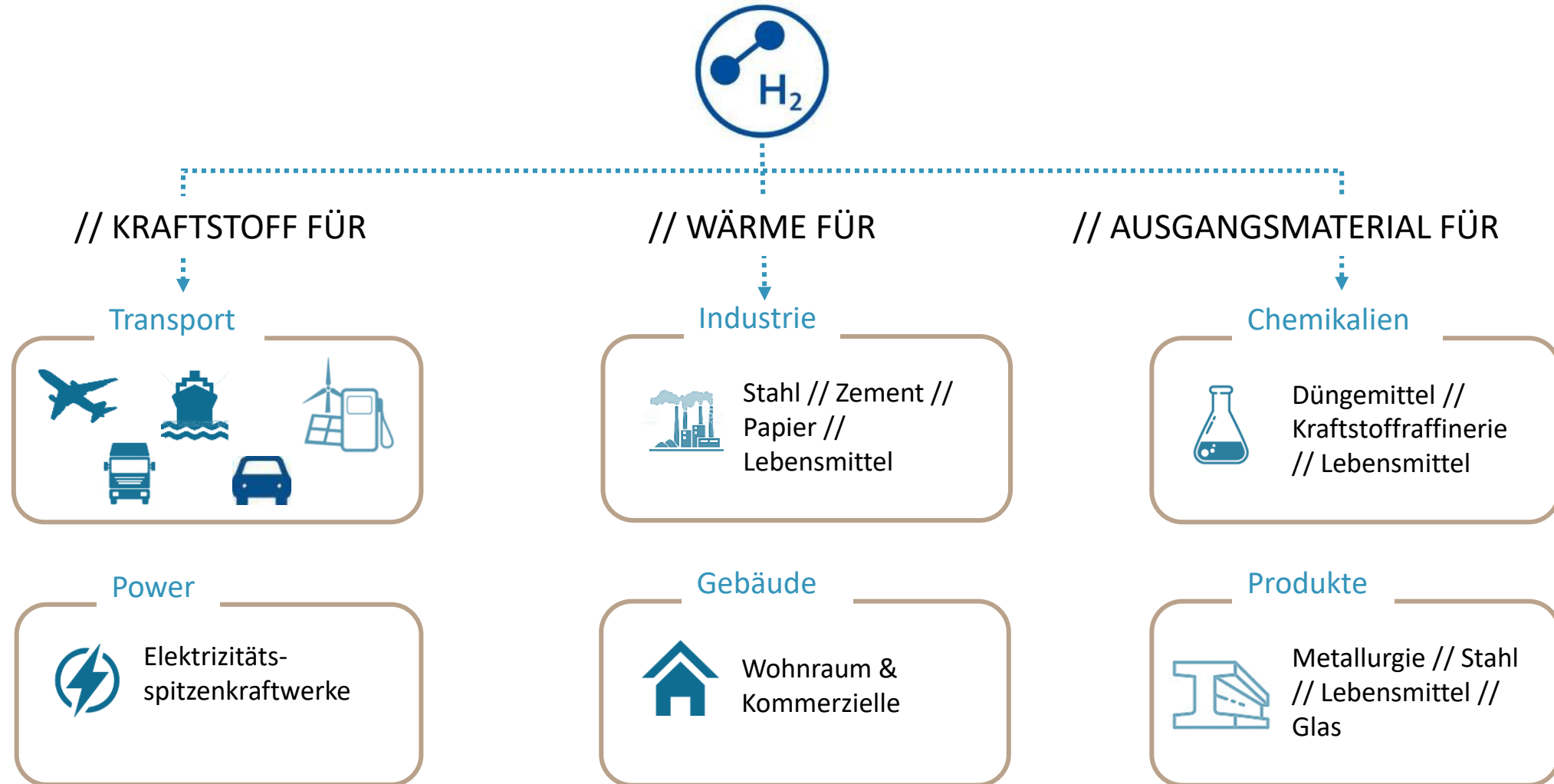
Brennstoffzellen ermöglichen längere Reichweite und höhere Nutzungenlasten



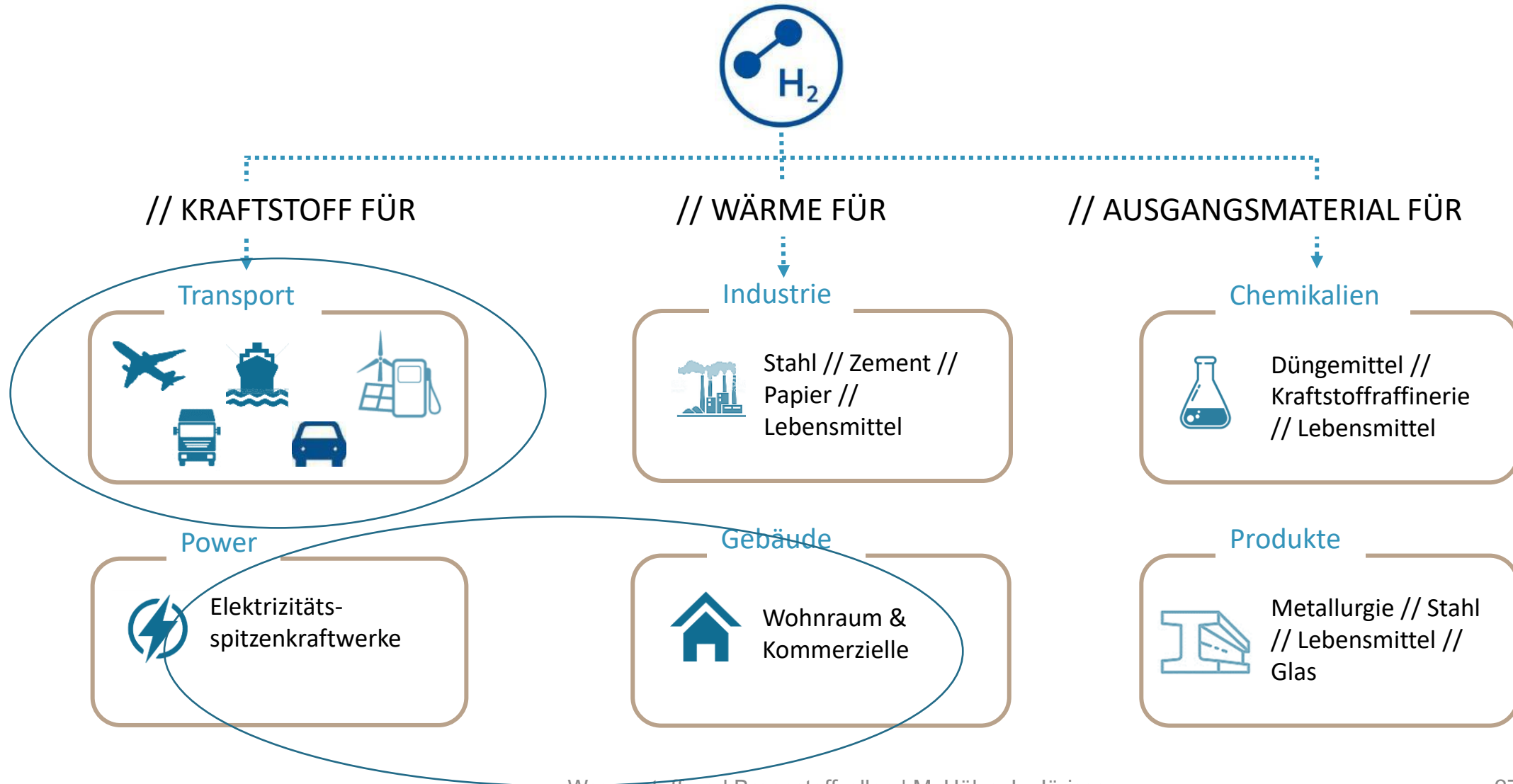


WASSERSTOFF UND ANWENDUNG

Die vielseitigen Anwendungen des Wasserstoffs



Die vielseitigen Anwendungen des Wasserstoffs



Stationäre Anwendungen - Mikro-KWK

- Erzeugen Strom und Wärme für Haushalte und Unternehmen
- Verwenden Wasserstoff und (je nach Technologie) Erdgas
- Möglicher Zuschuss der KfW: 7500 bis 28200 Euro je nach Leistung

Hersteller	SenerTec	SOLID power (BlueGen)	Vlessmann	Inhouse engineering	sunfire
BZ typ	NT-PEMFC	SOFC	NT-PEMFC	NT-PEMFC	SOFC
Leistung elektr.	0,75 kW	0,5 kW	0,75 kW	5 kW	0,75 kW
Thermische Leistung	1,1 kW	0,85 kW	1 kW	7,5 kW	1,25 kW



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Elektromobilität mit Brennstoffzellen fokussiert heute auf Lkw, Bus, Zug,....

... für Flurförderfahrzeuge

Weltweit ca. 12.000 BZ-Gabelstapler



... leichte Nutzfahrzeuge



... schwere Nutzfahrzeuge



... für Polizei und Feuerwehr



... für den ÖPNV (Busse)



... für den ÖPNV (Züge)



... für die Müllabfuhr



➤ Benötigen Tankinfrastruktur!



Brennstoffzellenbusse im Alltag Stadtwerke Wuppertal

- Betrieb von 10 Brennstoffzellenbussen (van Hool) seit Juni 2020
 - Förderung durch EU und Bundesprogramme
 - Reichweite 400 km
 - Tägliche Strecke ca. 280 km
 - Grüner Wasserstoff aus Elektrolyse gespeist vom Müllheizkraftwerk
 - Verbrauch: 8,7 kg/100 km im Jahresdurchschnitt
8 kg/100 km im Sommer
~10 kg/100 km an kalten Wintertagen
 - Technische Verfügbarkeit auf den Niveau von Dieseln



WSW-Wasserstoffbusse erreichen Kostenparität mit Dieseln

Quelle <https://www.wsw-online.de/unternehmen/presse-medien/presseinformationen/pressemeldung/meldung/wsw-wasserstoffbusse-erreichen-kostenparitaet-mit-dieseln/>

22.06.2021, Verkehr

Wuppertaler Stadtwerke errichten zweite Wasserstofftankstelle

Ein Jahr nach Aufnahme des Regelbetriebs ziehen die Wuppertaler Stadtwerke WSW eine durchweg positive Bilanz. „Im Betrieb kosten die Wasserstoffbusse schon jetzt nicht mehr als Dieseln“, so Vorstandsvorsitzender Markus Hilkenbach, „und haben auch bei Tiefsttemperaturen im vergangenen Winter ihre Zuverlässigkeit unter Beweis gestellt.“

10 neue Busse
Solaris
sind bestellt



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Müllfahrzeug mit Brennstoffzellen Im Praxiseinsatz bei verschiedenen Entsorgungsbetrieben

- Batterieelektrisches Fahrzeug
 - Batterie 85 kWh
- Brennstoffzellen Range-Extender
 - Bis zu 3 Module (30, 60 und 90 kW)
 - Wasserstoffvorrat
 - Bis zu 4 Tanks à 4 kg
4, 8, 12 und 16 kg gesamt
 - 132 kWh (chemisch);
~ 70 kWh (elektrisch)
 - Reichweite typisch 370 km
 - Betankungsdauer ca. 5 min.
- Im Versuchsbetrieb bei verschiedenen Entsorgungsbetrieben
 - Reutlingen
 - Hannover
 - Bremen



Bilder: FAUN
ium
uktur

Wasserstofftankstellen (Nach Standard SAE J2601)

- Weltweit genormte Tankkupplung und Befüllprotokoll für PKW
- Tankzeit 3-5 Minuten für 6 kg
- Fülldruck fahrzeugseitig 700 bar bei 15 °C (350 bar bei Bussen)
 - Maximaldruck: 875 bar
 - Vorkühlung des Wasserstoffs bis -40°C
- Standardisierte Befüllprotokolle 1 – 7 kg
 - 700 bar bei -40 °C
 - 700 bar bei -20 °C
 - 350 bar bei 0°C
 - 350 bar ungekühlt
- Kommunikation Fahrzeug - Tankstelle bei 700 bar Befüllung
- Tankstelle überprüft die Dichtigkeit und die Einhaltung des Betriebsfensters

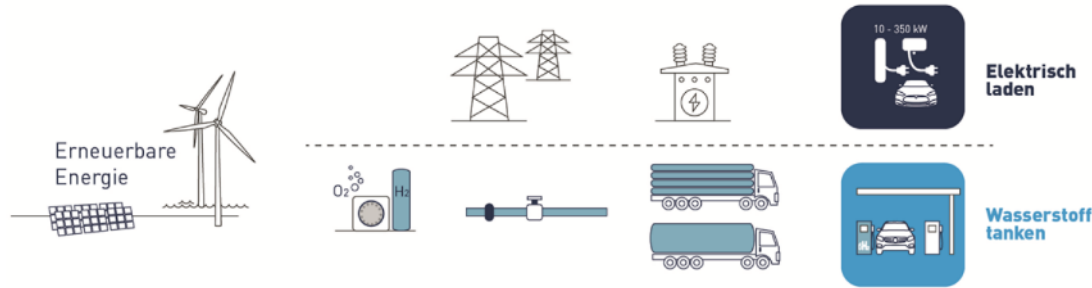


Gefördert durch:



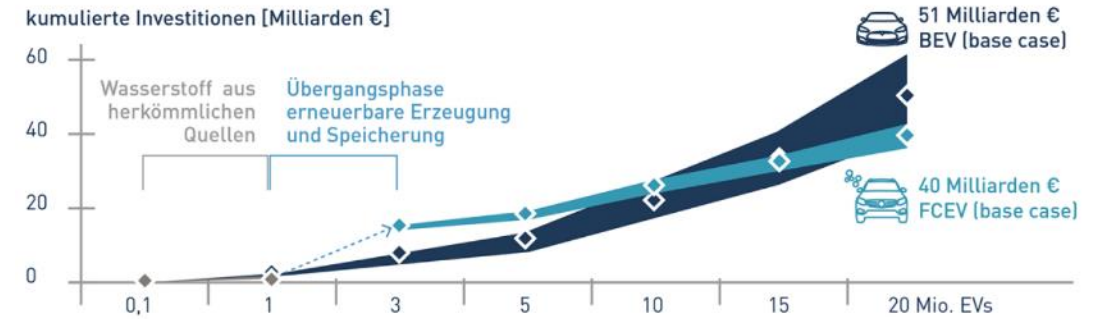
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Infrastrukturaufwendungen Der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur ist bezahlbar



Die Kosten des Aufbaus einer Ladeinfrastruktur für BEV und einer Wasserstoff-Infrastruktur für FCEV sind vergleichbar.

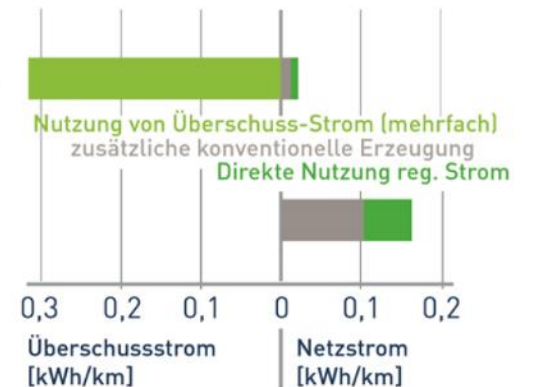
Wasserstoff entkoppelt Stromerzeugung und Kraftstoffübernahme / -nutzung räumlich und zeitlich vollständig.



CO₂-Emissionen pro km



Spezifischer Strombedarf



Quelle: FZ-Jülich Comparative Analysis of Infrastructures: Hydrogen Fuelling and Electric Charging of Vehicles, 2018



FÖRDERPOLITIK IN DEUTSCHLAND

BMVI: neue Förderrichtlinie für Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben (Pressemitteilung 22.07.21)

1. Anschaffung von neuen klimafreundlichen Nutzfahrzeugen.
Förderung: 80% der Investitionsmehrausgaben (Vergleich Dieselfahrzeug)
2. Tank- und Ladeinfrastruktur für Nutzfahrzeuge
Förderung: 80 % der zuwendungsfähigen projektbezogenen Gesamtausgaben
3. Machbarkeitsstudien Einsatzmöglichkeiten sowie Errichtung Infrastruktur
Förderung: 50 % der zuwendungsfähigen projektbezogenen Ausgaben.

Umfang

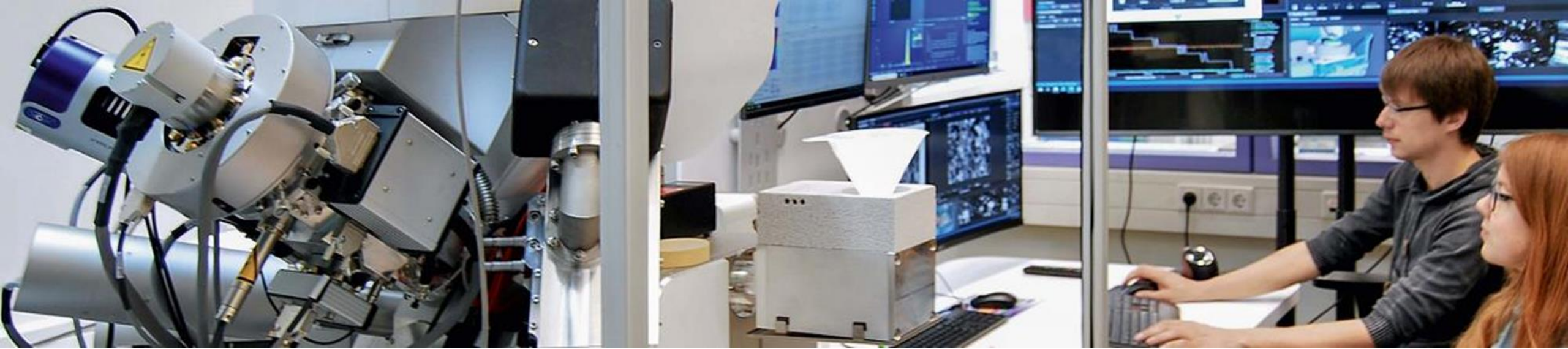
Bis 2024 vom BMVI circa 1,6 Milliarden Euro für Fahrzeuge sowie circa 5 Milliarden Euro für Infrastruktur (Pkw und Lkw)

, Nähere Details der Förderung regeln der Richtlinien text sowie der erste Förderruf, die in Kürze veröffentlicht werden.'

Quelle: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/077-scheuer-foerderrichtlinie-nutzfahrzeuge-alternative-antriebe.html> (abgerufen am 28.07.21)

Gefördert durch:





ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassung

- Strom aus fluktuierenden erneuerbaren Energien wird die „Primärenergie“ des 21. Jahrhunderts.
 - Strom erzeugen ist kostengünstiger als Strom speichern
 - Die „überschüssige“ Erzeugungskapazität kann in die Wasserstofferzeugung als chemischem Speicher abgeleitet werden
- Wasserstoff ist **eine Lösung für die Mobilität und die Wärmeerzeugung**
 - Die Batterie wird den Pkw-Antrieb der Zukunft dominieren
 - Die Brennstoffzelle wird in drei Jahren für Lkw marktreif sein
- Wasserstoff ist **die einzige Lösung zur Dekarbonisierung** in Anwendungen in der Industrie (Stahl, Chemie, Zement)
 - Wichtige politische Entscheidungen und Rahmenbedingungen müssen in den nächsten Jahren getroffen und definiert werden
 - Subventionen müssen angepasst werden

... und wir brauchen viel mehr regenerativen Strom um das alles darstellen zu können.



Quelle: Hydrogenics / Cummins

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Ludwig Jörissen, Michael Schlick

Kontakt:

ludwig.joerissen@zsw-bw.de; michael.schlick@thu.de



Das Projekt H2PUR

Nächste Schritte im Projekt

Manja Feurle
(*WBZU/Handwerkskammer Ulm*)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Es wird zu den Arbeitspaketen 1-4 Workshops geben:

- AP 1 Wasserstofferzeugung
- AP 2 Wasserstoffverteilung und –speicherung
- AP 3 Wasserstoffnutzung
- AP 4 Wasserstoffwirtschaft

Ziel

Gemeinsamer Austausch mit regionalen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

1. Termin „Workshop Wasserstoffnutzung“

Dienstag, 21.9.2021 von 16 bis 18.30 Uhr

Durchführung digital

Ziel

Gemeinsamer Austausch zu den Einsatz- und Nutzungsmöglichkeiten von H2 im Betrieb und daraus abgeleitet ein Bedarfspotenzial abzuschätzen

1. Schritt: Ermittlung Status Quo

Leitfragen, z. B.:

- Nutzen Sie bereits H2 oder können Sie es sich vorstellen?
- Wo möchten Sie H2 mittelfristig einsetzen?
- Welche Vorbereitungen (Hilfestellung/Unterstützung) sind notwendig?

beispielsweise im Prozess der Entscheidungsfindung etc.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

H2-Fragebogen

Nach der Veranstaltung bekommen Sie einen kurzen Fragebogen zugeschickt

→ Bitte senden Sie uns diesen vollständig ausgefüllt zurück

Auswertung Fragebögen

Anhand Ihrer Rückmeldungen werden wir eine Kategorisierung/Clusterung vornehmen (Branchen/Anwendungsfelder)

→ Je nach Anzahl bieten wir **zielgruppenspezifische** Workshops an

1. Termin „Workshop Wasserstoffnutzung“

Dienstag, 21.9.2021 von 16 bis 18.30 Uhr

Durchführung digital

Einladung und Anmeldemöglichkeiten folgen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kontakt und Informationen



Projektmanagement und Öffentlichkeitsarbeit

Weiterbildungszentrum für innovative Energietechnologien (WBZU) der Handwerkskammer Ulm

Manja Feurle

Helmholtzstraße 6

89081 Ulm

Telefon: 0731 17589-23

E-Mail:

m.feurle@hwk-ulm.de

info@h2pure-ulm.de

Technisches Projektmanagement

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Jan-Peter Boye

Helmholtzstraße 8

89081 Ulm

Telefon: 0731 9530-822

E-Mail:

jan-peter.boyen@zsw-bw.de

www.h2pure-ulm.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages