



1 In Bezug auf den Individualverkehr beherrschen technologische und gesellschaftspolitische Aspekte die Diskussion um die Mobilität der Zukunft © Adobe Stock

Automobilbranche

Technischer Agnostizismus für die neue (Auto-)Mobilität tut Not

Wenn Deutschland seine selbst gesetzten Klimaziele erreichen will, muss sich vieles ändern. Sicher ist: die geforderte Klimaneutralität wird einhergehen müssen mit einem drastischen Rückgang des CO₂-Ausstoßes. Auch der Individualverkehr muss dazu seinen Beitrag leisten.

von Andrea Jäger und Henrik Jäger

Seit dem Streit über die Atomkraft hat in Deutschland kein Thema mehr derart polarisiert wie die Mobilität der Zukunft, vor allem im Hinblick auf der Deutschen liebstes Kind – das Auto. Als Beitrag zu den Zielen des Pariser Klimaübereinkommens – unter anderem die CO₂-Emissionen bis 2030 im Vergleich zu 1990 um mindestens 40 Prozent zu reduzieren – hat die Bundesregierung umfassende Aktionspläne für die Reduzierung der nationalen Emissionen vorgelegt. Im Dezember 2019 hat die Europäische Kommission den ›Green Deal‹ verabschiedet. Der Anspruch dahinter ist, aus Europa bis 2050 den ersten Kontinent mit netto null Emissionen zu machen.

Fossile Energieträger sollen zunehmend durch erneuerbare ersetzt werden, das ist die übereinstimmende Aussage. Dies gilt nicht nur, aber eben auch für den Verkehr. Laut ›Klima-

schutzplan 2050‹ der Bundesregierung aus dem Jahr 2016 haben sich die CO₂-Emissionen des Verkehrs im Vergleich zu den anderen energieverbrauchenden Sektoren deutlich ungünstiger entwickelt. Den größten Anteil an der Verkehrsleistung haben Pkw und motorisierte Zweiräder mit rund 76 Prozent. Viel Einsparpotenzial, wenn man es denn nutzen würde. Denn auch wenn Öl immer noch in großen Mengen im Boden vorhanden ist, wird die Förderung zunehmend schwierig und teuer. Bei vielen Vorkommen hilft nur noch das ursprünglich als ›Schieferöl-Revolution‹ bezeichnete Fracking-Verfahren, bei dem ein Gemisch aus Wasser, Quarzsand und Chemikalien mit hohem Druck in Tonschiefergestein gepresst wird, um das in Hohlräumen gebundene Gas oder Öl herauszulösen. Die Methode gilt als umweltschädlich, denn Grundwasser und Böden können durch die eingesetzten Chemikalien ver-

seucht werden. Das an den Bohrlöchern unkontrolliert austretende Methan wiederum ist für das Klima um ein Vielfaches schädlicher als CO₂.

Wo aber liegt die Zukunft des Automobils ohne die fossilen Kraftstoffe? In der Elektromobilität oder beim Verbrenner, der mit synthetischen Kraftstoffen gefüttert wird oder beim Wasserstoff, der in der Brennstoffzelle verstromt wird? Bei hybriden Technologien?

Agnostischer Ansatz ist vorurteilsfrei

Was wir für die Zukunft dringend brauchen, ist Technologieoffenheit. Ein agnostischer Ansatz bei der Beurteilung zukünftiger Antriebe arbeitet vorurteilsfrei, ergebnisoffen und kommt ohne eifernde Überzeugungsarbeit aus. Eine sachorientierte anstelle einer dogmatischen Diskussion ist das Gebot der Stunde. Dafür braucht es allerdings eine breite Kenntnis der Möglichkeiten – heutiger und zukünftiger.

Was viele nicht wissen: Elektromobilität ist keineswegs eine technologische Innovation unserer Zeit. Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die ersten Elektrofahrzeuge sowohl in Europa als auch in Amerika gebaut. Kurz zuvor, 1821, hatte Michael Faraday den ersten Elektroantrieb entwickelt, ab 1878 hatte Nikola Tesla in der Elektrotechnik zahlreiche Entdeckungen und Erfindungen gemacht, die ihn zum Pionier der Elektromobilität werden ließen.

Auch Hybridfahrzeuge gab es schon sehr früh: Kein geringerer als Ferdinand Porsche rüstete ein Elektrofahrzeug, das er im Auftrag der Firma Lohner entwickelt hatte, mit zwei Daimler-Verbrennungsmotoren auf, weil ihn die zu geringe Reichweite der zudem sehr schweren Batterien störte. Die beiden Einzylindermotoren trieben während der Fahrt einen Generator an und luden so die Batterien stetig nach. Bis zu 200 km Reichweite hatte das 1901 in Paris vorgestellte Fahrzeug dadurch. Diese Hybridtechnologie, die zwei Antriebsarten in einem Fahrzeug vereint, ist technologisch heute ausgereifter und mittelfristig vielversprechend.

In den 1920er-Jahren verdrängten Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren Elektro- und Hybridfahrzeuge weitgehend. Ursache: Die Herstellungskosten der Benzinautos waren deutlich niedriger als die der batteriebetriebenen, die Autos für den Verbraucher also günstiger in der Anschaffung.



2 Welcher Antrieb macht das Rennen? Das ist noch keineswegs sicher © Adobe Stock

Der Rohstoff Erdöl war in Fülle vorhanden und deshalb günstig. Fossile Brennstoffe wie Öl und Gas sind im Boden verfügbar, man muss sie nur fördern und raffinieren, nicht produzieren. Sie haben eine hohe Energiedichte – man kommt also mit sehr wenig sehr weit. Das sind bis heute handfeste Gründe, warum der Verbrenner so ein Dauerbrenner ist, obwohl die Energieeffizienz von fossilen Brennstoffen nur bei circa 50 Prozent liegt.

Sicher ist: Unsere Mobilität muss allein aufgrund der geforderten Klimaneutralität langfristig ohne fossile Brennstoffe auskommen. Das Wuppertal-Institut für Umwelt, Klima, Energie, die Prognos AG und das Öko-Institut kommen in der Studie ›Klimaneutrales Deutschland‹ zu dem Ergebnis, dass bereits 2035 unser Klimabudget ausgeschöpft sein wird. Bis dahin müsste der Umbau hin zu einer klimaneutralen Energie-

wirtschaft vollzogen sein, Stahl müsste ohne Freisetzung von CO₂ produziert werden, die Kohleverstromung beendet sein und auf den Straßen müssten vorwiegend E-Autos fahren. Die technologischen Voraussetzungen dafür seien vorhanden. Der politische Gestaltungswille entwickle sich langsam aber sicher in diese Richtung. Die Frage sei höchstens noch, inwieweit wir als Gesellschaft den massiven Ausbau von erneuerbaren Energien akzeptieren. In der Tat sind viele Hemmnisse nicht technologischer, sondern gesellschaftspolitischer Natur.

Innovation und Flexibilität

Wo wir heute stehen, da waren wir wohl vor mehr als zwei Jahrhunderten schon



3 Ideallösung: Sonne und Wind sorgen zu Hause für eine CO₂-neutrale, dezentrale Energieversorgung des Elektrofahrzeugs © Adobe Stock



4 Das Betätigen des Startknopfs in Sachen Elektromobilität zieht weitreichende Veränderungen in der Automobil- und Zulieferindustrie nach sich © Adobe Stock

einmal. Wir haben uns im Bereich Mobilität in den letzten 200 Jahren also nicht sonderlich weiterentwickelt. Vor allem die deutsche Automobilindustrie tut sich bisher schwer damit, den Verbrenner loszulassen und andere Technologien zu verfolgen. Lieber mogelten sich die Hersteller mit gefälschten Abgaswerten aus der Zukunftsfähigkeit heraus. Nicht nur der daraus folgende Skandal hat nun den Prozess des Umdenkens gefördert. Um die Zielvorgaben bei den CO₂-Emissionswerten zu erfüllen und Strafzahlungen zu entgehen, brauchen die Autohersteller dringend elektrische und hybride Fahrzeuge im Portfolio. Entsprechend eilig werden nun Produktentwicklungen forciert und Produktionskapazitäten bereitgestellt. Zusätzliche Dynamik in den Markt bringt die Ansiedlung von Tesla in Grünheide bei Berlin. 500 000 Fahrzeuge will Tesla-Gründer Elon Musk jährlich produzieren. Um sich in diesem Bereich langfristig die Vorreiterrolle zurückzuerobern und Marktanteile zu sichern, muss die deutsche Autoindustrie sehr schnell sehr viel richtig machen. Doch das muss nicht bedeuten, dass von nun an nur noch elektrisch betriebene Fahrzeuge gebaut werden sollen.

Elektrische Antriebe sind hocheffizient, weil mit ihnen rund 90 Prozent der eingesetzten Energie genutzt wird, der Strom für die Batterien muss allerdings zuerst erzeugt werden. Und das ist langfristig nur sinnvoll, wenn der Strom nicht aus Kohlekraftwerken, sondern überwiegend aus regenerativen Energiequellen stammt. Das gleiche gilt für die von vielen als Problemlöser eingestuften ›E-Fuels‹. Diese werden mit Hilfe von Strom aus erneuerbaren Energien, Wasser und CO₂ aus der Luft hergestellt, ein technisches Verfahren, das unter ›Power-to-Liquid‹ bekannt ist. E-Fuels können, wie andere synthetische Kraftstoffe – beispielsweise aus Methan oder Biomasse –, an Stelle fossiler Brennstoffen im Verbrennungsmotor bestehender Fahrzeuge eingesetzt werden und an normalen Tankstellen getankt werden.

Alle synthetischen Kraftstoffe haben eine ähnlich hohe Energiedichte wie fossile Brennstoffe und damit eine große Reichweite. Ihre Energieeffizienz liegt allerdings aufgrund der bei der Erzeugung eingesetzten Energie bei

höchstens 30 bis 35 Prozent. Auch Wasserstoff zählt zu den synthetischen Kraftstoffen mit den gleichen Vor- und Nachteilen wie große Reichweite bei geringer Energieeffizienz. Er kann entweder direkt in einem speziellen Verbrennungsmotor eingesetzt oder über eine Brennstoffzelle rückverstromt werden. Wasserstoff spielt vor allem dort eine zentrale Rolle, wo große Mengen an Energie verfügbar sein müssen. Das gilt neben der Stahlindustrie und der chemischen Industrie vor allem im Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr.

Plug-in-Hybrid – das Beste aus zwei Welten

Infolge der geringen Reichweiten von oft weniger als 200 km und immer noch sehr langen Ladezeiten können Batterieelektrofahrzeuge (BEV) bislang vor allem auf Langstrecken dem Verbrenner nicht das Wasser reichen. Ihre Stärken spielen die Elektroautos eher auf stadtnahen Kurzstrecken und im innerstädtischen Verkehr aus. Eine Studie kam zu dem Ergebnis, dass 80 Prozent der Fahrten, die am Tag für Pendeln, Einkäufen et cetera getätigt werden, in der Summe unter 100 km Streckenlänge liegen. Was aber wenn doch unvorhergesehene Fahrten hinzukommen? Diese Reichweitenangst, für die meisten Deutschen im Augenblick noch der Hauptgrund, sich nicht näher mit einem elektrisch betriebenen Fahrzeug zu befassen, kann wohl nur der Verbrenner nehmen.

Ein Hybridfahrzeug – die funktionale Verbindung eines Elektromotors mit einem Verbrennungsmotor – wäre zumindest mittelfristig eine gute Lösung. Die Automobilindustrie kann für die Umsetzung von Hybridanwendungen, seien es Voll-, Mild-, oder Plug-in-Hybride, bereits heute auf unterschiedliche Lösungen für den Antriebsstrang zurückgreifen. Beim Voll-Hybrid unterstützt ein Elektroantrieb lediglich kurzzeitig den Verbrennungsmotor und sorgt hier für eine höhere Dynamik. Ein solches Fahrzeug kann nicht oder nur sehr kurz rein elektrisch fahren. Ein Mildhybrid kann nicht rein elektrisch fahren, die elektrische Unterstützung durch einen Startgenerator senkt lediglich den Spritverbrauch. Die Elektromotoren dieser Hybridvarianten laden sich zum Beispiel beim Bremsen selbst auf (Rekuperation). Doch nur beim Plug-in-Hybrid (PHEV) können Elektroantrieb und Verbrennungsmotor ihre jeweiligen Stärken voll ausspielen.

Damit ist der Plug-in-Hybrid ein Zukunftskonzept. Die Grundidee dabei: Kurzfahrten vor allem in Innenstädten sollten rein elektrisch erfolgen, lange Distanzen können Fahrzeugnutzer wie gewohnt mit dem Verbrenner zurücklegen. Plug-in-Hybride könnten vielen Verbrauchern also die Reichweitenangst nehmen und ihnen einen guten Einstieg in die Batterieelektromobilität bieten. Wird der Verbrennungsmotor des Plug-in-Hybrids mit synthetischen Kraftstoffen be-

tankt, ist er weitgehend klimaneutral, da deren Herstellung ungefähr so viel CO₂ bindet wie das Auto nachher beim Fahren freigibt. Insgesamt kann der PHEV nicht nur für das Klima, sondern auch für die wirtschaftliche Situation der Automobilindustrie und deren Zulieferern, die für 80 Prozent der Wertschöpfungskette stehen, Entlastung bringen. Denn der Antriebsstrang mit all seinen Teilen bliebe erhal-

INFORMATION & SERVICE



DIE AUTOREN

Andrea Jäger, M.A. ist freie Fachjournalistin in Murrhardt
jaeger@diejaegerin-wv.de

BSc Henrik Jäger ist Master-Student an der Universität Stuttgart im Fachbereich Physik

ten. Es gibt Statistiken, nach denen der Hybridmotor sogar noch 10 bis 15 Prozent mehr Produktionsvolumen generiert, weil die Anforderungen komplexer sind.

Die PHEV-Fahrzeuge verfügen über größere Batterien als andere Hybride. Wichtigstes Merkmal des Plug-in-Hybrids ist die Möglichkeit, diese Batterie von außen zu laden. Plug-in-Hybride können sowohl an Ladesäulen unterwegs, als auch an Haushaltssteckdosen elektrisch geladen werden. Die Ladesäulenstruktur in Deutschland und in Europa ist bereits stark im Aufbau begriffen. Besonders das Laden des Fahrzeugs zu Hause ist im Sinne einer dezentralen Energieversorgung zukunftsfähig. Kostengünstig wird der Ladevorgang durch eine eigene Photovoltaikanlage auf dem Dach. Die Kosten dafür amortisieren sich bei häufigem Einsatz des Elektroantriebs schnell.

In der Regel haben Plug-in-Hybride zurzeit eine elektrische Reichweite von 40 bis 80 km, wobei die 80 km schon sehr optimistisch gedacht und in der Regel nicht erreichbar sind. Für Thomas Poreski, Abgeordneter der Fraktion der Grünen im Baden-Württembergischen Landtag, ist das nicht gut genug und auch nicht zukunftsweisend. Für ihn steht fest, dass PEHVs »einen signifikanten Beitrag zu einer real schnell wirksamen Minderung der fossilen CO₂-Emissionen des Verkehrs leisten können, wenn sie stimmig ausgelegt und konsequent genutzt werden.« Dafür muss vor allem die elektrische Reichweite signifikant erhöht werden.

Long-Range-PEHV nennt Poreski diese Zukunftslösung. Ein Konzeptpapier, das in Zusammenarbeit mit dem Heilbronner Professor für Antriebstechnik, Hermann Koch-Gröber, und dem Gewerkschaftssekretär der IG-Metall, Kai Burmeister, erarbeitet wurde, nennt die technischen Eigenschaften, über die der Long-Range-PEHV verfügen sollte, wie etwa eine gegenüber einem PHEV größere Batteriekapazität sowie einen kräftigeren E-Antrieb gepaart mit einem relativ kleinen Verbrenner. Geringere Geschwindigkeiten und Beschleunigungsphasen könnten damit grundsätzlich elektrisch dargestellt werden, höhere Dauergeschwindigkeiten effizient mit dem Verbrenner. »Durch eine solche Auslegung sind Realverbräuche im gemischten Betrieb möglich, die tatsächlich auf der Höhe der Normverbrauchswerte liegen, also bei einem Mittelklassewagen circa 15 kWh Strom und weniger als 1,5 l Kraftstoff auf 100 km«, betont Thomas Poreski. Poreski, Koch-Gröber und Burmeister sind davon überzeugt, dass »die Transformation unserer Automobilwirtschaft so gestaltbar ist, dass ab sofort der Übergang zu einer reinen und CO₂-neutralen E-Mobilität für die nächsten zehn bis 15 Jahre ohne industriellen Kahlschlag sowie unter Sicherung von Arbeitsplätzen und der erreichten Tarifstandards möglich wird.« Eine angemessene politische Begleitung sei dafür allerdings unerlässlich.

Die Elektromobilität der Zukunft wird mit neu entwickelten kleineren, leichteren und umweltfreundlicheren Batterien punkten können. Der Weg dahin bringt bereits jetzt vielversprechende Forschungsergebnisse hervor. Forschern des Instituts für Biobasierte Produkte und Papiertechnik der Technischen Universität Graz ist es im Rahmen eines Projekts gelungen, den Aromastoff Vanillin als Elektrolyt-Werkstoff für Flüssigbatterien einzusetzen, um diese umweltfreundlicher zu machen. Dadurch können möglicherweise bisher verwendete



5 Fahrfreude pur im Umwelt-Mobil: Bis es so weit ist, sollte bei der Auswahl der bestmöglichen Technologien ein agnostischer, ergebnisoffener Weg beschritten werden © Adobe Stock

Schwermetalle wie Blei und Cadmium oder Seltenerd-Metalle wie Kobalt ersetzt werden. Die nachhaltige Batterie könne für Speicherkapazitäten von bis zu 800 kWh ausgelegt werden. Das Vanillin stammt aus der Abspaltung von Lignin. Dieser Stoff ist unter anderem in Holz enthalten, ist ein Abfallprodukt bei der Zellstoffherstellung und bleibt bisher weitgehend ungenutzt. Auch in Deutschland wird zum Einsatz von Lignin geforscht, so etwa am Karlsruher Institut für Technologie.

Ein Nebeneinander verschiedener Konzepte

Klar scheint bis jetzt eines: nicht eine einzelne Technologie wird den Verbrennungsmotor ablösen. In Zukunft wird wohl eher das Nebeneinander unterschiedlicher Konzepte den besten Effekt erzielen. Jede Technologie wird dabei Stärken und Schwächen haben, die sich je nach Einsatzfall unterschiedlich positiv oder negativ auswirken. Es könnten in Zukunft aber auch ganz neue Konzepte entwickelt werden, die heute noch nicht realisierbar sind. Niemand kann voraussagen, welche innovativen technischen Möglichkeiten und Ideen zukünftige Forscher, Ingenieure und Techniker entdecken und umsetzen werden. Die Politik sollte jedenfalls zwar den Klimazielen entsprechende Zielmarken setzen, nicht aber in Gänze die Technologien zur Zielerreichung vorgeben. ■