

EM:POWER - Wasserstoffmobilität und Aufbau des Feldversuchs

ElektroMobilität: Potenziale durch Wasserstoff Erleben

Herausgeber

Autoren

Carsten Adorff, M.Sc.

Svenja Kany, M.A.

Leander Kauschke, Dipl. Wirt.-Ing.

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.



Projektkoordination

Prof. Dr. Horst Wieker

Leiter der Forschungsgruppe Verkehrstelematik (FGVT) bei der htw saar –
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Kommunikationstechnik

Campus Alt-Saarbrücken

Goebenstr. 40

D-66117 Saarbrücken

Telefon +49 681 5867 195

Fax +49 681 5867 122

E-Mail wieker@htwsaar.de

Web fgvt.htwsaar.de

Inhalte

1. Motivation: Wasserstoff – Ein ambivalenter Energieträger
2. Das System der Wasserstoffmobilität
3. Ausgangssituation EM:POWER
4. Forschungsaufgaben EM:POWER
5. Der Feldtest Wasserstoffmobilität im Saarland

1. Motivation: Wasserstoff - Ein ambivalenter Energieträger

Herausforderungen

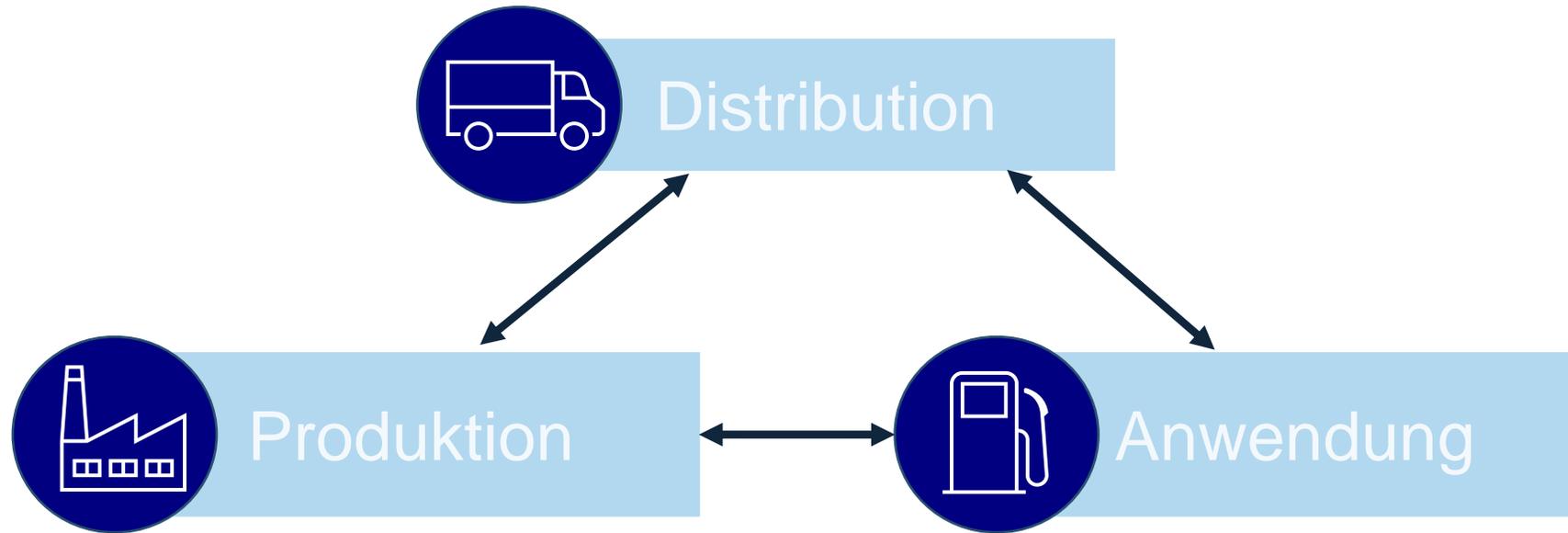
- CO₂ Ausstoß von 162 Mio. t CO₂ im deutschen Mobilitätssektor (2018)
- Verringerung des CO₂-Ausstoßes um lediglich 1% im Vergleich zu 1990
- Reduzierung des CO₂ Wertes um 40-42% bis 2030 zur Erreichung der Klimaschutzziele notwendig
- Bessere Energieeffizienz der Straßen-PKW und Straßen-Nutzfahrzeuge, als meist genutzte Mobilitätsmittel
- Individual- und Güterverkehr als Erfolgsfaktor der modernen Volkswirtschaft
- 40 Mio. PKWs und 1016 Wasserstofffahrzeuge in Deutschland
- Einsparung von 95% der CO₂ Emissionen bei reiner Wasserstoffmobilität möglich

Ziele der Wasserstoffmobilität

- Brennstoffzellenfahrzeuge als nachhaltige Alternative zu Verbrennungsmotoren
 - Durch Wasserstoff aus regenerativ erzeugter grüner Energie (grüner Wasserstoff)
 - Rückverstromung durch die Brennstoffzellentechnologie
- Wandel zu nachhaltigem und effizienten Mobilitätssektor
- Erreichung der Klimaziele des Pariser Klimaabkommens
- Sektorenkopplung
 - Dekarbonisierung der Bereiche Mobilität, Energie und Industrie
 - Umsetzung mittels durchgängiger Elektrifizierung

2. Das System der Wasserstoffmobilität

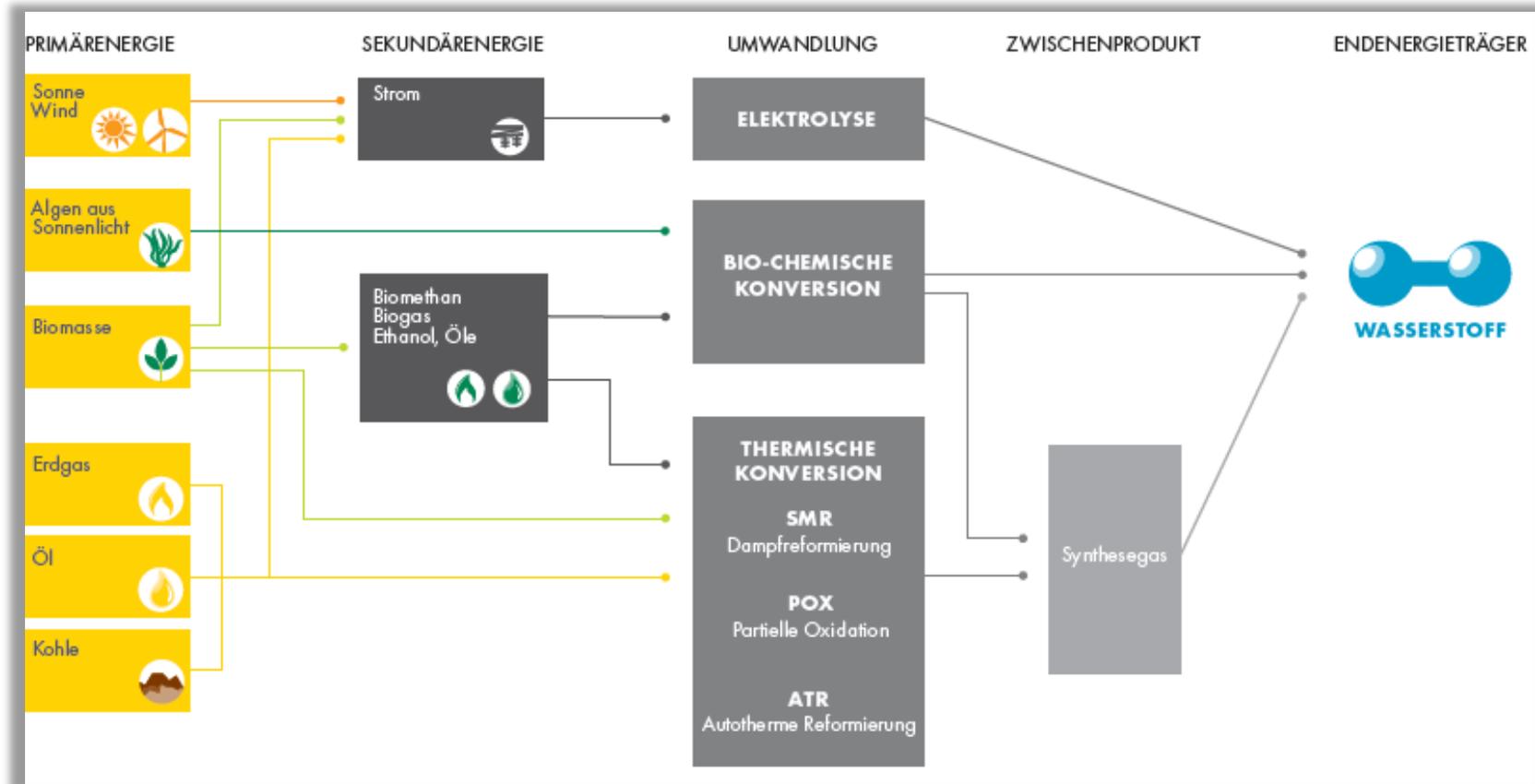
Das System der Wasserstoffmobilität



Quelle: Eigene Darstellung (2020).

- Akteure zur Schaffung eines effizienten Systems im Individual- und Güterverkehr

H₂Produktion

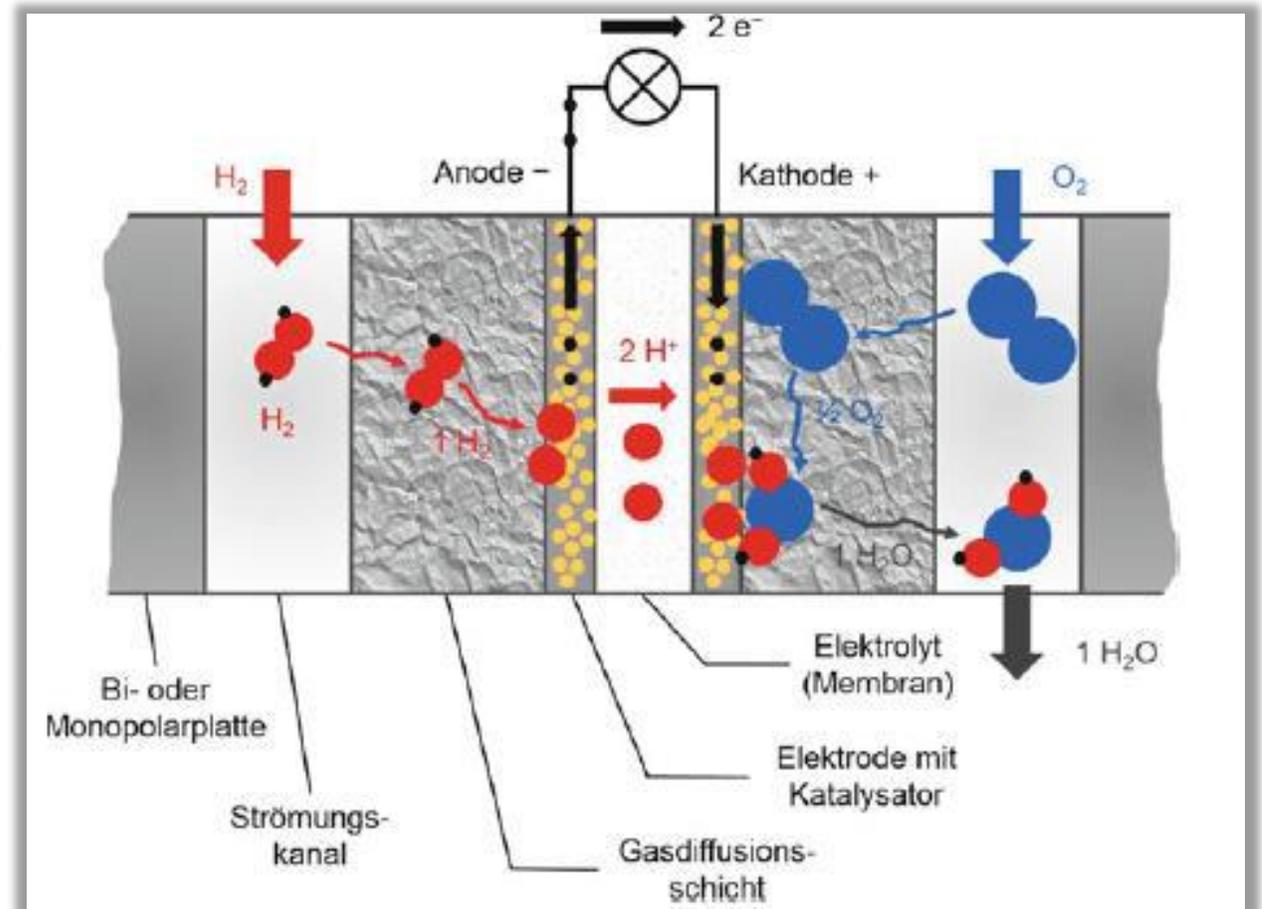


Quelle: Shell Wasserstoff-Studie – Energie der Zukunft? – Nachhaltige Mobilität durch Brennstoffzelle und H₂ (2017), S. 12.

- CO₂ freie Herstellung mittels Elektrolyseurs und Strom aus regenerativen Quellen
- Elektrolyse zur Aufspaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff durch Energie

Definition der Wasserstoffmobilität

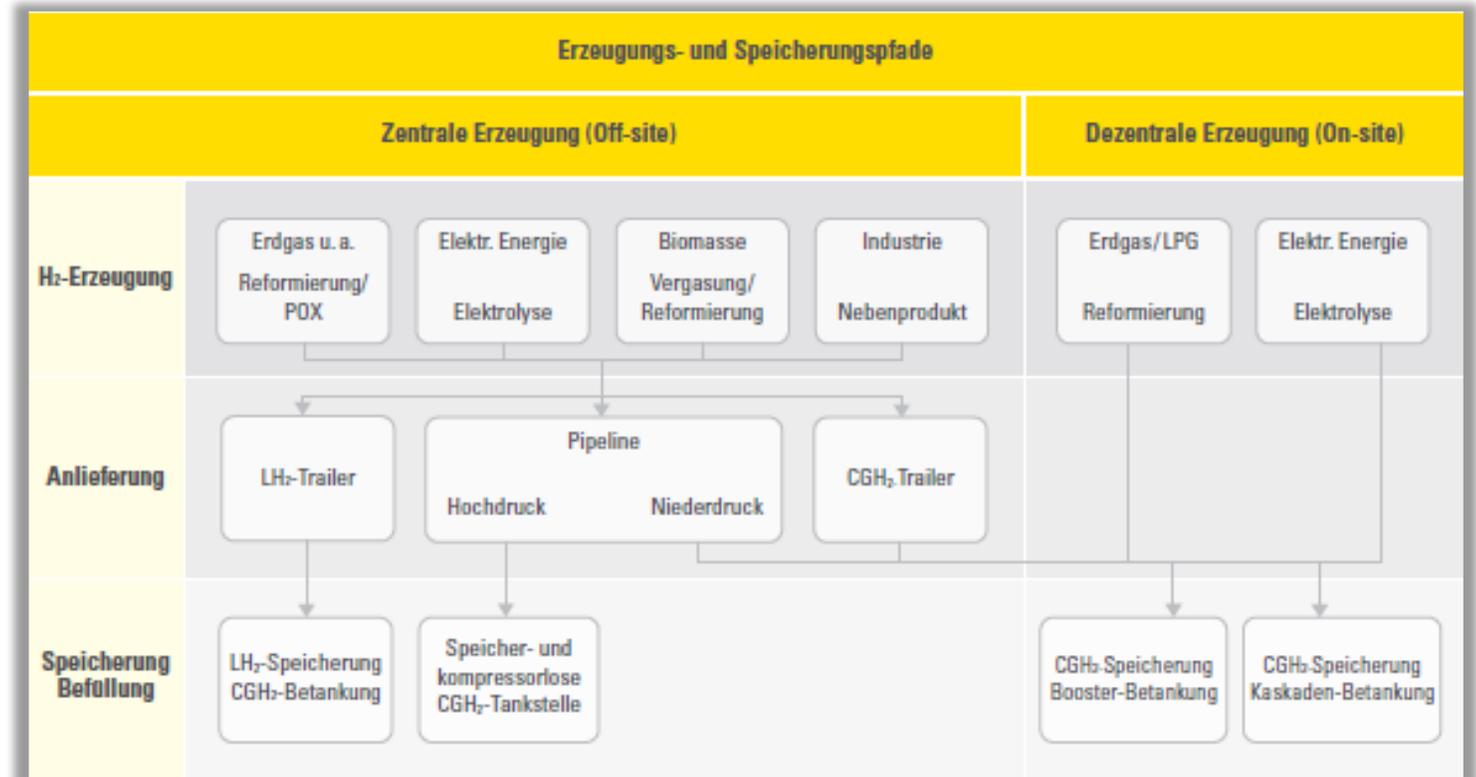
- Brennstoffzellentechnologie produziert Wärme und Energie
 - Durch die Kombination von Wasser und Sauerstoff
- Verwendung der Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)



Quelle: Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik – Erzeugung, Speicherung, Anwendung (2018), S. 145.

H₂Distribution

- Vier Möglichkeiten der Tankstellenversorgung
 - Durch einen Trailer mit komprimierten gasförmigen Wasserstoff (CGH₂)
 - Durch einen Trailer mit flüssigen Wasserstoff (LH₂)
 - Via Pipeline
 - Durch Vor-Ort-Produktion (On-Site-Produktion)



Quelle: Wasserstoff-Infrastruktur für eine nachhaltige Mobilität – Entwicklungsstand und Forschungsbedarf (2013), S. 24.

Wasserstofftankstellen

- 90 Wasserstofftankstellen in Deutschland (14.000 herkömmliche Tankstellen)
- Bauzeit 4-6 Wochen
- Kosten zwischen 1,5 und 2,5 Mio. Euro
- Dauer der technischen Abnahme: 2 Wochen bis über ein Jahr

„Eine funktionierende Wasserstoff-Infrastruktur bildet das Rückgrat für die Etablierung von Brennstoffzellenanwendungen im Verkehr.“

(Iwan et. al, 2019).

H₂Anwendung



Quelle: Toyota Mirai, (2015).

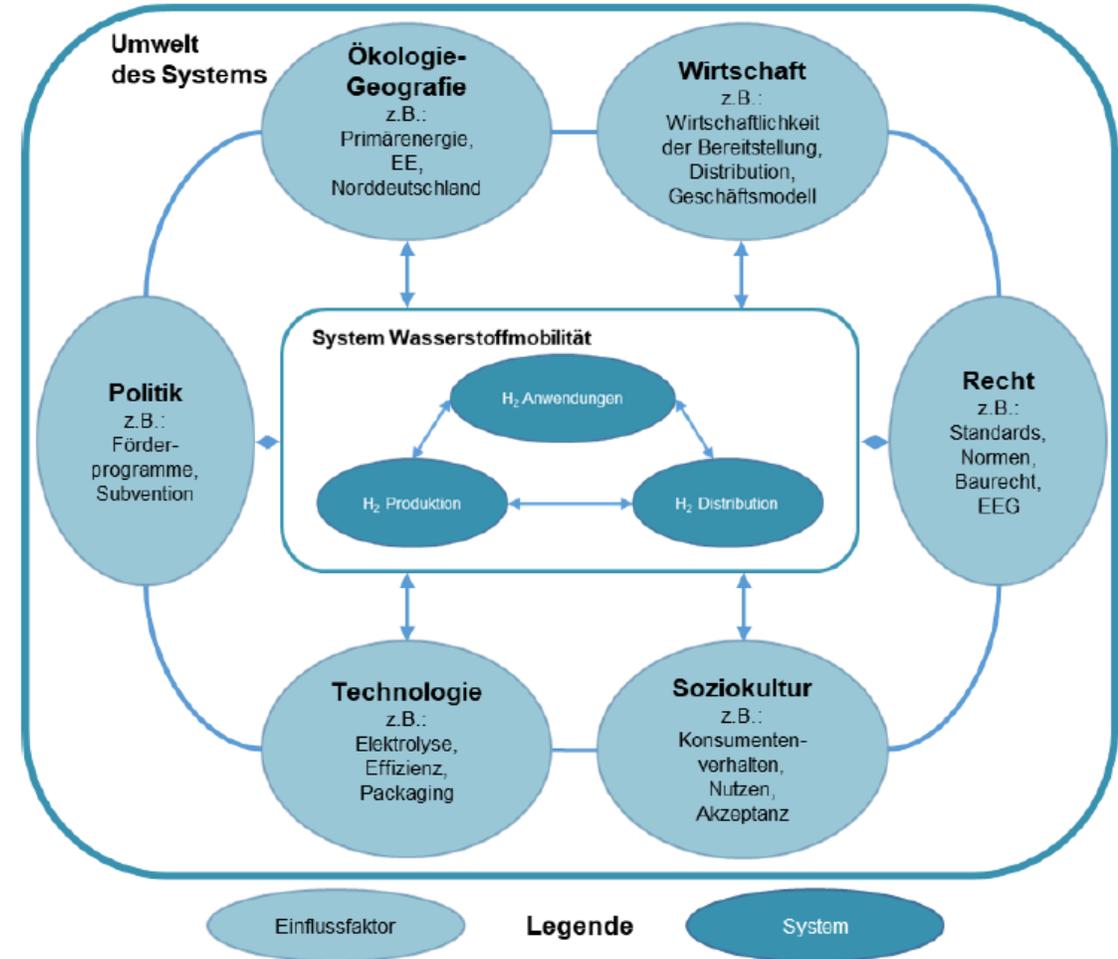
Bsp: Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

- Stoßen kein CO₂, Schwefeldioxid (SO₂) und Stickoxide (NO_x) aus
- Reichweite von mindestens 500 km
- International standardisierte Betankung
- 1016 zugelassene Autos in Deutschland
- Drei Modelle in Deutschland:
 - Toyota Mirai (2014-2021)
 - Hyundai Nexo (2018-2021)
 - Mercedes GLC F-Cell (2018-2021)

3. Ausgangssituation EM:POWER

PESTEL-Analyse

- Identifizierung von Chancen/ Förderern und Risiken/ Hemmnisse
- Ausgangsposition für Strategieentwicklung und Perspektive der Wasserstoffmobilität



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Dillerup/Stoi (2016).

Politische Einflussfaktoren

- Etablierung von Wasserstoff auf

Bundesebene	Europaebene
Durch Nationale Wasserstoffstrategien und Nationale Innovationsprogramme von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie	Durch die Einhaltung des Green Deals mit dem Ziel die Mobilität nachhaltiger und intelligenter zu gestalten
Ziele: <ul style="list-style-type: none">• Marktvergrößerung bis 2023• Schaffung eines internationalen Angebots an Wasserstoff und Wasserstofftechnologie und die entsprechende Nachfrage	Ziel: <ul style="list-style-type: none">• Schaffung eines internationalen Angebots an Wasserstoff und Wasserstofftechnologie

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Airbus et al. (2015); Breitrück et al. (2017); Bundesregierung (2020); Europäische Kommission (2019); the Council of the European Union (2014).

Rechtliche Einflussfaktoren

Internationale Ebene	Europäische Ebene	Nationale Ebene
<ul style="list-style-type: none">• Addendum 13 der Global technical regulation No. 13 (ECE/TRANS/180/Add.13)• Standards der Society of Automotive Engineers (SAE)• ISO/TS 20100	<ul style="list-style-type: none">• Richtlinie 2015/719	<ul style="list-style-type: none">• EEG• Betriebssicherheitsverordnung• Bundesimmissionsschutzgesetz• Jeweils gültige Landesbauordnung

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Callies et al. (2017).

- EEG enthält Hemmnissen für effizienten Klimaschutz im Verkehrssektor
- Zahlung der EEG-Umlage macht die Produktion von grünem Wasserstoff unwirtschaftlich

Wirtschaftliche Einflussfaktoren

Ziel: Erreichung der Wirtschaftlichkeit

- Allgemeine Umsetzungsmöglichkeiten sind die Fortführung der Lernkurve und die Anwendung von Skaleneffekten

Maßnahmen	Umsetzung
Senkung der Produktionskosten von Autos, Tankstellen und des Wasserstoffs	<ul style="list-style-type: none">• Durch Investition in Produktionstechnik Senkung der Produktionskosten
Senkung der Strompreise	<ul style="list-style-type: none">• Änderung von rechtlichen Faktoren• Technologischer Fortschritte
Ausbau der Infrastruktur zu Bereitstellung von Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none">• Standardisierte Serienfertigung von Tankstellen• Wirtschaftliches Geschäftsmodell für grünen Wasserstoff in den Bereichen H₂-Produktion, H₂-Distribution und H₂-Anwendung

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Adolf et al. (2017); Adorff (2020); Airbus et al. (2015); ENCON.Europe GmbH (2018); Iwan et al. (2019); Kiemel et al. (2018); Wirtschaftsministerium Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern (2019).

Soziale Einflussfaktoren

Einflussfaktoren	Inhalt
Adaption von Mobilitätsinnovationen in den Alltag der Nutzer	<ul style="list-style-type: none">• Betrachtung der Akzeptanz<ul style="list-style-type: none">➤ Sachverhalt, Gesetz oder Sache➤ Definition➤ Attribute➤ Wille der Nutzung➤ Wirkliche Nutzung
Konsumentenverhalten beeinflusst die Entwicklung der Zusammensetzung der Antriebsarten	<ul style="list-style-type: none">• Betrachtung des mikroökonomische Nutzens<ul style="list-style-type: none">➤ Funktionalität➤ Prozess➤ Ökonomie➤ Wirtschaftlichkeit➤ Emotionen

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Adell et al. (2016); Adolf et al. (2014); Chrismar und Wiley-Patton (2003); Homburg (2012); McKinsey & Company (2010); Risser und Lehner (1998); Schmidtchen et al. (2017); Warner, (1962); Wu et al. (2019).

➤ Zusammenhang von Nutzen und Akzeptanz

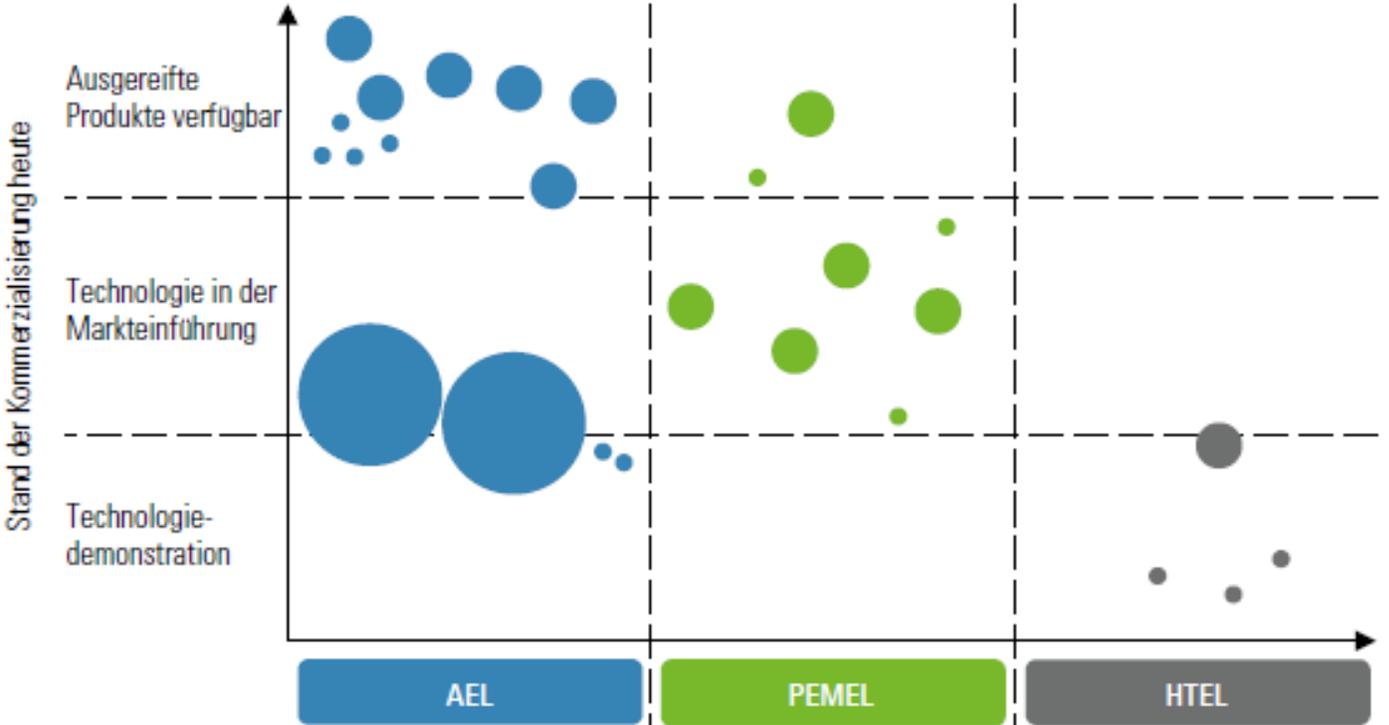
Technische Einflussfaktoren

- Fokussierung von EM:POWER auf die Effizienz von Wasserstoff

Forschung	Stand der Forschung
Grundlagenforschung	Abgeschlossen
Forschung zur Verbesserung der Effizienz, Lebensdauer, Materialeinsatz und Praktikabilität der Serienfertigung	Derzeitige Umsetzung

Eigene Darstellung in Anlehnung an Adorff (2020); Airbus (2015); Kiemel et al. (2018).

Kommerzialisierungsstand der Wasserstoffproduktionsverfahren AEL, PEM-Elektrolyse und HAT-Elektrolyse



Mögliches Produktionsvolumen in 2020 je Hersteller (anonymisiert). Vorausgesetzt entsprechender Nachfrageentwicklung am Markt.

Größenordnung:
5 MW/a 50 MW/a 500 MW/a

Quelle: Studie IndWEde – Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme (2018), S. 51.

Ökologische Einflussfaktoren

- Steigerung der Effizienz
- CO₂ freie Versorgung der Mobilität
- Ausbau der Produktion von grünem Wasserstoff
- Ausbau Elektrolyseurleistung



Quelle: Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor – Sondergutachten November 2017 (2017), S.77.

Maßnahmen zur Steigerung des Wasserstoffsystems

Politik

- **Langfristige Strategie** für die Mobilität der Zukunft
- Förderung
- Technologie
- Steuern / Standard
- **Planungssicherheit** für Gesellschaft und Wirtschaft



Wirtschaft

- **Anzahl** der Produkte steigern
- Three icons representing different modes of transport: a car, a truck, and a train.
- **Ausbau** der Infrastruktur
 - Distribution
 - Produktion
- Nutzung von **Skaleneffekten**



4. Forschungsaufgaben EM:POWER

Hauptprobleme

1.

Interpretation und Modellierung des Nutzerverhaltens

2.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

3.

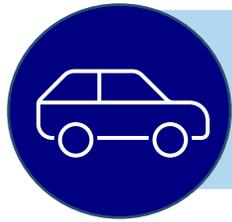
Nutzungsanalyse in Mischverkehren

Forschungsziele

- Akzeptanzuntersuchung zu Wasserstoffautos
- Möglichkeit der Substitution von Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor durch Brennstoffzellenfahrzeuge für den Individualverkehr im Saarland
- Auswertung der Erwartungen und Erfahrungen der Probanden
- Berechnung der CO₂-Einsparung von Brennstoffzellenautos im Vergleich zu Verbrennungsmotoren
- Integration und Visualisierung im Kompetenzatlas kosmos-project.eu

5. Der Feldtest Wasserstoffmobilität im Saarland

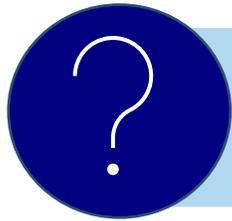
Projektrahmen



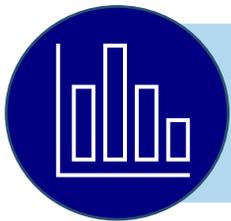
Leasing eines Toyota Mirais



Bereitstellung zur Nutzung für sieben Tage durch ausgewählte saarländische Haushalte

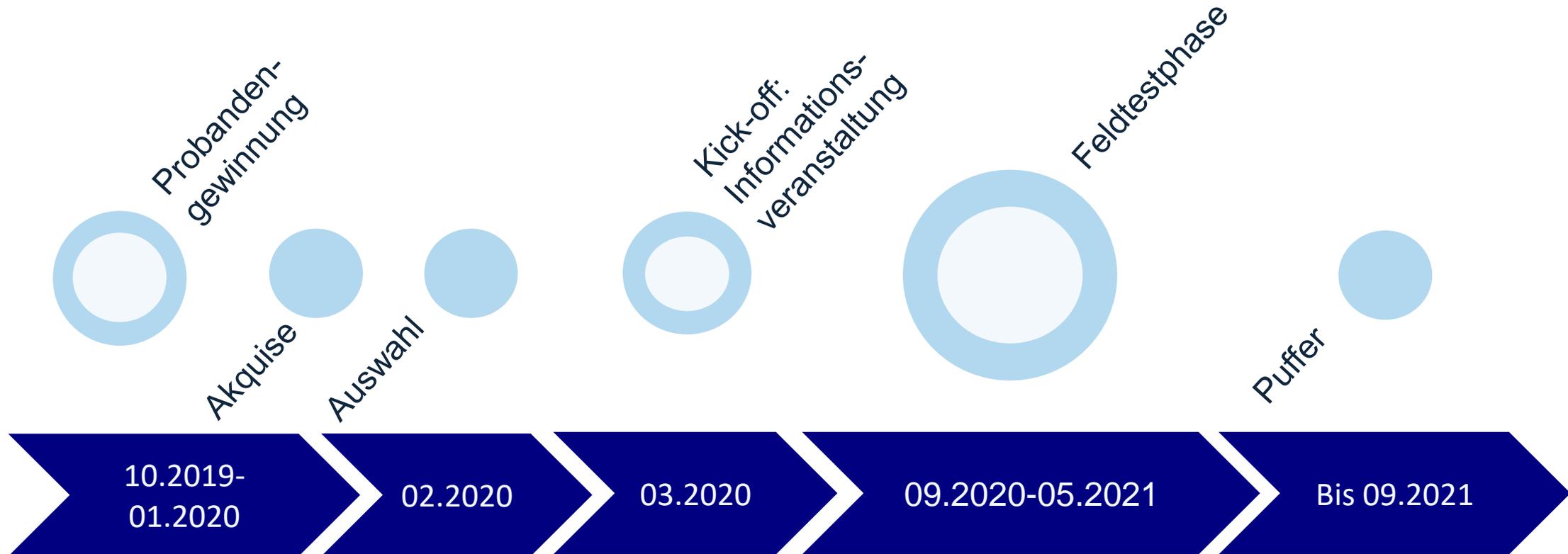


Standardisierte Befragung vor und nach der Nutzung und Interviews



Analyse der Bewegungsdaten

Zeitlicher Ablaufplan



Quelle: Eigene Abbildung



Quelle: Eigene Fotografien 2020.

Literatur

Die Literatur zu dieser Präsentation können Sie dem vollständigen Textdokument entnehmen:

https://kosmos-project.eu/wp-content/uploads/2020/04/EMPOWER_Wasserstoffmobilitaet_im_Praxistest_Ziele_und_Aufbau_eine_s_saarlaendischen_Feldexperiments.pdf