

# Analyse und Bewertung von Wasserstoffinfrastrukturen für private und kommerzielle Fahrzeuge

Verkehr

Simonas CERNIAUSKAS<sup>1(1)</sup>, Thomas GRUBE<sup>(1)</sup>, Martin ROBINIUS<sup>(1)</sup>, Detlef STOLTEN<sup>(1,2)</sup>,

<sup>(1)</sup> Institute of Electrochemical Process Engineering (IEK-3), Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Str., D-52428, Germany,

<sup>(2)</sup> Chair for Fuel Cells, RWTH Aachen University, c/o Institute of Electrochemical Process Engineering (IEK-3), Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Str., D-52428, Germany

## Motivation und zentrale Fragestellung

Die technologische Einschränkung des kohlenstoffbasierten Kraftstoffsystems ist zum Teil auf die begrenzte Verfügbarkeit alternativer Kraftstoffinfrastrukturen zurückzuführen. Im Falle von Wasserstoff als Kraftstoff sind die Verringerung der hohen Kosten für die Infrastruktur und der optimale Ausbau zentrale Herausforderungen für die Einführung von Wasserstofftechnologien. Auf der Grundlage der Analyse mehrerer Studien [1-12], die sich auf kostenoptimale Wasserstoff-Lieferketten konzentrieren, kann geschlossen werden, dass der Schwerpunkt typischerweise auf der Auslegung der Infrastruktur gelegt und die Struktur des Wasserstoffbedarfes nicht berücksichtigt wurde. Ausgehend von [1-2] liegt der Fokus dieser Arbeit auf der Frage, welche Verkehrssektoren für die Einführung einer Wasserstoffinfrastruktur in Deutschland besonders geeignet sind.

## Methodische Vorgangsweise

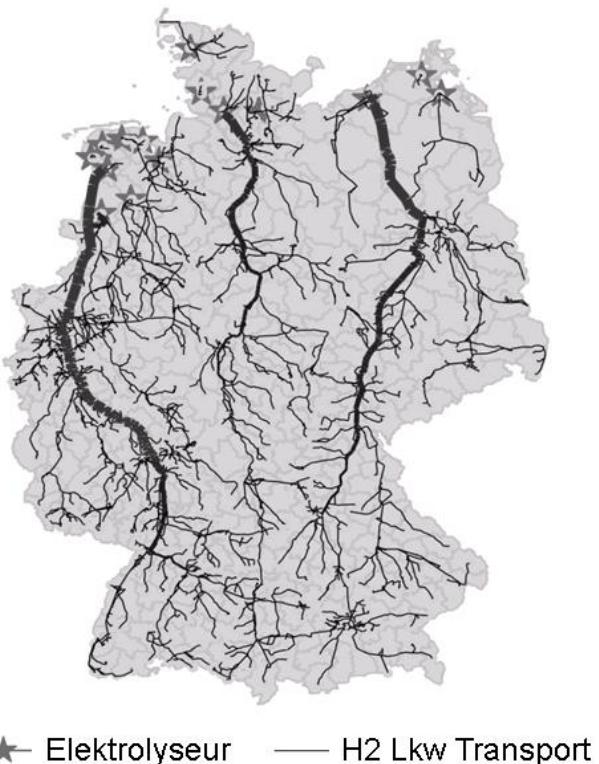
Eine detaillierte Systemmodellierung der landesweiten Entwicklung der Wasserstoffinfrastruktur wird eingesetzt, um vielversprechende Infrastrukturrentwicklungsszenarien und die damit verbundenen Wasserstoffbereitstellungskosten zu untersuchen. Zu den Bereitstellungspfaden gehören der Wasserstofftransport auf Lkw- und Pipelinebasis sowie die saisonale Speicherung zum Ausgleich schwankender erneuerbarer Energieerzeugung und -nachfrage aus dem Stromnetz. Aufgrund einer guten Datenverfügbarkeit, einer für Industrieländer typischen Wirtschaftsstruktur und ehrgeiziger Ziele der Klimapolitik wird die vorgeschlagene Methodik auf den Fall von Deutschland angewendet. Verschiedene Penetrationsszenarien für die brennstoffzellenbasierten Transportmittel Busse, Bahnen, Flurförderzeuge, leichte und schwere Nutzfahrzeuge und Personenkraftwagen (FCVs) wurden in der Untersuchung berücksichtigt. Dabei wird zwischen öffentlich und nicht öffentlich zugänglichen Betankungseinrichtungen unterschieden.

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Ergebnisse der Analyse zeigen, dass Wasserstoffinfrastrukturen für Pkw- und Lkw-Flotten, Busse, Züge sowie Flurförderzeuge signifikante Vorteile für die Einführung der Infrastruktur besitzen. Höhere Bedarfskonzentration bei Flottentankstellen im Vergleich zur öffentlichen Pkw- und Lkw-Betankung erfordern niedrigere spezifische Anfangsinvestitionen, um eine Versorgung bei angemessener räumlicher Verbreitung sicher zu stellen. Weiterhin erlaubt eine planbare Kraftstoffnachfrage der Fahrzeuge eine genauere Dimensionierung der Tankstellen, was zu einer höheren Auslastung der Betankungsinfrastruktur und somit zu niedrigeren spezifischen Kosten führt. Das hat zur Folge, dass bereits ab einem niedrigen Gesamtbedarf die Wasserstoffgestehungskosten an der Tankstelle unterhalb des heutigen Preises (abzüglich der Mehrwertsteuer) der konventionellen Kraftstoffe liegen können. Die Option einer zur heutigen Mineralölsteuer in Deutschland vergleichbaren Besteuerung erscheint damit mittel- bis langfristig gegeben. Daraus folgt, dass Fahrzeugflotten eine wichtige Rolle in der Einführung von Wasserstoffinfrastrukturen spielen können und dass Wasserstoff als Kraftstoff mit landesweiter Versorgungsinfrastruktur bereits ab niedrigen Gesamtbedarfsmengen wettbewerbsfähig zu konventionellen Kraftstoffen ist.

---

<sup>1</sup> D-52425 Jülich, +49 2461 61-9154, s.cerniauskas@fz-juelich.de, <http://www.fz-juelich.de/iek/iek-3>



★ Elektrolyseur — H2 Lkw Transport

Abbildung 1: Landesweite Wasserstoffinfrastruktur für private und kommerzielle Fahrzeuge

## Literatur

- [1] Martin Robinius, et al., *Linking the Power and Transport Sectors—Part 2: Modelling a Sector Coupling Scenario for Germany*. 2017.
- [2] Reuss, M., et al., *Seasonal storage and alternative carriers: A flexible hydrogen supply chain model*. Applied Energy, 2017. 200: p. 290-302.
- [3] Sylvestre Baufume, F.G., Thomas Grube, Dennis Krieg, Jochen Linssen, Michael Weber, Jürgen-Friedrich Hake, Detlef Stolten *GIS-based scenario calculations for a nationwide German hydrogen pipeline infrastructure*. International Journal of Hydrogen Energy, 2013(38): p. 3813-3829.
- [4] Yeh S, Farrell A, Plevin R, Sanstad A, Weyant J. *Optimizing U.S. Mitigation strategies for the light-duty transportation sector: what we learn from a bottom-up model*. Environmental Science Technology 2008;42:8202-8210.
- [5] Strachan N, Balta-Ozkan N, Joffe D, McGeevor K, Hughes N. *Soft-linking energy systems and GIS models to investigate spatial hydrogen infrastructure development in a low-carbon UK energy system*. Int J Hydrogen Energy 2009;34:642e57.
- [6] Contreras A, Guervo's E, Posso F. *Market penetration analysis of the use of hydrogen in the road transport sector of the Madrid region, using MARKAL*. Int J Hydrogen Energy 2009;34:13e20.
- [7] Rosenberg E, Fidje A, Espelgren KA, Stiller C, Svensson AM, Møller-Holst S. *Market penetration analysis of hydrogen vehicles in Norwegian passenger transport towards 2050*. Int J Hydrogen Energy 2010;35:7267e79
- [8] Soonho Hwangbo, I.-B.L., Jeehoon Han *Mathematical model to optimize design of integrated utility supply network and future global hydrogen supply network under demand uncertainty*. Applied Energy, 2017(195): p. 257-267.
- [9] Marta Moreno-Benito, P.A., Lazaros G.Papageorgiou, *Towards a sustainable hydrogen economy: Optimisation-based framework for hydrogen infrastructure development*. Computers and Chemical Engineering, 2017(108): p. 110-127.
- [10] Minsoo Kim, J.K., *Optimization model for the design and analysis of an integrated renewable hydrogen supply (IRHS) system: Application to Korea's hydrogen economy*. International Journal of Hydrogen Energy, 2016(41): p. 16613-16626.
- [11] Paula Nunes, F.O., Silvio Hamacher, Ali Almansoori *Design of a hydrogen supply chain with uncertainty*. International Journal of Hydrogen Energy, 2015(40): p. 16408-16418.
- [12] Chaoming He, H.S., Yang Xu, Siyun Lv, *Hydrogen refueling station siting of expressway based on the optimization of hydrogen life cycle cost*. International Journal of Hydrogen Energy, 2017(42): p. 16313-16324.