

# PV2LOHC-H<sub>2</sub>

-

## Mobile grüne Wasserstofftankstelle mit LOHC Einheit

### Inhalt

1	Ausgangssituation .....	2
2	Projektidee .....	3
2.1	Projektziele .....	3
2.1.1	Phase 1 – Autarke Wasserstoffeinheit .....	4
2.1.2	Phase 2 –Pilotanlage mit Netzanbindung & E-Auto Tankstelle.....	4
2.1.3	Phase 3 – Anbindung Strom & Wärme- Erzeuger .....	4
2.2	Projektnutzen für potenziellen Partner.....	4
3	Solar-Institut Jülich .....	5
4	Europäische Wasserstoff-Tankstellen-Infrastruktur .....	5

# 1 Ausgangssituation

Die Reduzierung der Schadstoffemissionen durch den Straßenverkehr steht im direkten Zusammenhang mit dem Erreichen der Ziele des Pariser Klimaabkommens von 2015<sup>1</sup>. Im Jahr 2019 waren ca. 20 % der anthropogen verursachten Treibhausgasemissionen auf den Verkehrssektor<sup>2</sup> zurückzuführen. Der Hauptteil davon (2018: 95 %) <sup>3</sup> wird durch den Straßenverkehr emittiert. Wasserstoff könnte in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle für zukünftige Mobilitätskonzepte spielen und ein weiterer Baustein für die Energie-Speicherung sein. Wie im Bereich der Battery-Electric-Vehicles (BEV), ist dies vor allem dann sinnvoll, wenn der Wasserstoff aus erneuerbaren Energien (grüner Wasserstoff) hergestellt wird. Der Einsatz von Wasserstoff im Straßenverkehr bietet einige Vorteile gegenüber BEVs: größere Reichweite mit einer Tankfüllung, geringerer Einsatz knapper Rohstoffe und eine kurze Tankdauer (ca. 3 min)<sup>4</sup>. Verschiedene Fahrzeughersteller arbeiten mit Hochdruck an den Herausforderungen, die eine wasserstoffbetriebene Fahrzeugtechnik mit sich bringt. Aber auch die fehlende Tank-Infrastruktur oder der hohe Preis hemmt das Interesse an Wasserstofffahrzeugen bei Neufahrzeugkäufen. Wenn ein/e Käufer/in eines wasserstoff-betriebenen Fahrzeugs bereit ist in eine „neue“ Technologie zu investieren, muss gewährleistet sein, dass er/sie nicht gezwungen ist die Route nach der Verfügbarkeit von Wasserstofftankstellen auszurichten.

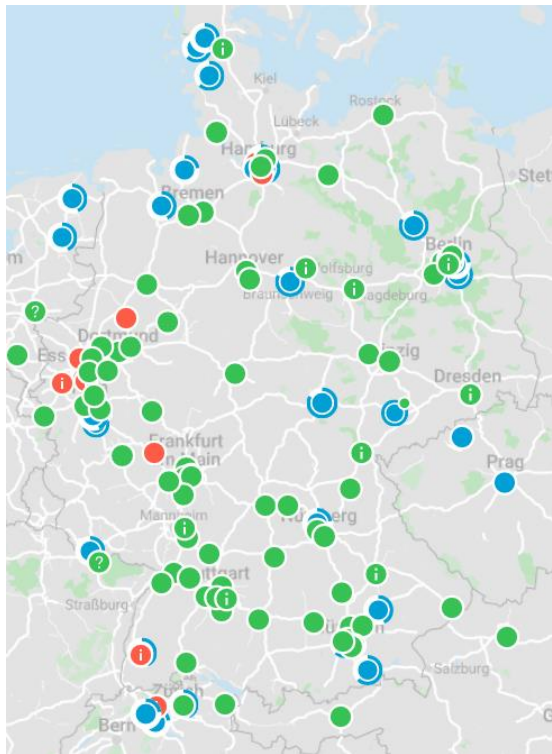


Abbildung 1: Wasserstofftankstellen in BRD<sup>5</sup>

Abbildung 1 zeigt die Anzahl und Standorte bereits in Betrieb und in Realisierung befindlicher Wasserstofftankstellen für die Bundesrepublik Deutschland. Derzeit sind ca. 85 Tankstellen in Betrieb und 21 werden gebaut. Damit liegt Deutschland im europäischen Vergleich an der Spitze. Wie der Karte jedoch auch zu entnehmen ist, sind viele H<sub>2</sub>-Tankstellen auf die größeren urbanen Gebiete konzentriert und weisen im Überlandbereich große Lücken auf. Zum Vergleich, in der BRD gibt es ca. 14.400 Tankstellen<sup>6</sup> und ca. 41.000 Ladepunkte<sup>7</sup> für E-Autos. Das Projekt zielt, neben den im folgenden Abschnitt aufgeführten technischen Ansätzen, darauf ab das Henne-Ei Problem anzugehen.

<sup>1</sup> Siehe <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html>

<sup>2</sup> Siehe <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-gingen-2019-um-63-prozent>

<sup>3</sup> Siehe <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#energie-stationar>

<sup>4</sup> [https://www.linde-gas.de/de/images/00299\\_LG\\_Wasserstoff\\_Broschuere\\_218x305\\_DE\\_72\\_2MB\\_tcm565-233488.pdf](https://www.linde-gas.de/de/images/00299_LG_Wasserstoff_Broschuere_218x305_DE_72_2MB_tcm565-233488.pdf)

<sup>5</sup> <https://h2.live/tankstellen>

<sup>6</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2621/umfrage/anzahl-der-tankstellen-in-deutschland-zeitreihe/>

<sup>7</sup> [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Ladesaeulenkarte\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Ladesaeulenkarte_node.html)

## 2 Projektidee

### 2.1 Projektziele

Ziele des Projekts sind der Ausbau der Wasserstofftankstellen-Infrastruktur, der dezentralen Produktion von grünem Wasserstoff und der Ausbau der Energie-Speicher-Kapazität in Nordrhein-Westfalen und der BRD durch die doppelte Nutzung bereits versiegelter Parkplatzflächen voranzutreiben. Im Fokus des Projekts steht der Bau einer „mobilen“ Wasserstoff-Anlage zur Produktion von grünem Wasserstoff mittels PV-generiertem Strom, die sich modular erweitern lässt, sowie das Energiemanagement der Anlage. Zusätzlich soll eine Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC) Speichereinheit<sup>8</sup> integriert und getestet werden.

Das Projekt soll skalierbare Lösungen für wichtige Punkte des Klimawandels erarbeiten. Einer der Punkte ist die Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Der Ausbau der Wasserstofftankstellen-Infrastruktur gibt verschiedenen Branchen des Transportsektors mehr Planungssicherheit für Forschungs- und Entwicklungsarbeit im Bereich Wasserstoff für PKWs und Nutzfahrzeuge. Ebenso sollen deutsche Unternehmen mit Erfahrung im Bereich Wasserstofftechnologien bei der Marktdurchdringung unterstützt werden. Gleichzeitig wird die Produktion und Speicherung erneuerbarer Energien vorangetrieben. Bei der Power-to-Gas-to-X Kombination kann das X sowohl für Mobilität als auch für Strom und Wärme stehen, sofern eine Brennstoffzelle bzw. ein Blockheizkraftwerk nachgeschaltet wird. Somit geht das Gesamtkonzept der Anlage über die „Tankstellen“-Funktion hinaus und kann als Quartierslösung herangezogen oder in ländlichen Regionen anderer Länder als Insellösung für die Strom- und Wärmeversorgung verwendet werden.

Die Potenzialstudie des EFRE geförderten Projekts „Digitalisierter Photovoltaik-Energie-CarPort für großflächige Parkplätze“ hat gezeigt, dass die vorhandenen Parkplätze in NRW mit einer durchschnittlichen Größe von 1252,9 m<sup>2</sup> (50 % sind größer als 496 m<sup>2</sup>, 75 % größer als 184 m<sup>2</sup>) ein hohes Potenzial für die Installation von großflächigen PV-Carports aufweisen. Das theoretische Potenzial<sup>9</sup> für die solare Energiegewinnung auf den 75.274 in NRW vorhandenen Parkplatzfreiflächen beträgt ca. 99 TWh im Jahr. Das Projekt PV2H<sub>2</sub> baut unter anderem auf Ergebnissen des PVECarPort Projekts auf. Die digitale Lösung für die Steuerung und das Energiemanagement kann auch für diese PV-H<sub>2</sub>-Anlagen adaptiert werden. Außerdem wird eine Fortführung der Potenzialstudie aus dem Projekt PVECarport für die gesamte Bundesrepublik und evtl. weitere europäische Länder angestrebt.

- Was bedeutet „mobile Wasserstofftankstelle“ und welche Vorteile hat der Einsatz?

Die Kernkomponenten der Wasserstofftankstelle: Elektrolyseeinheit, Wasserstoffspeicher (Druckgasflaschenbündel oder LOHC-Speicher) und Tanksystem (Container/Anhängeraufbau) lassen sich mit geringem Aufwand von einem Standort zu einem anderen transportieren. Diese Flexibilität ermöglicht es einem Investor sich, ohne hohe Kosten, für einen Standortwechsel zu entscheiden. Dies könnte von Interesse sein, wenn die Nachfrage an Wasserstoff an einem Standort nicht mehr gegeben ist oder ein anderer Standort wirtschaftlicher für die Stromproduktion ist. Zusätzlich ist es durch die

- Was beutet modulare Erweiterbarkeit in diesem Zusammenhang?

Die verschiedenen Kernkomponenten lassen sich fast beliebig erweitern. Installation weiterer PV-Module, Parallelschaltung von Elektrolyseuren, Speicher-Austausch bzw. Erweiterung durch mehr Druckflaschenbündel und Aufstellen weiterer Tanksysteme für mehr Zapfstellen. Hierbei ist zu

---

<sup>8</sup> <https://www.hydrogenious.net/index.php/de/products-2/thestorageunit/>

<sup>9</sup> Die auf eine Fläche auftreffende Solarenergie im Jahr, ohne Berücksichtigung der räumlichen und technischen Faktoren, wie Verschattung, Neigungswinkel etc.

beachten, dass es ab einer bestimmten Vergrößerung wirtschaftlich sinnvoller sein kann, Komponenten aufgrund von Skalierungseffekten zu tauschen als zu erweitern.

Die eigentliche Modularität bezieht sich allerdings auf die Produktion bzw. auf den Verbrauch des Wasserstoffs. Für die Elektrolyse kann der Überschussstrom verschiedener in der Nähe befindlicher Erzeugungsanlagen verwendet werden (z.B. Windkraftanlagen, wärmegeführte BHKWs, etc.). Der Verbrauch des Wasserstoffs ist nicht auf die Mobilität beschränkt. Im ersten Schritt des Ausbaus der Wasserstofftankstellen-Infrastruktur wird von einer geringen Nachfrage aus dem PKW-Bereich ausgegangen, da sich die Anzahl der in Deutschland zugelassenen wasserstoffbetriebenen Fahrzeuge im Jahr 2019 auf unter 500 Fahrzeuge beschränkte. Der Wasserstoff kann zur Rückverstromung durch Brennstoffzellen oder BHKWs verwendet werden, um Lastspitzen abzufangen, den Autarkiegrad eines Quartiers zu erhöhen oder Elektro-Autos zu laden.

### 2.1.1 Phase 1 – Autarke Wasserstoffeinheit

Entwicklung eines autarken Anlagenkonzepts inkl. Simulationsmodell:

- Photovoltaik-Anlage
- Elektrolyseeinheit
- Wasserstoff-Speicher (Druckgasflaschenbündel/LOHC-Speicher)
- Tankstelle für 350 & 700 MPa Systeme
- Elektrischer Speicher & Brennstoffzelle/BHKW
- E-Ladepunkt

### 2.1.2 Phase 2 – Pilotanlage mit Netzanbindung & E-Auto Tankstelle

Bau einer Pilotanlage mit Anbindung an das Stromnetz und Integration eines Ladepunkts für E-Autos unter Verwendung des Energiemanagementsystems aus dem laufenden PVECarPort Projekt.

Pilotanlage mit folgenden Komponenten ist geplant:

- Container Elektrolyseeinheit für eine Produktion von 5 bis 10 kg Wasserstoff pro Tag
- PV-Module auf Container und Carport Erweiterung
- Wasserstoffspeicher
- Betankungsanlage für 350 & 700 MPa Arbeitsdruck
- Steuerungseinheit inkl. Digitaler Lösung
- Netzanschluss zur Einspeisung überschüssiger Energie
- Ladepunkt für E-Fahrzeuge

### 2.1.3 Phase 3 – Anbindung Strom & Wärme- Erzeuger

Erweiterung der Anlage um eine Rückverstromungseinheit. Die Verwendung von Brennstoffzellen oder BHKWs ermöglichen es die Anlage als Quartierskonzept mit gleichzeitiger Wärmeversorgung zu verwenden.

## 2.2 Projektnutzen für potenziellen Partner

Verschiedene aktuelle Förderaufrufe zielen nicht oder nicht ausschließlich auf die Forschungsergebnisse ab, sondern vielmehr auf die Marktdurchdringung und Verbreitung der Technologie um KMUs zu stärken und die Energiewende voranzutreiben. Dies steht auch im Fokus des Projekts. Die Vorreiterrolle für Wasserstoff-Tankstellen im europäischen Raum soll ausgebaut und die Vertriebspotenziale in Europa analysiert werden. Die „mobile“ grüne Wasserstofftankstelle soll die Fortführung der EFRE-Forschungsprojekte „Forschungsplattform mobile Befüllungseinheit für dezentrale Wasserstoffanwendungen - MobFuelH2“ und „Digitalisierte Photovoltaik-Energie-

Carports für großflächige Parkplätze“ sein und in verschiedenen Bereichen der Energiewende Anwendung finden.

Eventuell besteht die Möglichkeit die Pilotanlage als Aushängeschild am Brainergy-Park Jülich zu realisieren.

Das autarke Gesamtanlagenkonzept kann als Grundlage für die Erschließung weiterer Geschäftsfelder im nationalen und internationalen Umfeld dienen. Zum Beispiel als Insellösung für die Versorgung der ländlichen Bevölkerung mit Strom und Wärme in Entwicklungsländern.

### 3 Solar-Institut Jülich

Das Solar-Institut Jülich baut derzeit seine Kompetenzen in Bezug auf Wasserstoff-Technologien aus und strebt weitere Forschungsprojekte in diesem Bereich an. Das hier vorgeschlagene Projekt dient dazu, das Fachwissen der Projektpartner mit den Erfahrungen des Solar-Instituts aus anderen Projekten zu vereinen. Dazu zählt die Erweiterung des dynamischen Simulationsmodells aus dem Projekt PVeCarPort zu einem (autarken) Gesamtanlagenkonzept inkl. Elektrolyseur, Wasserstoff-Speicher und –Tanksystem, das international einsetzbar ist. Je nach Projektumfang wird eine Anlage betrachtet, die neben Strom und Gas auch Wärme zur Verfügung stellen kann.

Ebenfalls aus dem Projekt PVeCarport soll die digitale Lösung die Steuerung und das Energiemanagement der Anlage übernehmen. Um dies realisieren zu können, müssen die weiteren Verbraucher (des PV Stroms) und Speicher integriert werden. Die Steuerungssoftware bezieht Wettervorhersagen, Strompreise und Kundenwünsche in das Energiemanagement der Anlage ein.

Auf Basis der für Nordrhein-Westfalen durchgeführten PV-Potenzialstudie soll die Analyse für die gesamten Parkplatzflächen der Bundesrepublik Deutschland fortgeführt werden.

### 4 Europäische Wasserstoff-Tankstellen-Infrastruktur

In den folgenden beiden Abbildungen sind die Wasserstoff-Tankstellen im europäischen Raum aufgezeigt, die an der „Clean Energy Partnership (CEP)“ teilnehmen.

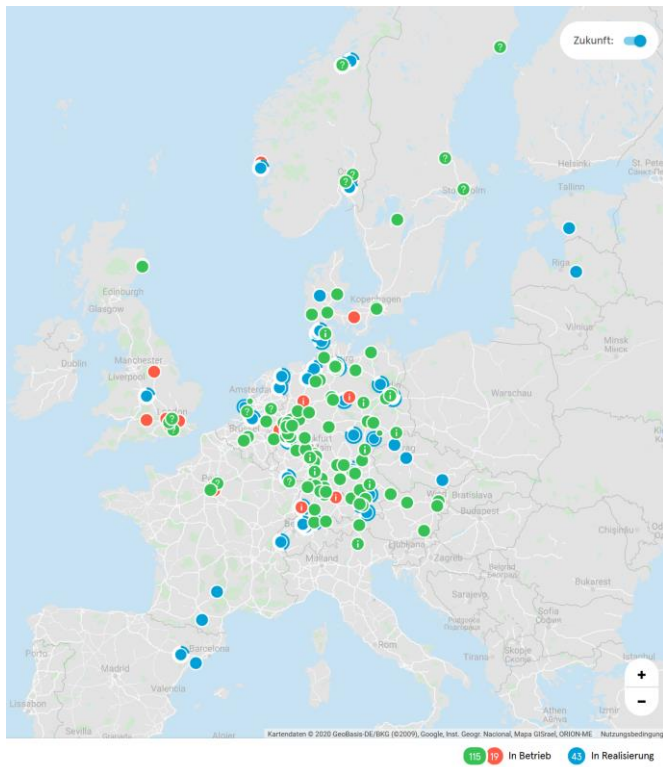


Abbildung 2: Übersicht Wasserstoff-Tankstellennetz Europa<sup>10</sup>

Europaweit sind bereits 134 in Betrieb und 43 in der Entstehung. Die Anzahlen beinhalten die oben genannten Anlagen der BRD. Demzufolge befinden sich 60 % der Wasserstoff-Tankstellen in Deutschland. Dieser Vorsprung sollte nicht verspielt werden. Allerdings sollte der Ausbau der Tankinfrastruktur auch auf europäischer Ebene betrachtet werden, da auch die internationalen Möglichkeiten ein Brennstoffzellenauto zu tanken Einfluss auf die Alltagstauglichkeit dieser Technik haben.

Der Blick auf die Zahlen der anderen CEP Länder in *Abbildung 3* zeigt, dass die Anwendung des Anlagenkonzepts auf dem europäischen Markt großes Potenzial aufweist.

<sup>10</sup> <https://h2.live/tankstellen>

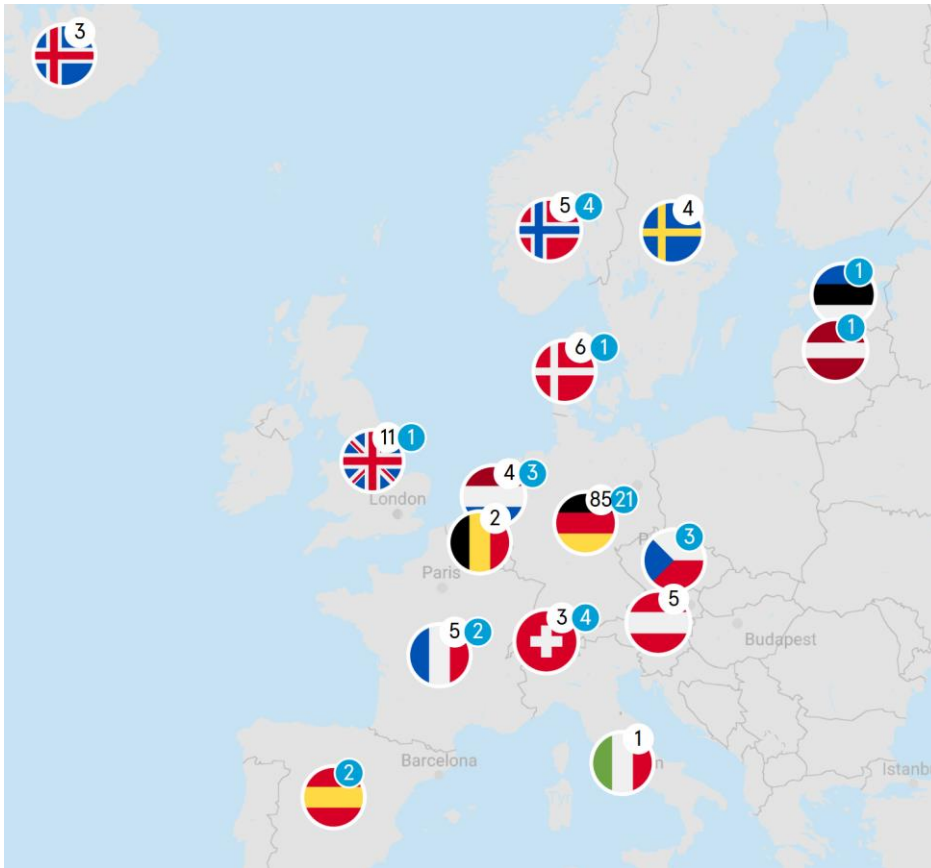


Abbildung 3: Übersicht Wasserstoff-Tankstellen nach Land<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <https://h2.live/tankstellen>