

Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, www.eskp.de

Energiewende & Umwelt · Infrastruktur

NEUE PERSPEKTIVEN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLE

Patrick Preuster¹, Oliver Jorzik²

¹ Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN)

² Earth System Knowledge Platform | ESKP

Zuerst publiziert: 13. Juni 2019, 6. Jahrgang

Digitaler Objektbezeichner (DOI): <https://doi.org/10.2312/eskp.036>

Teaser

Im Mittelpunkt neuer Forschungen zum Wasserstoff als Treibstoff steht ein Verfahren, das völlig ungefährlich ist und womit Wasserstoff dauerhaft sicher gelagert werden kann.

Keywords

Erneuerbare Energie, Mobilität, LOHC, Liquid Organic Hydrogen Carrier, Dibenzyltoluol, Wasserstoff, Schiffe, Züge, Bahnnetz, LKW, Busse, Dieselmotoren, Brennstoffzelle, CO₂, Kohlenstoffdioxid, Infrastrukturen, Power-to-Gas, Strom, Wasserstoffspeicher

Vielen Fachleuten ist klar: Wenn man an Mobilität von morgen denkt, müssen neue Konzepte her. Die Diskussionen um Dieselmotoren und der Bau neuer großer Stromtrassen durch Deutschland zeigen, dass die Energiewende nicht nur ein aufwändiger Prozess ist, der einen langen Atem braucht. Auch sind riesige Investitionen nötig, um den technischen Wandel und den Ausbau der Infrastruktur finanziell zu bewältigen. Wasserstoff und Brennstoffzelle gelten dabei neben E-Mobilität als Hoffnungsträger für eine Mobilitätssicherung, die sich unabhängig vom Verbrauch fossiler Brennstoffe macht. Damit könnte der Verkehr künftig einen signifikanten Beitrag zur notwendigen Senkung von CO₂-Emissionen leisten. Am Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg (HI ERN), einer Außenstelle des Forschungszentrums Jülich, forscht man intensiv am sicheren Transport von Wasserstoff, um vorhandene Infrastrukturen auch für den Energieträger Wasserstoff zu erschließen.

Bislang ging man bei Power-to-Gas regelmäßig davon aus, dass Wasserstoff in der Nähe großer Windkraftanlagen erzeugt und gelagert werden muss, um ihn dort umgewandelt als Strom über neu gebaute Stromtrassen Richtung Industriezentren zu schicken. Eine wichtige Ergänzung dazu bietet die Speicherung von Wasserstoff innerhalb des bestehenden Gasnetzes sowie das Power-to-Gas-Verfahren, bei dem sich aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid regeneratives Erdgas gewinnen lässt. Allerdings handelt es sich hierbei um ein thermisches Endprodukt, was unter Klimagesichtspunkten nicht optimal ist.

Einen neuen Weg des Wasserstofftransports bietet sich nun mit LOHC. Durch die Bindung von Wasserstoff an die neue Trägerflüssigkeit LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier) besteht nun die Chance, den Wasserstoff sicher und gefahrlos vom Herstellungsort an jeden Verwendungsort in der Republik zu schicken. Aber auch Züge, die auf noch nicht elektrifizierten Zugstrecken fahren, ließen sich möglicherweise per LOHC und Brennstoffzelle antreiben genauso wie große Containerschiffe. Selbst für den Betrieb von großen Lkws und Bussen gibt es ein enormes wirtschaftliches Potenzial - vor allem in Zeiten, in denen wegen zu hoher Emissionen Fahrverbote in Städten drohen.

Wasserstofflogistik

Prinzip des Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)

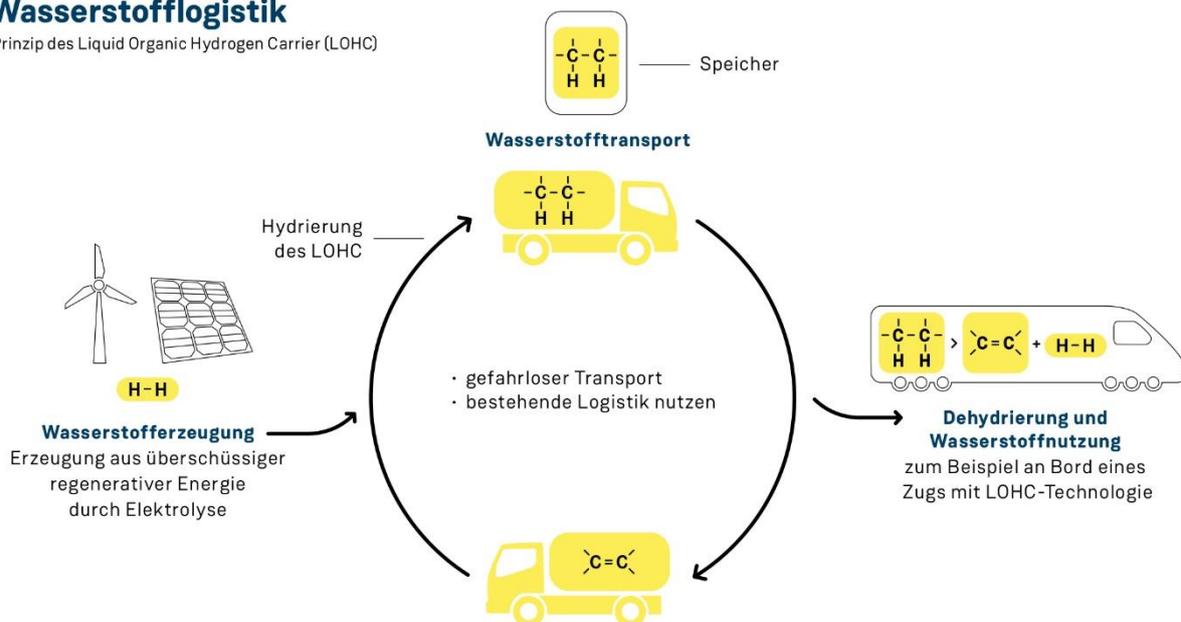


Abb. 1: Infografik zum Prinzip des Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC) (Grafik: Forschungszentrum Jülich GmbH/SeitenPlan)

Ähnlich wie Diesel: Wie funktioniert LOHC?

Grundlage der neuen Technologie bildet Dibenzyltoluol, das als flüssiger organischer Wasserstoffträger (Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC) fungiert. Dabei handelt es sich um eine Kohlenstoffverbindung, die weder toxisch noch karzinogen ist, und außerdem sehr schwer entflammbar. Welche Rolle spielt das LOHC Dibenzyltoluol? Mittels Katalyse wird unter der Zufuhr von Energie - im Idealfall aus Windkraftanlagen, photovoltaischen

Anlagen oder Wasserkraft - flüssiges Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Der Wasserstoff wird aufgefangen und chemisch an den LOHC gebunden. Durch einen speziellen Katalysator lässt sich der Wasserstoff bei Bedarf durch Dehydrierung wieder abspalten und für den Betrieb von Brennstoffzellen verwenden. Bei dem neuen Verfahren wird also Dibenzyltoluol als Trägerflüssigkeit verwendet, an die der Wasserstoff gebunden wird.

Ist der Wasserstoff freigesetzt, liegt das Dibenzyltoluol wieder in seiner ursprünglichen Form vor und kann wiederverwendet werden. Dementsprechend unkompliziert sieht ein Tankvorgang aus. Beim „Nachtanken“ würde einfach das gebrauchte LOHC gegen neues ausgetauscht werden, das mit Wasserstoff beladen ist, und schon kann die Reise weitergehen. LOHC hat eine große Speicherfähigkeit, was die Transportkosten senkt und die Rentabilität erhöht. So kann ein Liter dieser Flüssigkeit 650 Liter Wasserstoff aufnehmen. Es entsteht eine ungefährliche Flüssigkeit, die Dieselkraftstoff ähnelt und sich mit gängigen Tankfahrzeugen transportieren lässt. Zusätzlicher Vorteil: Der Wasserstoff kann so über lange Zeiträume sicher gelagert werden, um beispielsweise in Unternehmen oder Wohnhäusern Stromschwankungen in wind- oder sonnenarmen Zeiten zu überbrücken und die vorhandenen Schwächen von Wind- und Sonnenenergie auszugleichen.

Höhere Wettbewerbsfähigkeit durch modernste Technik

Erst im vergangenen Jahr ist es einem Team von Wissenschaftlern des Forschungszentrums Jülich und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg (FAU) unter Leitung von Prof. Peter Wasserscheid gelungen, einen Katalysator zu entwickeln, der Beladungs- und Entladungsreaktion bei gleicher Temperatur effizient beschleunigen kann. Durch die unterschiedlichen Reaktionstemperaturen war es bis dato unmöglich, die freiwerdende Wärme der Beladung zu speichern und für die Entladung zu nutzen.

Durch das neue Verfahren kann nun Wasserstoffspeicher bei höheren Temperaturen beladen, die entstehende Wärme zwischengespeichert und für die Entladereaktion genutzt werden. Dadurch können künftig die entscheidenden Reaktionen in einem Apparat ablaufen und nicht mehr wie bisher in zwei getrennten. Diese Reduktion spart Kosten bei Ventilen, Pumpen sowie der notwendigen Mess- und Regeltechnik. Zudem benötigt man weniger Platz und auch die Kosten im laufenden Betrieb sinken. Das erhöht die Rentabilität der neuen Technologie und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit.

Nächster Schritt: Ein LOHC-Zug als funktionsfähiger Prototyp

Mit diesen erheblichen Fortschritten im Hintergrund plant man nun am Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg in Kooperation mit der Industrie binnen fünf Jahren einen sogenannten „Zugdemonstrator“ zu entwickeln. Dabei handelt es sich um einen kompletten Zug, der mit dem neuen Antrieb ausgestattet ist und im regulären Schienennetz fahren kann. Der

Prototyp wird zudem mit einer neuartigen Direkt-LOHC-Brennstoffzelle ausgerüstet, die einen Teil der Energie für den Betrieb liefern soll.

Hier gibt es noch eine Menge Herausforderungen, die auf die Forscher warten. Zwar handelt es sich um eine Technologie, die sich heute schon im Dauerbetrieb bewährt hat und kommerziell erfolgreich vertrieben wird. Um aber den Fahrbetrieb eines Zuges abbilden zu können, müssen die Katalysatoren noch deutlich dynamischer agieren.

Auch bei der Leistungskraft der Brennstoffzellen muss noch zugelegt werden, um für große Antriebsstränge von Zügen oder Schiffen geeignet zu sein. Für einen breiten Einsatz in der Fläche - beispielsweise bei LKW oder Bussen - müssten auch das bestehende Tankstellensystem angepasst werden. Denn die Tankstellen hätten künftig die Aufgabe, nicht nur LOHC zur Verfügung zu stellen. Sie müssten gleichzeitig das wasserstofffreie LOHC wieder aufnehmen. Es gibt jedoch einen vielfältigen und spannenden Markt für die neue Technik. So sind heute noch 40 Prozent des deutschen Bahnnetzes nicht elektrifiziert. Eine emissionsfreie Alternative würde hier dringend gebraucht.

Referenzen

Aus dem Labor auf die Schiene. Forscher des HI-ERN planen Wasserstoffzüge mit LOHC-Technologie. (2018, 19. April). [Pressemitteilung FZJ, www.fz-juelich.de]. Aufgerufen am 10.11.2018.

Dürr, S., Müller, M., Jorschick, H., Helmin, M., Bösmann, A., Palkovits, R., & Wasserscheid, P. (2017). Carbon dioxide-free hydrogen production with integrated hydrogen separation and storage. *ChemSusChem*, 10(1), 42-47. doi:10.1002/cssc.201600435

From the lab to the rail. Scientists from the HI ERN are planning hydrogen trains powered by the LOHC-technology. (2018, 19. April). [Pressemitteilung FZJ, www.fz-juelich.de/hi-ern/]. Aufgerufen am 10.11.2018.

Halber Aufwand, gleicher Ertrag. Jülicher und Erlanger Forscher vereinfachen die Speicherung von Wasserstoff. (2017, 29. August). [Pressemitteilung FZJ, www.fz-juelich.de]. Aufgerufen am 10.11.2018.

Jorschick, H., Preuster, P., Dürr, S., Seidel, A., Müller, K., Bösmann, A. & Wasserscheid, P. (2017). Hydrogen storage using a hot pressure swing reactor. *Energy & Environmental Science*, 10, 1652-1659. doi:10.1039/C7EE00476A

Preuster, P., Papp, C. & Wasserscheid, P. (2017). Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs): Toward a Hydrogen-free Hydrogen Economy. *Accounts of Chemical Research*, 50(1), 74-85. doi:10.1021/acs.accounts.6b00474

Zitiervorschlag

Preuster, P. & Jorzik, O. (2019, 13. Juni). Neue Perspektiven für Wasserstoff und Brennstoffzelle. *Earth System Knowledge Platform* [www.eskp.de], 6. doi:10.2312/eskp.036



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen: eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

