

# PRO

Die Breite aller Mobilitätsbedürfnisse kann von der Elektromobilität nur durch ein sinnvolles Zusammenspiel von Batterie und Brennstoffzelle abdecken.

» Nur in Deutschland herrscht der unsinnige Sprachgebrauch: Elektromobilität gleich Batterie-mobilität. Definitiv kann die Batterie nicht den gesamten Straßenverkehr einschließlich Langstrecke, Schwerlast- und Busverkehr abdecken. Aber auch in diesen Segmenten toleriert der Klimaschutz keine Verbrenner mehr. Die technisch beste Substitutionsmöglichkeit bietet die Elektromobilität mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle.

Wasserstoff ist in einer auf Wind und Sonne basierten Stromwirtschaft ein idealer Sekundärenergieträger, denn seine Speicherbarkeit und Verteilung ist mit der etablierten Nutzung von Erdgas weitgehend kompatibel, erfordert also nur ein Minimum zusätzlicher Infrastruktur. Grüner Wasserstoff ist durch ausgereifte Elektrolysetechnik auch bei intermittierendem Stromangebot zuverlässig verfügbar. Ein weiteres Potenzial eröffnet die Pyrolyse fossilen oder biogenen Methans, bei der als Nebenprodukt nur fester Kohlenstoff anfällt. Die umstrittene Sequestrierung mit CO<sub>2</sub>-Endlagerung ist deshalb verzichtbar. Die wasserstoffbasierte Brennstoffzelle ist seit Jahrzehnten technisch verfügbar. Rund 300 000 Brennstoffzellen-Busse in China, Großaufträge für Brennstoffzellen-Lkw aus der Schweiz, Brennstoffzellen-Pkw von vorwiegend asiatischen Herstellern und erfolgreiche Versuchsfahrzeuge europäischer Autofirmen sind dafür der Beleg.

So wenig wie die Batterie ist die Brennstoffzelle allein die Lösung für klimaschutzgerechte Mobilität. Beide Formen der Elektromobilität werden gebraucht. Für Kurzstrecken ist die Batterie ideal, denn sie vermeidet die Verluste der Umwandlungskette Strom-Wasserstoff-Strom, die rund 50 Prozent, mit fortgeschrittenster Technik etwa 40 Prozent betragen. Weil es keine Batterie gibt, die Schnellladungen auf Dauer schadlos übersteht, eignet sie sich wenig für die Langstrecke. Gelegentliche Schadensmeldungen über thermisch durchreagierende Lithiumionenbatterien beruhen fast immer auf zu schnellen Ladevorgängen mit hoher Leistung. Den Nachteil des niedrigeren Gesamtwirkungsgrads der



Gerhard Kreysa war Geschäftsführer der Dechema und lehrte als apl. Professor technische Elektrochemie an den Universitäten Dortmund und Regensburg. Er ist Mitglied der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen und hat einen Film über die Brennstoffzellen-Mobilität gedreht: [t1p.de/qy14](http://t1p.de/qy14)

## „Wasserstoff für die Mobilitätswende“

Brennstoffzelle kompensieren auf der Langstrecke kurze Tankzeiten und höhere Reichweiten. Ideal wären also Erstwagen mit Batterie für die nähere Umgebung und ein Zweitwagen mit Brennstoffzelle für die Langstrecke. Für das Allround-Fahrzeug böte sich eine Hybrid-Variante mit einer Batterie für die Kurzstrecke und einer Brennstoffzelle als Range-Extender an. Die derzeit beliebten Verbrenner-Hybride sind dagegen als Mogelpackung in der Kritik. Im Lkw- und Busverkehr überwiegen die Vorzüge der Brennstoffzelle.

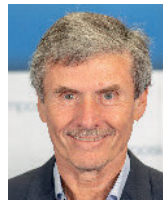
Drei gängige Argumente gegen die Nutzung von Strom für Wasserstoffherzeugung und für Batterieautos seien hier noch entkräftet: Der derzeit noch CO<sub>2</sub>-behaftete Strommix spricht nicht gegen die Elektromobilität. Nahezu jeder Stromversorger bietet einen Tarif für 100 Prozent Ökostrom. Würde dieser stärker nachgefragt, entstünde marktwirtschaftlicher Druck, die Energiewende zu beschleunigen. Auch der CO<sub>2</sub>-Rucksack einer in China hergestellten Batterie ist kein stichhaltiges Argument. Mit einer in Skandinavien oder Island mit Ökostrom hergestellten Batterie wäre ein Elektroauto vom ersten Tag an klimafreundlicher als ein Verbrenner. Kostenvergleiche sind so lange mit Vorsicht zu genießen, bis es endlich gelingt, auch die Rückholkosten für CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre einzupreisen. Ungeachtet dessen liegen die Betriebskosten für 100 km bei meinem Batterieauto derzeit bei 4,04 Euro und beim vergleichbaren Benziner bei 9,10 Euro. <<

# CONTRA

Eine flächendeckende Infrastruktur für Wasserstofftankstellen würde Milliarden kosten, und Brennstoffzellen-Pkw sind teuer. Die Technik ist beim Pkw nicht wettbewerbsfähig.

» Beim 19. Car Symposium im Februar 2019 hatten wir den Chemienobelpreisträger Akira Yoshino, ausgezeichnet für seine Arbeiten zur Lithiumionenzelle, und den damaligen Daimler-Chef Dieter Zetsche zu Gast. Es lag auf der Hand, dass ich Zetsche nach seinen Einschätzungen zur Brennstoffzelle und zum batterieelektrischen Auto fragen würde. Daimler hat lange Erfahrungen mit Fuel Cells. Bereits um das Jahr 2000 plante Mercedes Serienproduktion der A-Klasse mit Fuel Cells. Zetsche antwortete mit einer Anekdote: Einige Zeit zuvor saß er mit dem Tesla-Chef Elon Musk beim Frühstück und stellte genau diese Frage. „Dieter, ich weiß nicht was besser ist, aber ich weiß, dass die Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Autos steht“, antwortete Musk. Mit einem Satz hatte Musk eine abschließende Antwort gegeben. Eine Antriebsform für Pkw, die mehr als eine Nische besetzen soll, braucht in Deutschland knapp 8000 Tankstellen. Eine Mio. Euro pro H<sub>2</sub>-Tankstelle ist eher eine konservative Kostenschätzung. Wer sollte für Deutschland bis zu acht Mrd. Euro in eine Infrastruktur stecken, die frühestens nach 15 Jahren Erträge erwirtschaftet? Und es braucht nicht nur Deutschland. Derzeit gibt es in EU-Europa knapp 140000 Tankstellen. Flächendeckend wären gut 100000 H<sub>2</sub>-Tankstellen, sprich 100 Mrd. Euro notwendig. Der Kapitalwert einer solchen Investition ist bei halbwegs vernünftigen Zinssätzen nicht positiv rechenbar.

Schauen wir uns die heutigen Pkw mit Brennstoffzellen an, etwa den Toyota Mirai: Das Auto ist etwas größer als ein VW Golf und kostet 78600 Euro. Selbst wenn man den Preis halbieren könnte, ist ein VW Golf zu knapp 40000 Euro unverkäuflich. Schauen wir uns die Energieeffizienz an: Wir gewinnen aus Sonne oder Wind elektrischen Strom, jagen den durch eine Elektrolyse, nehmen den Wasserstoff, machen mit der Fuel Cell wieder Strom und treiben dann Elektroautos an. Forschungsinstitute wie die niederländische TNO kommen auf einen Gesamtwirkungsgrad zwischen 22 und 25%. Das hängt auch damit zusammen, dass die Brennstoffzelle nicht ohne Batterie auskommt, denn im Auto braucht man mehr als einen gleichmäßigen Strom. Grüner Wasserstoff und die Brennstoffzelle haben ihren Preis, und der ist bei Pkw nicht wettbewerbsfähig.



Ferdinand Dudenhöffer ist Ökonom und leitete bis Februar 2020 den Lehrstuhl für Automobilwirtschaft und das CAR-Institut an der Uni Duisburg-Essen. Seit Anfang 2020 ist er Direktor des jetzt privatwirtschaftlichen Instituts CAR-Center Automotive Research in Duisburg. [ferdi.dudenhoeffer@car-future.com](mailto:ferdi.dudenhoeffer@car-future.com)

## „Kein Durchbruch der Brennstoffzelle in Pkw“

Das batterieelektrische Auto kommt nach TNO auf eine Energieeffizienz zwischen 70 und 75%. Die wunden Punkte sind Ladezeit, Batteriekosten und -gewicht. Der Vorteil der Brennstoffzelle ist die schnelle Betankung. Die Kosten der Li-Ionenzellen werden in den nächsten zehn Jahren erheblich sinken. Einerseits wirken Skaleneffekte, denn es werden gewaltige Produktionskapazitäten installiert, andererseits Fortschritte bei Zellmaterialien und Produktionsverfahren. Weniger Kobalt und neue Prozesse wie Trockenbeschichtung der Elektroden, wie sie Tesla in Berlin umsetzen wird, senken Zellkosten. Und dann die größeren Zellen, sprich mehr Energiedichte. Neue Anodenmaterialien wie Siliciumkomposite, die höhere Energiedichten erlauben, machen die Zellen charmanter. Der große Charme kommt mit der Feststoffzelle, die Toyota gemeinsam mit Panasonic oder Quantumscape mit VW als Hauptgesellschafter um das Jahr 2025 in Serie haben wollen: Ladezeiten von zehn Minuten und Reichweiten bis 1000 km. Wissenschaftler des koreanischen Ulsan National Institute of Science and Technology haben jüngst wissen lassen, dass sie gemeinsam mit Samsung erfolgreich an keramischen Li-Luftzellen arbeiten.

Die Brennstoffzelle hat möglicherweise Potenzial, aber nicht in Pkw. Bei schweren Nutzfahrzeugen braucht es nicht 5000, sondern vielleicht 100 H<sub>2</sub>-Tankstellen. Bei einem 40-Tonner oder einem Bus spielen 15000 Euro zusätzlich für den Fuel-Cell-Antrieb keine Rolle.

