

Markus Ferber | Henning Kaul (Hrsg.)

Bekenntnisse zur Verantwortung für die Umwelt



Hanns
Seidel
Stiftung



lau verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

**Redaktion: Susanne Berke, Silke Franke, Barbara Fürbeth,
Verena Hausner, Claudia Magg-Frank und Marion Steib**

Bitte beachten Sie, dass zur besseren Lesbarkeit der Texte auf die gleichzeitige Verwendung femininer und maskuliner Sprachformen verzichtet wird. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten geschlechtsneutral bzw. für alle Geschlechter.



ISBN 978-3-95768-226-0

© 2021 Lau-Verlag & Handel KG, Reinbek

www.lau-verlag.de

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Umschlagentwurf: pl, Lau-Verlag, Reinbek

Umschlagabbildung: © Istockphoto/Boonyachaoat

Satz und Layout: pl, Lau-Verlag, Reinbek

Druck und Bindung: Druckerei & Verlag Steinmeier GmbH & Co. KG
in Deiningen

Printed in Germany

Siegfried Balleis

Wasserstoff – Der Schlüssel zur Dekarbonisierung unserer Wirtschaft

Die Beschlüsse der Vereinten Nationen und der Europäischen Union zur Bekämpfung der Folgen des Klimawandels haben aufgezeigt, dass der Mobilitätssektor eine große Bringschuld zur Lösung der mit dem Klimawandel verbundenen Probleme hat. Während bisher batteriegebundene Elektromobilität im Fokus der Betrachtung stand, ist es dringend erforderlich, auch die Nutzung von synthetischen Kraftstoffen, e-fuels und insbesondere von Wasserstoff im Bereich der Mobilität zu forcieren. Dabei müssen effiziente Maßnahmen zur Lösung der Transportprobleme des Wasserstoffs entwickelt werden. Hier könnte ein Verfahren, das an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg erforscht wurde, bahnbrechende Möglichkeiten eröffnen.

Politische Forderungen der Vereinten Nationen und der Europäischen Union

Zum ersten Mal haben mit dem Abkommen von Paris am 12. Dezember 2015 196 Staaten in einem völkerrechtlich bindenden Vertrag beschlossen, den Klimawandel zu bremsen und seine Auswirkungen abzumildern. Der Übergang zu erneuerbaren Energien ist dabei das Kernelement dieser Klimapolitik, die darauf abzielt, die Erderwärmung in Relationen zur vorindustriellen Zeit auf deutlich unter 2° C zu beschränken. Weiter wurde festgestellt, dass – möchte man das noch ehrgeizigere 1,5° C-Ziel erreichen – die Treibhausgasemissionen (Green House Gases, GHG) weltweit zwischen 2045 und 2060 auf null zurückgefahren werden müssten.¹

Während es in Deutschland in der Vergangenheit bereits gelungen ist, bei der Stromproduktion immer stärker regenerative Energien ins-

¹ Vgl. <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/pariser-abkommen/>, Stand: 3.9.2020.

besondere im Bereich der Windenergie, der Photovoltaik und auch der Bioenergie auszubauen, ist der Anteil der Emission der Klimagase aus dem Verkehr nicht zurückgegangen. Somit steht der Verkehrssektor in einer besonderen Verantwortung, einen substanziellen Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgase zu leisten. Nach Auffassung zahlreicher Experten kann dies nur durch eine massive Umstellung von Verbrennungsmotoren auf batteriebetriebene Elektrofahrzeuge beziehungsweise Brennstoffzellenfahrzeuge geschehen.²

Die Notwendigkeit, Mobilität umweltverträglich zu gestalten, resultiert jedoch nicht nur aus der Pariser UN-Klimakonferenz vom Dezember 2015, sondern neuerdings auch aus Festlegungen des Europäischen Parlaments, des Europäischen Rates und der EU-Kommission vom Dezember 2018. Darin wird gefordert, dass die Autohersteller nach 2021 ihre CO₂-Emissionen noch einmal massiv senken müssen, nämlich um 15 % bis zum Jahr 2025 und sogar um 37,5 % bis zum Jahr 2030, jeweils gemessen an dem ehrgeizigen Zielwert von 95 g/km für 2021. Weiterhin wurde darin festgelegt, dass in zwölf Jahren die Autos aus den Flotten im Schnitt nur noch 60 g/km CO₂ ausstoßen dürfen, während es in Europa derzeit durchschnittlich noch 118,5 g und bei deutschen Herstellern 127,1 g seien.³

Elektromobilität als unabweisbare Problemlösung

In der seit Jahren andauernden Diskussion um die Überschreitung der Grenzwerte für Stickoxide in 90 deutschen Städten wird immer stärker der Ruf nach einer Verkehrswende laut, und im Zusammenhang mit der Forderung nach einer »Mobilität der Zukunft« wird immer deutlicher gefordert, möglichst regenerative Energiearten zur Anwendung zu bringen.

2 Reuss, Markus/Grube, Thomas/Robinius, Martin u. a.: Seasonal storage and alternative carriers: A flexible supply chain model, in: *Applied Energy* 200/2017 (hrsg. von Elsevier), S. 290–302.

3 Baumüller, Michael/Balser, Marcus/Meta Beisel, Karoline/Hägler, Max: Zwang zum E-Auto – Die Autohersteller müssen nach dem Willen der EU den Kohlendioxid-Ausstoß ihrer Fahrzeuge drastisch reduzieren – und damit auch den durchschnittlichen Spritverbrauch. Da hilft nur eines: mehr Motoren mit Strom, in: *Süddeutsche Zeitung*, 19.12.2018.

Im Mittelpunkt der Bemühungen steht dabei das Thema Elektromobilität, das von der Bundesregierung sehr stark vorangetrieben wird. So hat Bundeskanzlerin Angela Merkel bereits im Jahr 2011 gefordert, dass bis zum Jahr 2020 eine Million Autos auf deutschen Straßen unterwegs sein sollten. Mitte des Jahres 2020 waren es aber gerade einmal 136 000 Fahrzeuge. 539 400 Personenkraftwagen mit Hybridantrieb waren bis März 2020 zugelassen. Folglich hat Merkel nach der Übergabe des Lageberichts der nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) angekündigt, dass man das angepeilte Ziel auf das Jahr 2022 verschieben müsse.⁴

Allerdings wird von Skeptikern kritisch hinterfragt, ab welcher Laufleistung der Einsatz von Elektromobilität sinnvoll sei. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz der Elektromobilität umso wirtschaftlicher und ökologischer ist, je höher die Laufleistung ist.⁵ Diese kritische Haltung wird u. a. damit begründet, dass zur Herstellung der Batterien ein enormer Ressourcen- und Energieaufwand notwendig ist, der sich erst bei einer langen Betriebszeit beziehungsweise bei hoher Laufleistung rechnet.

Diese Tatsache hat man auch bei der Förderpolitik der Bundesregierung im Rahmen des »Sofortprogramms Saubere Luft« berücksichtigt. Dort wird insbesondere die Anschaffung jener elektrisch angetriebenen Fahrzeuge gefördert, die idealerweise nahezu rund um die Uhr im Einsatz sind wie beispielsweise Busse, Lieferfahrzeuge, Handwerkerfahrzeuge oder neuerdings auch schwere Kommunalfahrzeuge.⁶

Neue Chancen durch Brennstoffzellenfahrzeuge

Leider wurde, von wenigen Ausnahmen abgesehen, dem Einsatz der Wasserstofftechnologie zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Dabei könnte der Einsatz von Wasserstoff ein wichtiges Element der Sektorkopplung zwischen Energiewende einerseits und Verkehrswende andererseits darstellen. Viele sehen im Aufbau einer funktionsfähigen

4 Doll, Nikolaus: Das Märchen vom Deutschen E-Auto-Boom, in: Die Welt, 20.9.2018.

5 Elektroauto, in: RP-Energie-Lexikon, www.energie-lexikon.info.

6 Balleis, Siegfried: Verkehrswende: Ja, bitte, in: Politische Studien 479/2018. S. 71 ff.

Wasserstoffwirtschaft sogar den Schlüssel zu einer Dekarbonisierung unserer Wirtschaft insgesamt.

Bereits heute gibt es in der Bundesrepublik Deutschland aufgrund des systematischen Ausbaus der Windenergie beziehungsweise der Stromgewinnung durch Photovoltaikanlagen Zeiten, in denen Strom im Überfluss vorhanden ist. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn gleichzeitig starker Wind bläst und eine intensive Sonneneinstrahlung vorhanden ist. In diesen Fällen müssen viele Windräder »aus dem Wind gedreht werden«, was ökologisch und ökonomisch außerordentlich unsinnig ist. Paradoxiertweise geht dieser Zustand nicht zu Lasten des Windradbetreibers, sondern er erhält einen nahezu vollständigen Schadensersatz, der über das Energieeinspeisegesetz (EEG) letztlich von allen Stromverbrauchern über erhöhte Strompreise getragen werden muss.⁷

Sektorkopplung realisieren

Es wird in den nächsten Jahren immer mehr Windräder und Photovoltaikanlagen geben, die aus der EEG-Förderung »herausfallen« und die dringend auf Abnehmer für den selbst produzierten Strom angewiesen sind.

Sehr naheliegend ist somit der Gedanke, mit dem Überschussstrom, der nicht im Netz benötigt wird, mittels Elektrolyse Wasserstoff herzustellen. Ein interessantes Beispiel ist in diesem Zusammenhang der Kreis Steinfurt bei Münster, der sich erfolgreich als Modellregion für die Wasserstoff-Mobilität in Nordrhein-Westfalen beworben hat. In diesem Kreis stehen bereits heute 306 Windenergieanlagen (WEA) zur Verfügung, die für die Zeit nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz Märkte für den produzierten Strom suchen. Das Ziel ist die Erzeugung emissionsfreier Kraftstoffe aus erneuerbarem Strom und damit die Einführung von Wasserstoff als Kraftstoff der Zukunft. In den Bewerbungsunterlagen heißt es wörtlich: »Wir setzen auf Wasserstoff als wichtiges Element einer integrierten Energiewende, als Baustein der Sektorkopplung, als Teil einer Stadt-Umland-Verantwortung. Als Modellregion wollen wir für ländliche Regionen zeigen,

7 Wieviele Windräder stehen in Deutschland still?, Science Media Center Germany, 21. 7. 2017.

wie der Markthochlauf gelingen kann: von der Erzeugung grünen Wasserstoffs über den Aufbau dezentraler Verteilinfrastrukturen und Logistikkonzepten bis hin zur Einführung neuer Mobilitätskonzepte mit Brennstoffzellenantrieben.«⁸

Nordrhein-Westfalen scheint sich in der Tat als Pionier der Wasserstofftechnologie zu entwickeln. So haben im Rahmen des öffentlichen Nahverkehrs die Städte Köln und Wuppertal ein Projekt gestartet und insgesamt 40 Wasserstoffbusse für den Regionalverkehr Köln (RVK) und die Wuppertaler Stadtwerke (WSW) bestellt. Wie der CEO des Unternehmens van Hool, Filip Van Hool, bestätigt, sei dies ein bisher einzigartiger Auftrag und gleichzeitig der größte für Wasserstoffbusse europaweit. Auch im Rhein-Main-Gebiet wurde Anfang 2019 ein großes Projekt gestartet, bei dem die Verkehrsbetriebe von Mainz, Wiesbaden und Frankfurt elf Wasserstoffbusse einsetzen.⁹

Skepsis gegenüber dem Einsatz von Wasserstoff

Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, dass viele Bürger eine tiefe Skepsis gegenüber Wasserstoff hegen. Vielen ist noch die Wirkung des Knallgases aus dem Chemieunterricht im Gedächtnis. Und in der Tat: Wasserstoff hat die unangenehme Eigenschaft, ein explosives Gas zu sein. Tatsächlich hat Wasserstoff im Bereich der Luftfahrt schon einmal eine überaus tragische Rolle gespielt: Am 4. März 1936 entzündete sich der Wasserstoff des Zeppelins LZ 129 »Hindenburg« im amerikanischen Lakehurst in New Jersey und viele Menschen verloren in einem Flammeninferno ihr Leben.

Der Einsatz von Wasserstoff ist dagegen bei einer Brennstoffzelle überhaupt nicht spektakulär. Denn der Prozess, bei dem Wasserstoff in der Brennstoffzelle mit Sauerstoff zu Wasser reagiert, kann allenfalls als sogenannte »kalte Verbrennung« bezeichnet werden. Der Vorgang in der Brennstoffzelle ist somit nichts anderes als die Umkehrung

8 Bewerbung des Kreises Steinfurt als Modellregion Wasserstoff-Mobilität NRW im Rahmen des Wettbewerbsaufrufs des Landes Nordrhein-Westfalen, 30. 11. 2018.

9 Schwabl, Carmen: Nur Wasserdampf – die Brennstoffzelle ist eine interessante Technologie – auch für Busse und Bahnen. Trotz der vorhandenen Hürden setzen erste Stadtwerke Testfahrzeuge ein, in: Mobilität 12/2018, Magazin der Zeitung für Kommunale Wirtschaft.

der Elektrolyse, durch die umgekehrt mit dem durch Windenergie erzeugten Strom Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird. Der Wasserstoff kann der Brennstoffzelle entweder in Reinform oder in gasförmiger Verbindung, zum Beispiel in Form von Methan, Propan, Erdgas oder Biogas, bereitgestellt werden. Die Marktreife automobiler Brennstoffzellensysteme ist heute unbestritten. Sie sind alltagstauglich und stellen eine vielversprechende Option für den Mobilitätssektor dar.¹⁰

Der Vorteil bei der Erzeugung von Strom mit Hilfe einer Brennstoffzelle besteht außerdem darin, dass Wärme freigesetzt wird, die beispielsweise zur Heizung der Fahrzeuge genutzt werden kann. Dies ist im Übrigen ein großer Vorteil gegenüber batteriegetriebenen Elektrofahrzeugen im Winterbetrieb, die einen großen Teil des Stroms zur Heizung der Fahrzeuge verwenden müssen oder sogar eine fossil befeuerte Heizung benötigen.

Unbestritten ist jedoch, dass reine Batteriefahrzeuge den effizientesten Antrieb besitzen und somit für planbare Routen und geringe Reichweiten sehr gut geeignet sind. Gleichzeitig ist es notwendig, in der Ergänzung zu batteriebetriebener Elektromobilität Brennstoffzellenfahrzeuge einzusetzen, die mit Wasserstoff betrieben werden. Denn Wasserstoff eignet sich besonders gut für größere PKW, aber insbesondere für Lieferwagen, Busse, Lastwagen, Züge, Flugzeuge und sogar für den Schiffsverkehr. Ein weiterer Vorteil der Nutzung des Wasserstoffs besteht darin, dass die Transportmedien innerhalb weniger Minuten betankt werden können.¹¹

Diese Fakten können aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen derzeit noch außerordentlich überschaubar ist. Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) waren 2019 insgesamt 329 wasserstoffbetriebene PKW zugelassen. Hinzu kommen noch 16 Busse und 2 Lastwagen. Stellt man dem die Zahl von mehr als 64 Mio. Fahrzeugen in der Bundesrepublik

10 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Innovation durch Forschung, Erneuerbare Energien und Energieeffizienz: Projekte und Ergebnisse der Forschungsförderung, Berlin 2018.

11 Bonhoff, Klaus: Emissionsfreie Mobilität bis 2050, in: intelligent unterwegs, Deutscher Mobilitätspreis, Innovationen für eine nachhaltige Mobilität, Berlin 2018.

Deutschland gegenüber, wird das Missverhältnis evident.¹² Vor diesem Hintergrund ist es überraschend, dass gegenwärtig in Deutschland 60 Wasserstofftankstellen existieren und dass diese rasch ausgebaut werden sollen. Berücksichtigt man, dass es Ende Oktober 2014 weltweit erst 220 Wasserstofftankstellen gab, ist dies eine durchaus positive Entwicklung.¹³

Derzeit sind aber die Lagerung und auch der Transport von Wasserstoff noch mit enormem Aufwand verbunden. So können selbst mit dem neuesten Transportverfahren der Linde AG mit einem Vierzigtonner-LKW gerade einmal 1,1 t Wasserstoff unter einem Druck von 500 bar transportiert werden.¹⁴

Die LOHC-Technologie – Lösung des Transportproblems von Wasserstoff?

Hier könnte ein an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg entwickeltes Verfahren helfen. Dieses von den Professoren Peter Wasserscheid, Wolfgang Arlt und Eberhard Schlücker entwickelte Verfahren ermöglicht es, den Wasserstoff katalytisch an einen organischen Kohlenwasserstoff (Liquid organic hydrogen carrier, LOHC) zu binden. Wesentliches Element der LOHC-Technologie ist die chemische Bindung von Wasserstoff an eine organische Trägerflüssigkeit namens Dibenzyltoluol. Die Beladung des Trägermediums erfolgt über eine Hydrierreaktion, bei der Wärme freigesetzt wird und die Substanz perhydro-Dibenzyltoluol entsteht (exotherme Reaktion). Die Entladung dagegen erfordert einen massiven Einsatz von Wärme, ist also eine endotherme Reaktion, in deren Folge wieder Dibenzyltoluol entsteht.¹⁵

12 Doll, Nikolaus: Nichts als Dampf – mit Wasserstoff zu fahren soll für die Autoindustrie der Heilsbringer sein. Doch die Entwicklung geht nicht voran. Und dafür gibt es wichtige Gründe, in: *Welt am Sonntag*, 3. 3. 2019.

13 Neckermann, Lukas: *The Mobility Revolution, Zero Emissions, Zero Accidents, Zero Ownership*, Leicestershire 2015.

14 *Krafthand – Unabhängiges Technikmagazin für das Kraftfahrzeug-Handwerk*, 2018.

15 Seidel, Alexander: Wasserstoff aus dem LOHC-Prozess zur Betankung von Brennstoffzellenfahrzeugen, in: *gwf Gas + Energie*, September 2018.

Das Spannende an dieser Innovation ist, dass die Trägersubstanz in einem Kreislauf immer wieder be- und entladen werden kann. Dieser an die Trägersubstanz gebundene Wasserstoff kann absolut unproblematisch in herkömmlichen Tankfahrzeugen zu den Tankstellen transportiert werden und an Ort und Stelle in der bestehenden Tankstelleninfrastruktur gelagert werden. Je nach nachgefragter Menge an Wasserstoff kann in der Wasserstofftankstelle in einem reversiblen Prozess der Wasserstoff wieder katalytisch vom Kohlenwasserstoff (LOHC) getrennt werden.

Allerdings müsste an diesen Wasserstofftankstellen die Möglichkeit der Komprimierung des Wasserstoffs geschaffen werden. Der hoch komprimierte Wasserstoff kann von mit Brennstoffzellen ausgestatteten Fahrzeugen – wie bei der heute bereits an Erdgastankstellen anzutreffenden gängigen Praxis – innerhalb weniger Minuten getankt werden. Im Gegensatz zu den relativ langen Ladevorgängen bei der Elektromobilität dauert der Tankprozess somit nicht länger als heute die Betankung eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor.

Aus diesem Grund ist es nicht verwunderlich, dass es das oben genannte Forscherteam der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg gemeinsam mit Daniel Teichmann geschafft hat, sich im Jahr 2018 als »top drei« des Zukunftspreises des deutschen Bundespräsidenten zu qualifizieren.¹⁶

Einsatz von Wasserstoff in der schienengebundenen Mobilität

Analog zum Einsatz der Wasserstofftechnologie bei Automobilen bietet sich selbstverständlich auch der Einsatz der Wasserstofftechnologie im Schienenverkehr an. So hat beispielsweise Ende Januar 2019 der weltweit erste mit Wasserstoff betriebene Personenzug auf dem Weg von Offenburg nach Freudenstadt seine »Bergtauglichkeit« unter Beweis gestellt, nachdem er bereits im Herbst 2018 im flachen Elbe-Weser-Gebiet im planmäßigen Verkehr unterwegs war. Bei diesem Zug ist bemerkenswert, dass er über eine Reichweite von rund 1000

16 Wraneschitz, Heinz: In USA bekannter als in der Heimat Deutschland, Der flüssige Träger für den Transport von Wasserstoff wurde in Erlangen entdeckt, in: Bayerische Staatszeitung, 30.11.2018.

km sowie eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h verfügt und der Vorgang der Betankung nicht länger dauert als die Betankung mit Diesel.¹⁷

Die Forscher am Helmholtz-Institut der Universität Erlangen-Nürnberg arbeiten aber bereits an einer weiter fortgeschrittenen Technologie. Denn in dem neuesten Projekt soll der an LOHC gebundene Wasserstoff an Bord mitgeführt und erst im Fahrbetrieb an Bord des Zuges freigesetzt werden. Dort liefert er über eine Brennstoffzelle Strom für den Antrieb.¹⁸

Die bayerische Staatsregierung hat sich entschlossen, diese Technologie mit großem finanziellem Aufwand zu unterstützen. So wurde den Direktoren des Helmholtz-Instituts Erlangen-Nürnberg for Renewable Energy, Karl Mayrhofer und Peter Wasserscheid, noch im Dezember 2018 ein Förderbescheid über 29 Mio. € übergeben, der der »Erforschung und Entwicklung eines stark emissionsreduzierten Antriebssystems am Beispiel des Schienenverkehrs« dienen soll.¹⁹

LOHC als generelles Speichermedium für Überschussstrom

Dass die Wasserstofftechnologie aber auch unabhängig vom Thema Mobilität Einsatzfelder hat, wurde bereits im Jahr 2016 gezeigt, als die erste netzgebundene LOHC-wasserstoff-basierte Stromspeicheranlage in Betrieb genommen wurde. Dieses System bietet die Möglichkeit der Langzeitspeicherung und kann ebenfalls als Kurzzeitspeicher genutzt werden.²⁰

Die zuvor beschriebene Technologie ist jedoch nicht nur im nationalen Rahmen einsetzbar, sondern es ist auch vorstellbar, dass Was-

17 Badische Zeitung, 31. 1. 2019.

18 Chaffin, Sharon: So fährt die Lok sauber – der Erlanger Lehrstuhl für chemische Reaktionstechnik forscht an neuartiger Wasserstofftechnologie, in: Nürnberger Nachrichten, 7./8. 7. 2018.

19 Greiner, Udo B.: Helmholtz-Institut – Forschen für die Energie der Zukunft – Wasserstoff und Photovoltaik sind die Schwerpunkte des Erlanger Helmholtz-Instituts, in: Wirtschaft in Mittelfranken (WiM), Januar/Februar 2019.

20 Greiner, Udo B.: Mit Wasserstoff regenerativen Strom speichern, Erlanger Startup-Unternehmen Hydrogenius könnte die Energiezukunft entscheidend verändern, in: Bayerische Staatszeitung, 18. 9. 2015.

serstoff mittels Tankschiffen von jenen Ländern nach Deutschland transportiert wird, in denen die Herstellung von Wasserstoff außerordentlich günstig ist wie beispielsweise Norwegen, das über enorme Wasserkraftreserven verfügt. Dort ist der Strom extrem günstig und somit kann der Wasserstoff leicht elektrolytisch gewonnen werden.

Auch im nationalen Maßstab könnte die Anwendung dieser Technologie dazu genutzt werden, überschüssig gewonnenen Wasserstoff aus den nördlichen Bundesländern wie beispielsweise Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg ebenfalls an LOHC zu binden und danach mit Kesselwagen per Schiene oder mit Binnenschiffen auf dem Wasserwege vom Norden unserer Republik in die industriellen Zentren des Südens zu transportieren.

Der Einsatz des Wasserstoffs im Bereich der Mobilität ist keine brandneue Innovation, sondern hat in Deutschland bereits eine gewisse, allerdings überschaubare Tradition. So hat beispielsweise BMW bereits vor 20 Jahren die Wasserstofftechnologie bei Fahrzeugen eingesetzt und auch in der Stadt Erlangen ist bereits 1996 ein Bus mit Wasserstoffantrieb ein halbes Jahr ohne Probleme im Linienbetrieb unterwegs gewesen. Allerdings wurde damals der Wasserstoff in einem Verbrennungsmotor eingesetzt.²¹ Aber bereits fünf Jahre später hat man auch einen Brennstoffzellenbus sechs Wochen lang in Erlangen im Linienbetrieb ohne Probleme getestet.

Der enorme Vorteil dieser Technologie besteht darin, dass sie absolut emissionsfrei ist, da als »Verbrennungsprodukt« des Wasserstoffs mit Luft bzw. Sauerstoff nur Wasserdampf entsteht. Im Gegensatz zur Elektromobilität, bei der ein enormer Ressourcenaufwand für die Herstellung der Batterien im Rahmen einer aufwendigen Lithiumgewinnung erforderlich ist, ist die Herstellung von Brennstoffzellen wesentlich günstiger und vor allen Dingen ist man dabei nicht von strategisch knappen Ressourcen wie Lithium abhängig. Vor diesem Hintergrund müssen beispielsweise auch die gegenwärtigen Diskussionen in Deutschland gesehen werden, in denen erwogen wird, mit Milliarden-Aufwand eine Batteriefertigung aufzubauen.

Ein weiterer Vorteil des Einsatzes der Wasserstofftechnologie gegenüber der batteriebasierten Elektromobilität besteht auch hin-

21 Weltweit erster Linienbus mit Wasserstoffantrieb, in: Herz-Werke, zum Jubiläum von 50 Jahren ESTW Aktiengesellschaft, 2017.

sichtlich der Reichweite der mit dieser Technologie angetriebenen Fahrzeuge. Während das Gewicht des zu transportierenden Wasserstoffs und der für den Antrieb benötigten Brennstoffzelle deutlich geringer ist als das Gewicht der heutigen Verbrennungsfahrzeuge, erfordert die Elektromobilität zur Erreichung von Reichweiten von 400 bis 500 km ein Batteriegewicht von nahezu einer halben Tonne, die quasi als »tote Last« mitgeschleppt werden muss.

Das Sofortprogramm »Saubere Luft 2017–2020« der Bundesregierung und der Koalitionsvertrag vom März 2018

In der Diskussion um die Einhaltung der Stickoxid-Grenzwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aufgrund der EU-Verordnung 2008/50/EG (Luftqualitätsrichtlinie) aus dem Jahr 2008 hat die Bundesregierung im Herbst 2017 das »Sofortprogramm Saubere Luft« aufgelegt, das zwischenzeitlich, d. h. nach dem dritten Kommunalgipfel am 3. Dezember 2018, nahezu 2 Mrd. € umfasst. Die Bundesregierung beabsichtigt mit diesem Programm eine schnelle und nachhaltige Reduzierung der Stickoxidwerte durch Maßnahmen im Bereich der Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme: durch die Elektrifizierung des Verkehrs (Busse, Taxen und Lieferfahrzeuge) sowie durch die Nachrüstung von Dieselnissen.

Vermutlich werden diese Mittel aber nicht ausreichen, um in allen derzeit noch 60 betroffenen Städten die notwendigen Grenzwerte einzuhalten. Aus diesem Grund wird es unerlässlich sein, weiter in neue Antriebstechnologien zu investieren und den Einsatz der Wasserstofftechnologie durch entsprechende Fördermaßnahmen anzureizen. Große Hoffnungen richten sich in diesem Zusammenhang auf die Aussagen im Koalitionsvertrag der Koalitionsparteien CDU/CSU und SPD vom 13. März 2018. Dort heißt es wörtlich: »Wir wollen das nationale Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie fortführen. Wir wollen die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) technologieoffen weiterentwickeln und die Mittel zu deren Umsetzung erhöhen. Wir wollen die Sektorkopplung voranbringen und den regulativen Rahmen ändern, sodass »grüner Wasserstoff« und Wasserstoff als Produkt aus industriellen Prozessen als Kraftstoff oder für die Herstellung konventioneller Kraftstoffe (z. B.

Erdgas) genutzt werden kann.«²² Weiter wird ausgeführt: »Wir wollen die Elektromobilität (batterieelektrisch, Wasserstoff und Brennstoffzelle) in Deutschland deutlich voranbringen und die bestehende Förderkulisse, wo erforderlich, über das Jahr 2020 hinaus aufstocken und ergänzen.«²³

Notwendige regulatorische Anpassungen

Diese Aussagen im Koalitionsvertrag geben Anlass zur Hoffnung, dass die Wasserstofftechnologie eine vollkommen neue Ära der Mobilität einläuten wird. Allerdings müssen in diesem Zusammenhang seitens der Politik noch die notwendigen Rahmenbedingungen geschaffen werden. So beschreibt das Positionspapier des BDI zu den e-fuels zu treffend, dass sich diese aktuell in einer regulatorischen Sackgasse befinden und dass nur durch die Kombination verschiedener Gesetzesänderungen ein signifikanter Markthochlauf bewirkt werden kann. So müsste sichergestellt werden, dass die e-fuels von stromseitigen Abgaben beim netzdienlichen Betrieb entlastet werden und ambitionierte Anreize für fortschrittliche und strombasierte Kraftstoffe erfolgen. Weiterhin sei eine Ermäßigung der Energiesteuer auf synthetische Kraftstoffe erforderlich. Das Positionspapier des BDI wird sogar noch deutlicher, in dem es ausführt, »dass ohne die e-fuels die Pariser Klimaziele nicht erreichbar seien«.²⁴

Wir leben gegenwärtig an einer Zeitenwende zur Dekarbonisierung unserer Wirtschaft, und zwar sowohl im Bereich der Mobilität als auch der gesamten Energiewirtschaft. Mit der Veröffentlichung der bayerischen Wasserstoffstrategie durch die bayerische Staatsregierung am 29. Mai 2020 hat der Freistaat Bayern bereits im Frühsommer 2020 ein klares Bekenntnis zur Wasserstoffwirtschaft abgelegt.²⁵ Der Freistaat Bayern ist damit seiner Pionierrolle im Bereich Umwelt treu

22 Koalitionsvertrag vom 13. März 2018, Zeilen 3499 ff.

23 Ebd., Zeilen 3513 ff.

24 Positionspapier der deutschen Industrie zum Aufbau von Rahmenbedingungen für die e-fuels-Technologien: e-fuels – jetzt handeln und Chancen nutzen, Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., BDI-Dokumentenummer D 0945, 6.7.2018.

25 Vgl. https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/Publikationen/2020/2020-05-28_Bayerische_Wasserstoffstrategie.pdf, Stand: 3.9.2020.

geblieben, zumal Bayern bereits 1970, d. h. vor über 50 Jahren, weltweit das erste Umweltministerium installiert hat. Somit kann man mit Fug und Recht feststellen, dass der Freistaat Bayern zur umweltpolitischen Avantgarde zählt. Dies hat er u. a. auch dadurch bewiesen, dass er bereits im Spätsommer 2019 das Bayerische Wasserstoffzentrum in Nürnberg errichtet hat.

Am 10. Juni 2020 hat die Bundesregierung ihre Nationale Wasserstoffstrategie veröffentlicht (NWS).²⁶ Damit hat die Bundesregierung einen kohärenten Handlungsrahmen für die künftige Erzeugung, den Transport, die Nutzung und Weiterverwendung von Wasserstoff und für entsprechende Innovationen und Investitionen geschaffen. Sie definiert die notwendigen Schritte zur Erreichung der Klimaziele, zur Schaffung neuer Wertschöpfungsketten für die deutsche Wirtschaft und zur Weiterentwicklung der internationalen energiepolitischen Zusammenarbeit.

Schließlich hat am 8. Juli 2020 auch die Europäische Union ihre Wasserstoffstrategie der Öffentlichkeit vorgestellt.²⁷ Darin hat die EU festgestellt, dass in einem integrierten Energiesystem Wasserstoff die Dekarbonisierung von Industrie, Verkehr, Stromerzeugung und Gebäuden in ganz Europa unterstützen kann. Die Wasserstoffstrategie der EU befasst sich damit, wie dieses Potenzial durch Investitionen, Regulierung, Schaffung von Märkten sowie Forschung und Innovation ausgeschöpft werden kann. Die EU weist weiter darauf hin, dass Wasserstoff Sektoren mit Energie versorgen kann, die nicht für die Elektrifizierung geeignet sind und die Energie speichern, um variable Energieflüsse aus erneuerbaren Energieträgern auszugleichen. Vorrangiges Ziel für die EU ist die Entwicklung von erneuerbarem Wasserstoff, der hauptsächlich mit Hilfe von Wind- und Sonnenenergie erzeugt wird.

Dass diese Absichtserklärungen auf bayerischer und deutscher Ebene nicht nur »politische Absichtserklärungen« sind, sondern mit massiven Finanzmitteln unterlegt sind, ist mit dem Beschluss des Zukunftsprogramms der Bundesregierung durch den Deutschen Bundestag am 29. Juni 2020 deutlich geworden. In diesem Programm sind

26 Vgl. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie>, Stand: 3. 9. 2020.

27 Vgl. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_20_1259, Stand: 3. 9. 2020.

7 Mrd. € für die Wasserstoffwirtschaft und weitere 2 Mrd. € für die entwicklungspolitische Kooperation im Bereich der Wasserstoffwirtschaft vorgesehen.²⁸ Wenige Tage danach hat der Deutsche Bundestag den Nachtragshaushalt 2020 beschlossen, mit dem diese Mittel nunmehr zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt werden.²⁹

Diese spezifischen Wasserstoffstrategien auf bayerischer, deutscher und europäischer Ebene sind eingebettet in den von der EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen im Dezember 2019 initiierten »European Green Deal«, der das Ziel verfolgt, bis zum Jahr 2050 in der Europäischen Union die Nettoemissionen von Treibhausgasen auf Null zu reduzieren und somit Europa als ersten Kontinent klimaneutral werden zu lassen.³⁰

Ihre konkrete politische Ausprägung hat diese Ankündigung mit der Vorlage eines europäischen Klimaschutzgesetzes im März 2020 gefunden.³¹ Im Oktober 2020 hat das Europäische Parlament die EU-Klimaziele der EU-Kommission sogar noch verschärft, indem es sich für eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um 60 % aussprach.³²

Auch auf nationaler Ebene wird der Weg hin zur Treibhausgasneutralität mit dem Referentenentwurf zum Erneuerbaren-Energien-Gesetz 2021 vorangetrieben. In diesem Gesetzentwurf vom September 2020 wird die vom Bundeskabinett beschlossene nationale Wasserstoffstrategie aufgegriffen und vorgeschlagen, die Produktion

28 Vgl. <https://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/das-konjunkturpaket.html>, Stand: 3. 9. 2020.

29 Vgl. <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2020/kw27-de-nachtrags-haushaltsgesetz-701728>, Stand: 3. 9. 2020.

30 Vgl. Green Deal der Europäischen Union vom 11. 12. 2019, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>, Stand: 23. 10. 2020.

31 Vgl. Europäische Kommission: Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/1999 (Europäisches Klimagesetz), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020PC0080&from=EN>, Stand: 23. 10. 2020.

32 Europäisches Parlament: EU-Klimagesetz: Parlament will Emissionen bis 2030 um 60 % reduzieren, Pressemitteilung vom 8. 10. 2020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>, Stand: 23. 10. 2020.

von grünem Wasserstoff von der EEG-Umlage zu befreien.³³ Diese legislativen Maßnahmen zielen eindeutig darauf ab, dem Wasserstoff im Rahmen der Dekarbonisierung unserer Wirtschaft eine immer wichtigere Rolle zuzuweisen.

Fazit

Nachdem alle relevanten politischen Ebenen die notwendigen Beschlüsse gefasst haben, sind wir somit aufgefordert, dies auch in die Tat umzusetzen. Bayern kann hier eine klare Führungsrolle übernehmen, nachdem beim Thema Wasserstoff im Gegensatz zum Thema Elektromobilität die »Claims« noch nicht abgesteckt sind.

Sowohl der Mobilitätssektor als auch der Energiesektor müssen noch einen gewaltigen Beitrag zur Einhaltung der Klimaschutzziele der UN-Klimakonferenz von Paris vom November 2015 leisten. Die Dekarbonisierung des Verkehrs und unserer Wirtschaft insgesamt stellt aber auch einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Beschlüsse des Europäischen Parlaments und der EU-Kommission zur Reduzierung der CO₂-Emissionen vom Dezember 2018 dar. Der Einsatz der Wasserstofftechnologie trägt entscheidend dazu bei, die Abhängigkeit von strategischen Rohstoffen zu reduzieren.

Dr. Siegfried Balleis

Honorarprofessor an der
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg,
Oberbürgermeister a. D. der Stadt Erlangen

33 Gesetzentwurf der Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und weiterer energierechtlicher Vorschriften vom 23. 9. 2020, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetzentwurf-aenderung-erneuerbare-energien-gesetzes-und-weiterer-energierechtlicher-vorschriften.pdf?__blob=publicationFile&v=4, Stand: 23. 10. 2020.