

Irrwege von Elektro- und Wasserstoffautos



Ausstieg aus der Autogesellschaft als Alternative

Klaus Meier

Bild erste Seite: **Wasserstofftankstelle EnBW 5.jpg**, Baranekstuttgart, 2012, [Creative Commons Licence](#)

In der Schriftenreihe „Ökosozialistische Strategiediskussion“ werden in unregelmäßigen Abständen Analysen zur ökosozialistischen Strategiediskussion in Broschürenform herausgegeben. Sie verstehen sich als Diskussionsbeiträge zur Entwicklung einer nachhaltigen Antwort auf die globale ökologische Krise. Die Schriften sind im Internet zu finden auf den Seiten des Netzwerks Ökosozialismus (netzwerk-oekosozialismus) sowie teilweise der Sozialistischen Zeitung (sozonline.de).

Die Bestellung von Broschüren oder die Anforderung von Referenten zu Veranstaltungen, Arbeitskreisen oder Zoom-Meetings zur Erläuterung und Diskussion der Broschüreninhalte und zu den gemachten Vorschläge kann erfolgen über:

Klaus.Meier2021@posteo.de

Visdp: Angela Klein, Regentenstraße 57-59, 51063 Köln

1. Wasserstoffautos: Hohe Energieverluste

In den Debatten über Klimaschutz ist heute das Thema Wasserstoff (H₂) allorten präsent. Das H₂-Gas besitzt das Potenzial, viele industrielle Prozesse zu dekarbonisieren. So Teile der Chemieindustrie oder die Stahlherstellung. Auch mit Wasserstoff angetriebene LKWs, Schiffe und kleinere Flugzeuge sind prinzipiell als klimaneutrale Lösungen möglich. Aber es gibt dafür Grenzen, die zu beachten sind. Die kapitalistische Wachstumsparty einfach mit Wasserstoff fortzusetzen wird nicht gehen.

Werfen wir zunächst einen kurzen Blick auf die Grundlagen. Wenn man Wasser mit Hilfe von Strom in einem Elektrolyseprozess zerlegt, entsteht dabei Wasserstoff. Er wird als „grün“ bezeichnet, wenn man dafür Wind- und Solarstrom einsetzt wird. Dieser Prozess ist aber mit hohen Energieverlusten verbunden. Etwa 30 % des dafür eingesetzten Stroms gehen verloren. Danach muss das entstandene Wasserstoffgas für den Transport und die Verteilung unter hohem Druck zusammengepresst und verflüssigt werden. Auch das ist wieder mit rund 20 % Energieverlusten behaftet.

Die hohen Energieverluste sind das große Problem der Wasserstoffnutzung. Ohne die fossilen Brennstoffe verfügt die Menschheit über kein unendliches energetisches Füllhorn mehr. Die erneuerbaren Energien liegen, anders als Kohle, Öl oder Erdgas, nicht in einfach abzubauenen großen Lagerstätten vor. Sondern sie müssen mit einem hohen technischen Aufwand mit Solaranlagen und Windkraftwerken kleinteilig eingesammelt werden. Wir müssen daher mit Energie und dabei besonders mit dem nur verlustreich herstellbaren Wasserstoff sehr sparsam umgehen und dürfen ihn nur gezielt einsetzen. Diese Position vertritt auch das Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung (PIK). In einer Studie des PIK vermerkt ein Autor¹: „Wir sollten daher die wertvollen wasserstoffbasierten Brennstoffe prioritär für diejenigen Anwendungen einsetzen, für die sie unverzichtbar sind: die Langstreckenflüge, Teile der chemischen Produktion, Stahlerzeugung und möglicherweise einige industrielle Hochtemperaturprozesse.“ Also vor allem Sektoren, die kaum direkt elektrifiziert werden können. Aber was ist mit dem Einsatz von Wasserstoff im automobilen Pkw-Bereich? Macht das Sinn?

¹ Zitiert nach: Wasserstoff statt Elektrifizierung? Chancen und Risiken für Klimaziele, Solarify, 06.05.2021

2. Wasserstoff und Brennstoffzelle

Die wichtigste Technologie, um Wasserstoff im Mobilitätssektor zu nutzen, ist die Brennstoffzelle. Wenn man ihr H₂ zuführt, kann sie damit elektrischen Strom erzeugen. Dieser Strom kann dazu genutzt werden, um Fahrzeuge mit einem Elektromotor anzutreiben. Das Verfahren hat allerdings einen kleinen Schönheitsfehler: Auch bei der Brennstoffzelle entstehen erneut Energieverluste von rund 30 %. Dazu kommen noch Wandlungsverluste des erzeugten Stroms. Zusammen mit den Verlusten durch die vorherige Elektrolyse und die Verflüssigung des Wasserstoffs kommt ein automobiler Brennstoffzellenantrieb auf energetische Gesamtverluste von bis zu 70 %. Das heißt, dass man vom elektrischen Strom, den man vorne reinsteckt, am Ende des Prozesses nur wenig über 30 % nutzen kann. Würden wir alle heutigen Pkw in Deutschland mit Brennstoffzellenantrieben betreiben, würde man dafür 553 TWh Strom benötigen. Das wäre mehr als der gesamte hierzulande erzeugte Strom, der 2019 bei 519 TWh lag. Zum Vergleich: Würden alle heutigen Pkw mit Batteriebetrieb ausgerüstet, läge deren Energieverbrauch für die gleiche Fahrleistung „nur“ bei 126 TWh². Das wäre auch noch sehr viel, aber trotzdem nur 23 % des Verbrauchs von Brennstoffzellen-Pkw.

2 Die Berechnung im Detail: Im Jahr 2019 betrug die Fahrleistung der Personenkraftwagen in Deutschland nach Angaben von Statista rund 644,8 Milliarden Kilometer. Würden diese Wege von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen zurückgelegt, dann würden diese bei einem zugrunde gelegten Verbrauch von 1,2 kg H₂ auf 100 Kilometer (am Beispiel des Hyundai Nexo, Angaben nach ADAC (Test Hyundai Nexo: Elektro-SUV mit Brennstoffzelle, ADAC, 27.07.2021) rund 7,74 Mio. Tonnen Wasserstoff (H₂) benötigen. Mit aktuellen Elektrolyse-Anlagen benötigt man rund 50 kWh zur Erzeugung von einem Kilogramm Wasserstoff. Das bedeutet, dass man zur Herstellung von 7,74 Mio. Tonnen H₂ rund 387 TWh Strom benötigen würde (7,74 Mrd. kg * 50 kWh/kg = 387 Mrd. kWh = 387 TWh). Tatsächlich wäre mit dieser Berechnung nur der Energieaufwand für die Herstellung von Wasserstoffgas abgedeckt, aber noch keine Verflüssigung und kein Transport des Wasserstoffs. Dafür müsste noch ein Wirkungsgrad von noch einmal 70 % angerechnet werden: 387 TWh/0.7=553 TWh.

Würde man für die Fahrleistung aller deutschen Pkw batterieelektrische Fahrzeuge vom Typ Opel Ampera-e mit einem Gewicht von 2044 kg und einem Verbrauch von 19,5 kWh auf 100 km einsetzen, käme man dagegen nur auf einen Verbrauch von 126 TWh (644,8 Mrd. km*19,5 kWh/100 km=126 Mrd. kWh =126 TWh).

3. Energie zur Herstellung der Fahrzeuge

In dieser Rechnung wird aber bisher nur der Verbrauch der Autos im Betrieb berücksichtigt, nicht der Energieaufwand für die Herstellung der Fahrzeuge, der Batterien und der Brennstoffzellen. Auch der Verbrauch knapper Ressourcen (Lithium, Kobalt, Kupfer, Platin, seltene Erden und Halbleitermaterialien) ist in der Betrachtung nicht eingeschlossen. Dazu kommt, dass auch elektrische Batteriefahrzeuge auf Öl angewiesen sind, denn Autos bestehen zu 15 bis 20 Gewichtsprozenten aus Kunststoffen (die gesamte Innenausstattung und die Reifen). Nach dem Lebensende der Autos wird das alles verbrannt und damit als Treibhausgase freigesetzt. Angesichts einer prognostizierten Zunahme der weltweiten Autozahl bis 2050 auf nahezu 3 Milliarden kann das nicht mehr vernachlässigt werden. Wird dies alles zusätzlich berücksichtigt, kann die Schlussfolgerung angesichts einer drohenden globalen Klimakatastrophe und begrenzter Ressourcen nur lauten, dass wir den heute überbordenden Pkw-Individualverkehr unvermeidbar aufgeben müssen. Trotzdem werden wir auch zukünftig noch Autos benötigen, auch wenn deren Anzahl gegenüber heute massiv reduziert werden muss. Wir brauchen sie z.B. für Krankenwagen, kleine Lieferfahrzeuge, Handwerkerfahrzeuge oder Leihwagen. Dazu werden für ländliche Gemeinden, die vom öffentlichen Verkehr abgeschnitten sind, auch nutzbare Kleinbusse und Pkws benötigt: Damit die dort Wohnenden flexibel zu ihren Arbeitsstellen, zum Einkaufen oder in ein größeres ärztliches Zentrum kommen. Welcher Autotyp wäre dafür einzusetzen? Aus energetischen Gründen eher Batteriefahrzeuge als Brennstoffzellenautos.

4. LKWs und große Busse mit Brennstoffzelle

Anders verhält es sich mit LKWs oder auch großen Bussen. Die Gesamtenergie, die ein LKW pro Kilometer verbraucht, ist etwa zehnmal höher als bei einem Pkw. Das Batteriegewicht³ bei einem derartigen Fahrzeug läge bei mehreren Tonnen. Ein 40-Tonner-LKW würde beispielsweise 4 bis 5 Tonnen schwere Batterien benötigen. Man müsste da fast schon einen Anhänger an das Fahrzeug setzen, um nur die Batterien zu transportieren. Ein Brennstoffzellenmodul ist dagegen sehr viel platz- und gewichtssparender. Es

3 Bei der Annahme, dass die heutigen Lithium-Ionen-Batterien eingesetzt werden

würde bei einem 40-Tonner bei ungefähr 1 Tonne Gewicht liegen. Das liegt durchaus schon in der Größenordnung heutiger Verbrennermotoren. Ein weiterer Vorteil: Das Tanken würde schneller gehen, vielleicht 10 bis 15 Minuten. Das Laden einer sehr großen Lithium-Ionen-Batterie würde dagegen nicht nur sehr lange dauern, sondern man bräuchte für die erforderlichen Strommengen fast schon ein kleines Kraftwerk neben der Tankstelle. Auch zahlreiche Studien belegen, dass die Brennstoffzelle für große LKW und Busse die bessere Option ist. Allerdings sind LKW wahre Energiefresser. Sie stehen heute für rund ein Drittel des Treibstoffverbrauchs. Mit Wasserstoff angetrieben würden sie noch mehr Energie fressen. Nicht zuletzt deswegen muss die Zahl der LKW deutlich reduziert werden. Das kann erreicht werden durch einen wirtschaftlichen Rückbau (weniger Chemie-, Stahl- und Autoindustrie), durch eine Abkehr von einer Just-in-Time-Produktionsstrategie und einer lokal und regional optimierten Produktion, statt Industrieprodukte quer über alle Kontinente zu transportieren. Dazu muss eine Verlagerung von Mittel- und Langstreckentransporte insbesondere auf die Schiene stattfinden.

5. Fortsetzung der schmutzigen Verbrennertechnologie mit „Technologieoffenheit“ und synthetischen Kraftstoffen

Neben dem Batterieantrieb und der Brennstoffzelle sind noch synthetische Kraftstoffe (E-Fuels) in der Diskussion. Sie können hergestellt werden, indem Wasserstoff zusammen mit kohlenstoffhaltigen biogenen Rohstoffen (Holz, Stroh, Mais etc.) zu synthetischen flüssigen Kraftstoffen weiterverarbeitet wird. Sie könnten in normalen Verbrennungsmotoren eingesetzt und wie heutiges Benzin an den Tankstellen gezapft werden. Doch die Umwandlungsverluste bei der Herstellung und Nutzung von E-Fuels in einem Verbrennungsmotor sind extrem hoch. Dabei entstehen Energieverluste von 87 %. Das bedeutet, dass das Auto mit Verbrennungsmotor und E-Fuels für die gleiche Strecke rund fünfmal so viel erneuerbaren Strom verbraucht wie ein batteriebetriebenes Elektroauto. Wollte man alle heutigen Pkw und LKW in Deutschland mit synthetischen Treibstoffen betreiben, würde man dafür 1100 TWh erneuerbaren Strom benötigen⁴. Außer diesem wahnwitzig hohen

⁴ Zugrunde gelegt wird für die Rechnung der nur halb so große Wirkungsgrad (13 %) von E-Fuels in einem Verbrennungsmotor gegenüber dem Wirkungsgrad von Brennstoffzellenautos (27 %) (Wirkungsgrade nach Agora Energiewende: Die

Stromverbrauch wäre zudem völlig unklar, woher die Biostoffe für die Karbonisierung des Treibstoffs kommen sollten. Trotzdem propagieren Teile der Autolobby diese Technologie für den Automobilssektor. Insbesondere BMW, Bosch und der VDA wollen die synthetischen Kraftstoffen als mögliche Alternative offen halten. Die E-Fuel-Befürworter sprechen dabei von "Technologieoffenheit" für die automobilen Antriebslösungen. In Wahrheit ist dies ein Kampfbegriff, hinter dem die Verbrennertechnologie versteckt wird. Denn Hersteller, die vorgeben, dass sie auf synthetische Kraftstoffe setzen, könnten real ihre schmutzigen Verbrennern weiter produzieren und damit das Weltklima erheblich schädigen. Schließlich winken hier weiterhin große Absatzmärkte und satte Profite.

6. Rückbau der Autoindustrie und anderer Sektoren als Alternative

Wir müssen bei allen Bewertungen berücksichtigen, dass wir auch bei dem notwendigen massiven Ausbau der Wind- und Solarenergie nur begrenzt erneuerbaren Strom zur Verfügung haben werden. Nach verschiedenen Abschätzungen können wir in Deutschland erneuerbaren Strom in einer Größenordnung von maximal etwas über 1000 TWh herstellen. Der Endenergieverbrauch in Deutschland liegt aber seit 20 Jahren immer bei rund 2500 TWh. Die von den bürgerlichen Politikern propagierten Wasserstoffimporte sind dagegen de facto nur heiße Luft. Es gibt dafür bisher keine eingeführten Technologien⁵. Unter diesen klaren Randbedingungen

zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe, Berlin 2018, S.12). Da Brennstoffzellenautos für die hypothetische Aufgabenstellung (Umstellung aller Pkws und LKWs auf Brennstoffzellenantriebe) rund 553 TWh benötigen, würden mit E-Fuels betriebene Verbrennungsmotoren 1106 TWh benötigen.

5 Die von der vorherigen Merkel-Bundesregierung angedachten Flüssigwasserstoffimporte aus Australien, Namibia oder von den Ölstaaten der arabischen Halbinsel sind extrem verlustreich. So hat die Elektrolyse einen Wirkungsgrad von 70 %, die H₂-Verflüssigung liegt in der gleichen Größenordnung. Dazu kommen noch sog. Boil-off-Verluste, die bei Flüssigwasserstoff bei 3 % pro Tag liegen. Ein FlüssigwasserstoffschiFF, das z.B. in Namibia startet, benötigt bis Deutschland 20 Tage. Das allein bewirkt, dass vom eingeschiffen Wasserstoff z.B. im Hamburger Hafen nur noch 54 % ankommen. Dazu kommt, dass man für eine Elektrolyse reines Wasser benötigt. Die Wüstenstaaten, mit denen Merkel und ihre Minister Altmeier und Karliczek eifrig H₂-Kooperationsabkommen abgeschlossen haben, sind aber alles

stehen nur die erneuerbaren Energien aus Deutschland zur Verfügung. Der damit erzeugte Strom steht nicht im Überfluss zur Verfügung. Wir brauchen ihn vor allem für warme Häuser und Warmwasser. Dazu noch für die sparsame Herstellung von Wasserstoff. Er kann in einer verkleinerten Chemie- und Stahlindustrie, in einer reduzierten LKW-Flotte und in einem deutlich kleineren Schiffs- und Flugzeugsektor sinnvoll eingesetzt werden. Strom und Wasserstoff hemmungslos für einen ausufernden Autoindividualverkehr zu verpulvern wird dagegen nicht möglich sein. Das gefällt den Vertretern des Kapitalismus nicht, denn sie wollen ein unbegrenztes Wachstum, um so ihr Kapital immer wieder erneut durch den Produktionsprozess laufen zu lassen. Das ist aber auf einem begrenzten Planeten nicht möglich. Realistisch betrachtet müssen wir daher den heutige Produktionsumfang zurücknehmen und die verbleibenden Strukturen so umbauen, dass die Menschheit klimaneutral auf der Erde leben kann. Mit dem Kapitalismus wird das allerdings nicht gehen.

Wüstenstaaten. Eine energieaufwendige Meerwasserentsalzung wäre daher die Voraussetzung für eine Elektrolyse. Der dafür notwendige Energieeinsatz muss aber ebenfalls in der energetischen Gesamtbilanz negativ verbucht werden. Und schlussendlich gibt es heute weltweit nur ein einziges Kryoschiffe von Kawasaki (Suiso Frontier), das für Flüssigwasserstofftransporte bei minus 253 °C geeignet ist. Es ist im übrigen mit nur 1250 m³ viel zu klein. Alternativ zum Flüssigwasserstofftransport steht das Andocken von H₂ an sog. LOHCs (Liquid organic hydrogen carriers). Das Verfahren ist ebenfalls mit erheblichen energetischen Verlusten behaftet (30 %) und benötigt dazu noch eine Trägerflüssigkeit aus Kohlenwasserstoffen. Dafür gibt es keine Boil-off-Verluste. Allerdings steckt die Technologie in den Kinderschuhen und sie ist noch nie großtechnisch eingesetzt worden. Eine schnelle Umsetzung zum Import großer H₂-Mengen ist daher kaum vorstellbar. Dazu kommt die Petitesse, dass ja Länder wie Namibia oder Marokko überhaupt keine Infrastruktur, keine Fachkräfte und keine technische Kompetenz für die Herstellung großer Mengen an erneuerbarer Energie haben. Wenn man das alles sorgfältig betrachtet, dann wird klar, dass die bürgerlichen Regierungen und der Kapitalismus keine Antwort und keinen Kompass in der ökologischen Krise haben.