

Der Übergang zu erneuerbaren Energien ist das Kernelement der Klimapolitik, wie sie im Abkommen von Paris im November 2015 beschlossen wurde. Dabei wurde festgelegt, dass man um das 1,5° Ziel zu erreichen die Treibhausgasemissionen (green house gases, GHG) weltweit zwischen 2045 und 2060 auf null zurückfahren müsste. Während es in der Vergangenheit bereits gelungen ist, bei der Stromproduktion immer stärker die regenerative Energien auszubauen, ist der Anteil der Emission der Klimagase aus dem Verkehr nicht zurückgegangen.

Somit steht der Verkehrssektor in der Verantwortung, einen sehr substanziellen Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgase zu leisten. Dies kann nur durch eine massive Umstellung auf batteriebetriebene Elektrofahrzeuge beziehungsweise Brennstoffzellenfahrzeuge geschehen. (M. Reuss, T. Grube, M. Robinius, P. Preuster, P. Wasserscheid, D. Stolten, in: "Seasonal storage and alternative carriers: A flexible supply chain model" in: Applied Energy, Elsevier 2018).

Der Druck in Richtung umweltverträgliche Mobilität kommt aber nicht nur aus der Pariser UN-Klimakonferenz vom November 2015 sondern neuerdings auch durch eine Festlegung 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 für 2021 (Michael Bauchmüller, Marcus Balsler, Karoline Meta Beisel, Max Hägler: „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, Nr. 292 vom 19. Dezember 2018).

In der aktuellen Diskussion um die Überschreitung der Stickoxidgrenzwerte in 90 deutschen Städten (Stand 2017) wird immer stärker der Ruf laut, im Rahmen der „Mobilität der Zukunft“ möglichst regenerative Energiearten zur Anwendung zu bringen. Seit einigen Jahren wird deshalb das Thema Elektromobilität von der Bundesregierung sehr stark vorangetrieben. So hat Bundeskanzlerin Angela Merkel schon 2011 gefordert, dass bis zum Jahr 2020 eine Million Autos auf deutschen Straßen unterwegs sein sollten. Zu Beginn des Jahres 2018 waren es aber gerade einmal 100.000 Fahrzeuge, so dass dieses Ziel mit Sicherheit verfehlt wird. Die Bundeskanzlerin hat deshalb auch nach der Übergabe des Lageberichts der nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) angekündigt, dass man das angepeilte Ziel auf das Jahr 2022 verschieben müsste (Nikolaus Doll: „Das Märchen vom Deutschen E-Auto-Boom“, Welt vom 20.9.2018).

Allerdings wird von Skeptikern gegenüber der Elektromobilität auch stets kritisch hinterfragt, ab welcher Laufleistung sich der Einsatz von Elektromobilität betriebswirtschaftlich beziehungsweise ökologisch rechnet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz der Elektromobilität dann umso wirtschaftlicher und ökologischer ist, je höher die Laufleistung ist. (Elektroauto, in: RP-Energie-Lexikon, www.energie-lexikon.info)

Diese Tatsache schlägt sich auch in der Förderpolitik der Bundesregierung im Rahmen des „Sofortprogramms Saubere Luft“ nieder. Darin 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. (Siegfried Balleis: „Verkehrswende: Ja,

bitte“, in: Politische Studien der Hanns-Seidel-Stiftung, Nummer 479, 69. Jahrgang, Mai-Juni 2018, S. 71 ff.)

Bedauerlicherweise wird bis zum heutigen Tage dem Einsatz der Wasserstofftechnologie noch zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Dabei könnte der Einsatz von Wasserstoff ein ideales Bindeglied zwischen der Energiewende einerseits und der Verkehrswende andererseits sein. Bereits heute gibt es in der Bundesrepublik Deutschland aufgrund des systematischen Ausbaus der Windenergie beziehungsweise der Stromgewinnung mit 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 zulasten des Windradbetreibers, sondern er erhält einen nahezu vollständigen Schadensersatz, der über das Energieeinspeisegesetz (EEG) letztlich von allen Stromverbrauchern über erhöhte Strompreise getragen werden muss. (Science Media Center Germany vom 21.07.2017: „Wieviele Windräder stehen in Deutschland still?“)

Klüger wäre es, mit dem Überschussstrom, der zu diesem Zeitpunkt nicht im Netz benötigt wird mittels Elektrolyse Wasserstoff herzustellen.

Allerdings hat Wasserstoff die unangenehme Eigenschaft, ein explosives Gas zu sein. Und tatsächlich hat Wasserstoff im Bereich der Luftfahrt schon einmal eine herausragende und gleichzeitig tragische Rolle gespielt, nämlich beim Einsatz der Zeppeline, die sogar bei transatlantischen Flügen eingesetzt wurden. Die skeptische Haltung vieler Menschen gegenüber dem Einsatz von Wasserstoff resultiert aus einem historischen Unfall vom 4. März 1936 im amerikanischen Lakehurst im Bundesstaat New Jersey, als sich die Wasserstofffüllung des Zeppelins LZ 129 „Hindenburg“ entzündete und bei der viele Menschen an Bord und auch viele Mitarbeiter der Bodenmannschaft ums Leben kamen. Bis zum heutigen Tage, ist die Lagerung und auch der Transport von Wasserstoff mit enormen Aufwand verbunden. So können selbst mit der neuesten Transportmöglichkeit der Linde AG mit einem Vierzigtonner-LKW gerade einmal 1,1 t Wasserstoff unter einem Druck von 500 bar transportiert werden. (KRAFTHAND – Unabhängiges Technikmagazin für das Kraftfahrzeug-Handwerk 2018)

Hier könnte ein an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg entwickeltes Verfahren helfen. Dieses von den Professoren Wasserscheid, Arlt und 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 bei der 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. (Alexander Seidel: „Wasserstoff aus dem LOHC-Prozess zur Betankung von Brennstoffzellenfahrzeugen, in: gwf Gas + Energie, September 2018). Das spannende an dieser Innovation ist es, dass die Trägersubstanz in einem Kreislauf immer wieder be- und entladen werden kann. Dieser an die Trägersubstanz gebundene Wasserstoff kann dann 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 dann in der Wasserstofftankstelle in einem reversiblen Prozess der Wasserstoff wieder katalytisch vom Kohlenwasserstoff (LOHC) getrennt werden.

Allerdings müsste an diesen Wasserstofftankstellen dann die Möglichkeit der Verflüssigung des Wasserstoffs geschaffen werden. Der verflüssigte Wasserstoff kann dann von mit Brennstoffzellen ausgestatteten Fahrzeugen - wie bei der heute bereits an Erdgastankstellen anzutreffenden gängigen Praxis - innerhalb weniger Minuten getankt werden.

Im Gegensatz zum relativ zu den langen Ladevorgängen bei der Elektromobilität, dauert der Tankprozess somit nicht länger, als heute die Betankung eines Verbrennungsfahrzeugs mit Diesel oder Benzin. 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 km sowie eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h verfügt und dass der Vorgang der Betankung nicht länger dauert als die Betankung mit Diesel. (Badische Zeitung vom 31. Januar 2019).

Die Forscher am Helmholtz-Institut der Universität Erlangen-Nürnberg arbeiten aber bereits an einer weiter fortgeschrittenen Technologie. Denn in den neuesten Projekt soll der an LOHC gebundene Wasserstoff an Bord mitgeführt und erst im Fahrbetrieb an Bord des Zuges freigesetzt werden. Dort liefert er dann über eine Brennstoffzelle Strom für den Antrieb. (Sharon Chaffin: „So fährt die Lok sauber – der Erlanger Lehrstuhl für chemische Reaktionstechnik forscht an neuartiger Wasserstofftechnologie“, in: Nürnberger Nachrichten vom 7. und 8. Juli 2018).

Die bayerische Staatsregierung hat sich entschlossen, diese Technologie mit großem finanziellen Aufwand zu unterstützen. So wurde den Direktoren des Helmholtz-Instituts Erlangen-Nürnberg for Renewable Energy, Professor Mayrhofer und Professor Wasserscheid noch im Dezember 2018 ein Förderbescheid über 29 Millionen € übergeben, der der „Erforschung und Entwicklung eines stark emissionsreduzierten Antriebssystems am Beispiel des Schienenverkehrs“ dienen soll. (Lothar Hoja: „Wie kann man Wasserstoff und Licht noch besser nutzen? – In einem neuen Institut der Helmholtz-Gemeinschaft in Erlangen sollen bekannte regenerative Energiequellen weiter erforscht werden“), in: Nürnberger Nachrichten vom 9. Januar 2019)

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 sowohl eine Langzeitspeichertechnologie und kann ebenfalls als Kurzzeitspeicher genutzt werden. (Weltpremiere im oberfränkischen Arzberg – erste netzgebundene LOHC-Wasserstoff-basierte Stromspeicheranlage in Betrieb genommen, in: Bayerische Staatszeitung vom 18. März 2016).

Die oben beschriebene Technologie ist jedoch nicht nur im nationalen Rahmen einsetzbar, sondern es ist auch vorstellbar, dass Wasserstoff mittels Tankschiffen von jenen Ländern nach Deutschland transportiert wird, in denen die Herstellung von Wasserstoff extrem

günstig ist, wie beispielsweise Norwegen, das über enorme Wasserkraftreserven verfügt. Dort ist der Strom extrem günstig und somit kann auch der Wasserstoff extrem günstig elektrolytisch gewonnen werden.

Auch im nationalen Maßstab könnte die Anwendung dieser Technologie dazu genutzt werden überschüssig gewonnen Wasserstoff aus den nördlichen Bundesländern wie beispielsweise Schleswig Holstein, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg ebenfalls an LOHC zu binden und dann 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 - wenngleich beschränkte - Tradition. So hat beispielsweise BMW bereits vor 20 Jahren die Wasserstofftechnologie bei Fahrzeugen eingesetzt und auch in der Stadt Erlangen ist bereits 1996 ein Brennstoffzellenbus mit Wasserstoffantrieb ein halbes Jahr ohne Probleme im Linienbetrieb unterwegs gewesen. Der enorme Vorteil dieser Technologie besteht darin, dass sie absolut emissionsfrei ist, da als „Verbrennungsprodukt“ des Wasserstoffs nur Wasserdampf entsteht. Im Gegensatz zur Elektromobilität, bei der ein enormer Ressourcenaufwand für die Herstellung der Batterien im Rahmen einer aufwändigen 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 Elektromobilität besteht auch hinsichtlich der Reichweite, der mit dieser Technologie angetriebenen Fahrzeugen. Während das Gewicht des zu transportierenden Wasserstoffs und der für den Antrieb benötigten Brennstoffzelle deutlich geringer ist als die heutige Verbrennungsfahrzeuge, erfordert die Elektromobilität zu Erreichung von Reichweiten von 400-500 km ein Batteriegewicht von nahezu einer halben Tonne, die quasi als „tote Last“ mitgeschleppt werden muss.

In der Diskussion um die Einhaltung der Stickoxid-Grenzwerte von 40 µg/Kubikmeter aufgrund der EU Verordnung 2008/50/EG (Luftqualitätsrichtlinie) aus dem Jahr 2008 hat die Bundesregierung im Herbst 2017 das „Sofortprogramm Saubere Luft“ aufgelegt, für das zwischenzeitlich, d.h. nach dem dritten Kommunalgipfel vom 3. Dezember 2018 nahezu 2 Milliarden € 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 weiter

entwickeln und die Mittel zu deren Umsetzung erhöhen. Wir wollen die Sektorenkopplung voranbringen und den regulativen Rahmen ändern, so dass „grüner Wasserstoff“ und Wasserstoff als Produkt aus industriellen Prozessen als Kraftstoff oder für die Herstellung konventioneller Kraftstoffe (z. B. Erdgas) genutzt werden kann. (Koalitionsvertrag vom 13. März 2018 Zeilen 3499 ff.). Weiter wird wie folgt 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“. (Koalitionsvertrag vom 13. März 2018, Zeilen 3513 ff.).

Diese Aussagen im Koalitionsvertrag geben Anlass zur Hoffnung, dass die Wasserstofftechnologie eine vollkommen neue Ära der Zukunft der Mobilität einläuten wird. Diese Ära wird nicht nur einen großartigen Beitrag zur Einhaltung der Klimaschutzziele der UN-Klimakonferenz von Paris vom November 2015 leisten, sondern sie stellt auch einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Beschlüsse des Europäischen Parlaments und der EU Kommission zur Reduzierung der CO₂ Emissionen vom Dezember 2018 dar. Schließlich macht uns der Einsatz der Wasserstofftechnologie von der Abhängigkeit strategischer Rohstoffe wie beispielsweise von Lithium abhängig, das in enormen Mengen für die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien benötigt wird.