

BUND-Hintergrund

Anmerkungen zur Wasserstoffstrategie des Landes Schleswig-Holstein

BUND für Umwelt
und Naturschutz
Deutschland e.V.
Friends of the Earth
Germany

Die schleswig-holsteinische Landesregierung hat dem Landtag am 20. Oktober 2020 ihre Wasserstoffstrategie¹ vorgelegt. Sie schreibt darin einige Grundlagen zutreffend fest:

- Ausschließlich „grüner Wasserstoff“² ist Bestandteil der Strategie.
- Der für die Erzeugung von grünem Wasserstoff notwendige EE-Strom³ wird auf absehbare Zeit nicht ausreichend zur Verfügung stehen und daher knapp bleiben.
- Der enorme zusätzliche Bedarf an EE-Strom kann in Deutschland bei der angestrebten Ausweitung des Wasserstoffeinsatzes zur Verknappung von EE-Strom und damit zu Preissteigerungen führen.

LV Schleswig-Holstein
Landesgeschäftsstelle
Lorentzendamm 16
24103 Kiel

Fon 0431-66060-0
Fax 0431-66060-33
bund-sh@bund-sh.de
www.bund-sh.de

Erstellt vom:
LAK Energiewende
im November 2021

Die schleswig-holsteinische Wasserstoffstrategie weist zu recht darauf hin, dass die Erzeugung von grünem Wasserstoff große Mengen erneuerbarer Energien erfordert: „Angesichts konkurrierender Raumnutzungen werden EE-Strom und grüner Wasserstoff aus Deutschland knappe und wertvolle Güter werden.“

Widersprüchlich ist es, trotz des richtigen Ziels der Landesregierung („mehr Klimaschutz und die konsequente Fortsetzung der Energiewende“), zu fordern, dass (Zitat aus der Landeswasserstoffstrategie):

- „grüner Wasserstoff bzw. darauf basierende synthetische Kraftstoffe dazu beitragen, CO₂-haltige Treibstoffe zu verdrängen und den Verkehrsbereich zu decarbonisieren,“
- Gleiches gilt für das aus der Strategie abgeleitete Landesförderprogramm Wasserstoffwirtschaft:
- „Gefördert werden können ... Maßnahmen zur Entwicklung der Wasserstoffnachfrage ... Anwendungen von Wasserstoff, insbesondere ... Pkw, sofern die Nutzung batterieelektrischer Fahrzeuge unpraktikabel ist.“

Das Ziel der Wasserstoffstrategie kann es nicht sein, die Wasserstoffnachfrage zu erhöhen, egal wofür.

Das Ziel kann nur die Senkung der Treibhausgasemissionen sein.

¹ Landtagsdrucksache 19/2484 vom 20.10.2020

² „grüner Wasserstoff“ wird in einem CO₂-freien Verfahren (Elektrolyse von Wasser) mit Strom aus ausschließlich erneuerbaren Quellen hergestellt. Nur so kann das Oberziel der Decarbonisierung erreicht werden.

³ Strom aus erneuerbaren Energien = EE-Strom aus Wind, Sonne, Wasserkraft, Biomasse

Abzulehnen sind daher die vorgenannten Ziele der Wasserstoffstrategie, die darauf abzielen, Wasserstoff für den Wärmemarkt und für PKWs marktfähig zu machen.

Da die auf absehbare Zeit in Deutschland zu produzierende Wasserstoffmenge durch die zahllosen hypothetischen Einsatzbereiche um ein Vielfaches überzeichnet ist und ein Wasserstoffimport, der die heimische Produktion um ein Mehrfaches übersteigt, zu weiteren Problemen führt, ist der Einsatz von Wasserstoff in Bereichen, die bereits heute durch direkten Einsatz von EE-Strom voll ausreichend decarbonisiert sind oder es absehbar werden können, nicht sinnvoll. Das trifft besonders auf den Niedrig-Energie-Wärmemarkt (Raumheizung) und den Verkehr mit Pkw, aber auch im leichten und mittelschweren Güterverkehr auf den Straßen zu⁴.

Die Rolle, die Wasserstoff als Speicher überschüssigen EE-Stroms spielen müssen, ist in der Landesstrategie leider nicht angesprochen.

Wasserstoff sollte, soweit heute absehbar, prioritär in der Sektorenkopplung, auch zur Speicherung des volatilen EE-Stroms, zur Stahlherstellung und in der chemischen Industrie (Ammoniak-Synthese) und zur Herstellung seiner Derivate (Methanol, Synfuels⁵) in Teilen der Schifffahrt und der Luftfahrt eingesetzt werden. Weitere Forschungen sind notwendig und können zu Änderungen führen.

Begründung

In der „Wasserstoffstrategie des Landes Schleswig-Holstein — Wasserstoffstrategie.SH“ beschreibt die Landesregierung ihr langfristig geplantes Vorgehen zur Erreichung ihres Ziels „Verbesserung des Klimaschutzes“ mit dem Einsatz von grünem Wasserstoff.

Grüner Wasserstoff wird dabei als ein Baustein angesehen, um Treibhausgasemissionen (THG), vor allem Kohlendioxid CO₂, zu verringern.

Es fehlt der Strategie jedoch an einer kritischen Einordnung der Rolle des Wasserstoffs bei der Erreichung des richtigen Ziels. Möglicherweise geprägt vom allgemeinen, überbordenden Hype um Wasserstoff kommt es nicht zu einer kritischen Reflexion

- A. einer quantitativen Bilanz des postulierten Wasserstoffbedarfs,
- B. der Rolle von Wasserstoff im Verhältnis zum direktem Einsatz von EE-Strom,
- C. der Folgen des Einsatzes von Elektrolyse-Wasserstoff für die Stromproduktion,
- D. der Konsequenzen des Imports von in Deutschland fehlendem EE-Strom beziehungsweise grünem Wasserstoff.

4 https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2021_06_stellungnahme_wasserstoff_im_klimaschutz.html

5 Synfuels = synthetische Kraftstoffe, hergestellt aus EE-Strom → Wasserstoff → Methan

Das Ziel: Decarbonisierung

Das grundlegende Ziel einer Wasserstoffstrategie kann nur die Reduzierung der Treibhausgasemissionen sein. CO₂ ist wesentlicher Bestandteil der Treibhausgase und der Haupttreiber des Klimawandels⁶. Ziel einer Wasserstoffstrategie kann es nicht sein, „Maßnahmen zur Entwicklung der Wasserstoffnachfrage“ zu ergreifen⁷. Diese unbegründete Forderung muss sich den Kriterien Effizienz und Eignung stellen oder kurz: Wofür Wasserstoff?

Die Grundlage für die Erreichung des Ziels der Dekarbonisierung, vor allem des Energieeinsatzes, ist der Einsatz eines möglichst universell einsetzbaren, CO₂-freien Energieträgers. Dies kann nach dem derzeitigen Stand nur Strom aus Wind, Sonne, Biomasse oder Wasserkraft sein (Strom aus erneuerbaren Energien: EE-Strom). Letztlich ist jede dieser Quellen auf Sonnenenergie zurückzuführen. Diese Quellen unterscheiden sich jedoch deutlich voneinander hinsichtlich Effizienz, zeitlicher Verfügbarkeit, Performanz, Kosten und Eingriffsintensität in den Naturhaushalt. Sein Einsatz ist vor diesem Hintergrund zu bewerten. EE-Strom kann effizient vorrangig direkt oder nach kurzfristiger Speicherung im Akku eingesetzt werden. Wo dies nicht praktikabel erscheint, kann Wasserstoff, aus der Elektrolyse von Wasser hergestellt und gespeichert werden. Dieser Grüne Wasserstoff kann sowohl energetisch als auch stofflich Wasserstoff aus Kohlenwasserstoffen (grauer Wasserstoff) ersetzen.

Wasserstoff ist als Speichermedium für den ungleichmäßig anfallenden Strom aus Wind und Sonne unverzichtbar. Mit dem notwendigen Ausbau der Stromerzeugung aus Wind (Planung laut BMWi bis 2030 auf 91 GW installierte Leistung) und Sonne (Planung laut BMWi bis 2030 auf 100 GW installierte Leistung) steigt die Notwendigkeit, die den aktuellen Strombedarf (aktuell 40 - 80 GW) übersteigende Leistung (110 - 150 GW) für Zeiten des Angebotsdefizits zu speichern.

Da Strom aus erneuerbaren Energien auf absehbare Zeit in Deutschland nicht in unbegrenzten Mengen zur Verfügung stehen wird, wird er solange ein knappes Gut bleiben. Das bedeutet, EE-Strom ist grundsätzlich effizient einzusetzen⁸: maximaler Beitrag zur Dekarbonisierung bei geringstmöglichem Ressourceneinsatz. Wegen der unvermeidlichen Umwandlungsverluste sind aus EE-Strom hergestellte Energieträger wie Wasserstoff, Methan, Methanol, Ammoniak und synthetische Kraftstoffe (Synfuels) nur dann

6 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projekte-studien/perspektive-erde-forschung-globalen-wandel>

7 Landtagsdrucksache 19/2484 vom 20.10.2020

8 in Übereinstimmung mit der Kampagne des Bundeswirtschaftsministers: <https://www.deutschland-machtseffizient.de/KAENEF/Navigation/DE/Home/home.html>

einzusetzen, wenn dem direkten Einsatz von EE-Strom vernünftig nicht überwindbare Hindernisse im Wege stehen.

Leider hat sich die schleswig-holsteinischen Landesregierung die von einigen Autoherstellern stark gehypte Hoffnung auf synthetische Kraftstoffe und ihren Einsatz in herkömmlichen (unvermeidlich ineffizienten) Verbrennungsmotoren zu eigen gemacht. Es ist jedoch falsch zu glauben, dass fossile Brennstoffe auf diese Weise sinnvoll ersetzt werden können, da für die Herstellung dieser Synfuels für dieselbe Fahrleistung 2 bis 14mal soviel EE-Strom eingesetzt werden muss, wie bei einem direkten Einsatz von EE-Strom, z.B. in einem batterieelektrischen Auto⁹. Wasserstoffbasierte Energieträger sollten nur dort zum Einsatz kommen, wo eine direkte Elektrifizierung praktisch nicht möglich ist, z.B. im Flugverkehr. Wenn diese bereits heute klaren Erkenntnisse weiterhin ignoriert werden und für den Pkw-Sektor Verbrennungsmotoren auch zukünftig produziert werden, gestützt auf die irrige Hoffnung, in Kürze mit Synfuels fahren zu können, kann es passieren, dass in wenigen Jahren die vielen neuen Verbrennungsmotoren — in Ermangelung von bezahlbaren Synfuels — eine große Nachfrage nach herkömmlichem Benzin produzieren und damit den Prozess der Dekarbonisierung konterkarieren. Synthetische Kraftstoffe sind allenfalls im Bereich des Luftverkehrs denkbar.

Zudem hält der immer noch geförderte Irrglauben, bald kämen günstige „Wasserstoff-Pkw“ auf den Markt, knapp 40 % der Deutschen¹⁰ davon ab, vom Verbrenner auf Elektromobilität umzusteigen. Erkannte technische Irrwege sollten nicht, dem Schlagwort „Technologieoffenheit“ folgend, weiter kosten- und zeitaufwändig erforscht werden.

Es ist auch nicht zielführend, Wasserstoff mit zunächst geringem, später wachsendem Anteil im vorhandenen Gasnetz dem Erdgas beizumischen, um es dann in der Gebäudeheizung einzusetzen. Zum Einen scheint die Stahlqualität des Erdgasnetzes (überwiegend Stahlsorte X70)¹¹ nicht ausreichend zu sein, um gegen Wasserstoff-Diffusion und längerfristig gegen Wasserstoff-Versprödung des Stahls gefeit zu sein.

Zum Anderen erscheint es zielführender, den Wärmemarkt, der überwiegend durch Niedrig-Temperaturen (Raumwärme 20-25°C) gekennzeichnet ist, durch elektrische Wärmepumpen abzudecken, die EE-Strom direkt — und damit viel effizienter — einsetzen können.

Wasserstoff wird neben seinem Nutzen als Energieträger auch direkt als chemischer

9 <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/wasserstoff-statt-elektrifizierung-chancen-und-risiken-fuer-klimaziele> und: <https://www.nature.com/articles/s41558-021-01032-7>

10 Civey-Umfrage im Auftrag des Spiegel 30.8.2021 <https://www.spiegel.de/auto/elektroautos-wasserstoff-bei-deutschen-beliebter-als-batterien-a-955fa3e2-e5b4-4077-aa2c-ec43e938b95c>

11 Vortrag Dr. Michael Huber beim VDI, 5/2021

Reaktionspartner eingesetzt. Aktuell wird er in der Regel aus Kohlenwasserstoffen gewonnen, verbunden mit hohen CO₂-Emissionen:

- - Reduktion von Eisenerzen zu Eisen mit Wasserstoff aus Kohle mit hoher CO₂-Emission (aktuell stammen 6,8 % der deutschen Treibhausgasemissionen aus der Stahlherstellung¹²);
- - Synthese von Ammoniak mit Wasserstoff aus Kohlenwasserstoffen. Der Verzicht auf Wasserstoff aus Kohlenwasserstoffen mit den damit verbundenen erheblichen Emissionen an CO₂ und stattdessen Wasserstoff aus Wasser-Elektrolyse mit EE-Strom einzusetzen, kann ganz erheblich zur Dekarbonisierung dieser Verfahren beitragen. Für die Herstellung von Ammoniak im Haber-Bosch-Verfahren werden etwa 1,4 % des weltweiten Gesamt-Energiebedarfs benötigt. Etwa 3 bis 5 % der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen gehen auf die Herstellung des für das Haber-Bosch-Verfahren nötigen Wasserstoffs zurück¹³.

Die Herstellung grünen Wasserstoffs im Wege des CO₂-freien Verfahrens der Wasser-Elektrolyse ist sehr energieaufwändig. Für die Herstellung von einem Kilogramm Elektrolyse-Wasserstoff werden 55 kWh elektrischen Stroms benötigt. Dies gilt für alle daraus abgeleiteten Produkte (Methan, Methanol, Ammoniak, Synfuels) in noch weit höherem Maße, da jede Umwandlung unweigerlich mit Verlusten verbunden ist. Verschärfend kommt hinzu, dass, um die CO₂-Emissionen signifikant zu senken, ausschließlich CO₂-frei erzeugter EE-Strom eingesetzt werden kann. Der undifferenzierte Einsatz von Wasserstoff für alle technisch möglichen Produkte und Verfahren, ohne Blick auf die Effizienz des Einsatzes, überfordert die deutschen Kapazitäten zur Erzeugung von EE-Strom bei weitem. Die daraus zwingend sich ableitende Priorisierung des Wasserstoffeinsatzes ist lediglich in Ansätzen in der schleswig-holsteinischen Strategie zu finden („Grüner Wasserstoff ist heute noch nicht wettbewerbsfähig. Dies gilt leider insbesondere für Anwendungsbereiche, wo er einen besonders hohen Klimaschutznutzen entfalten könnte, wie zum Beispiel in der Stahlproduktion, der Chemieindustrie oder dem Schwerlastverkehr.“). Die fehlende Wettbewerbsfähigkeit ist das Resultat der schlechten Effizienz der Wasserstoffherstellung. Es fehlt die Antwort auf die Frage:

Wo sollte grüner Wasserstoff prioritär eingesetzt werden und wo eher nicht?

Der Verzicht auf eine Antwort auf diese Frage ist keineswegs ein Gebot der von manchen geforderten „Technologieoffenheit“. Es ist bereits heute mit ausreichender Sicherheit er-

12 https://issuu.com/stahlonline/docs/wv-stahl_fakten-2020_rz_web

13 <https://de.wikipedia.org/wiki/Haber-Bosch-Verfahren> 2017 betrug die weltweite Ammoniak-Produktion 150 Millionen Tonnen. 80 % davon werden für die Dünger-Herstellung genutzt.

kennbar, welche Einsatzbereiche Irrwege sein werden und welche Erfolg versprechen. Eine Erforschung aller sich abzeichnenden Irrwege bis zum Ende kostet Geld und Zeit, die wir nicht haben.

Der lapidare Hinweis, dann müsse man EE-Strom oder Wasserstoff oder dessen Derivate aus südlichen, sonnigeren Ländern importieren wie bisher das Erdöl, übersieht wesentliche Aspekte:

- * Sollten diese Länder nicht zunächst einmal selbst ihre Energieerzeugung dekarbonisieren und benötigen sie ihren EE-Strom nicht zunächst selbst?
- * Deutschland wird nicht das einzige Land sein, das auf die Idee gekommen ist, seinen völlig überzogenen Wasserstoffbedarf „in der Nachbarschaft“ zu decken. Wenn die Nachbarschaft ebenfalls — wie wir — alles mögliche auf Wasserstoff umstellen will und diesen nicht selbst produzieren kann, kann dieses System nicht funktionieren.
- * Hat niemand bedacht, dass bei der Elektrolyse von Wasser pro Tonne erzeugten Wasserstoffs neun Kubikmeter Wasser nicht nur genutzt, sondern in seine Bestandteile zerlegt werden und damit verschwinden¹⁴? Eine TWh Wasserstoff entspricht 30.000 Tonnen Wasserstoff, für die 270.000 Kubikmeter Wasser zerlegt werden. Ist das mit unseren Grundwasservorkommen oder in ohnehin ariden Ländern südlich des Mittelmeers darstellbar?
- * Hat niemand bedacht, dass der Transport von Wasserstoff wegen des Platzproblems sehr ineffizient ist? Selbst bei Komprimierung von Wasserstoff auf 700 bar hat eine Tonne Wasserstoff bei 20°C einen Platzbedarf von 25 Kubikmetern. Bei der Verflüssigung auf -253 °C, wofür 20 % der im Wasserstoff enthaltenen Energie benötigt werden, liegt der Platzbedarf für eine Tonne Wasserstoff bei 14 Kubikmetern¹⁵. Eine TWh Wasserstoff (30.000 Tonnen) hat verflüssigt bei -253°C einen Platzbedarf von netto 420.000 Kubikmetern. Das entspricht der Ladekapazität von 3 noch zu bauender Flüssigwasserstofftanker (angedacht ist eine Erhöhung der Ladekapazität von aktuell 160 t Flüssig-H₂ auf 10.000 t Flüssig-H₂)¹⁶. Mit einer TWh Wasserstoff (gleich 30.000 Tonnen Wasserstoff, für deren Produktion 1,8 TWh EE-Strom einzusetzen sind) könnte man nur 200.000 Brennstoffzellen-Pkw (FCEV) ein Jahr lang betreiben¹⁷. Für die Versorgung von 10 Mio. Brennstoffzellen-Pkw (weniger als einem Viertel des deutschen Pkw-Bestandes) mit Wasserstoff bräuchte man 150 Schiffsladungen Was-

14 <https://www.tga-fachplaner.de/energietechnik/energietraeger-wasserstoff-wieviel-wasser-wird-dafuer-benoetigt>

15 <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffspeicherung>

16 https://www.dlr.de/content/en/downloads/2020/hydrogen-research-study-part-1.pdf;jsessionid=D21230F827CE3D4FA926005147F18680.delivery-replication1?_blob=publicationFile&v=2

17 15.000 km/a und ein kg H₂/100 km Verbrauch; 1 kg H₂ hat einen Brennwert von 33,33 kWh

serstoff der weltweit größten noch zu bauenden Flüssigwasserstofftanker pro Jahr. Tatsächlich wären es mehr, weil trotz der hoch gedämmten Flüssigwasserstofftanks täglich mit Verdampfungsverlusten von 3 % (boil-off-Verluste) zu rechnen ist¹⁵. Das Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion geht laut BMWi davon aus, dass für den gesamten deutschen Wasserstoffbedarf im Jahr 2050 jährlich rund 45 Millionen t Wasserstoff importiert werden müssen¹⁸. Das entspräche 4.500 Tankerladungen jährlich. Hinzu käme der Wasserstoff-Transportbedarf mindestens für die anderen europäischen Länder.

- * Da auch Stromleitungen aus dem Mittelmeerraum und Nordafrika wegen der großen Entfernungen mit großen Leitungsverlusten verbunden (bei Gleichstrom weniger als bei Wechselstrom) und terrorismusanfällig sind, bliebe letztlich nur die Umwandlung des Wasserstoffs in ein bis zwei Stufen in Methanol oder Ammoniak im Herkunftsland, die sich leicht mit hoher Energiedichte transportieren ließen. Methanol hat jedoch nur noch einen Heizwert von 6,5 kWh/kg, etwa halb so hoch wie Benzin. Bei Ammoniak liegt er bei 5,2 kWh/kg. Dieser Weg hätte den Vorteil, dass in den, in der Regel wirtschaftlich schwachen, Erzeugerländern umfangreiche Industrien aufzubauen wären. Das wäre mit einer großen Zahl qualifizierter Arbeitsplätze verbunden, was auch die Migration aus wirtschaftlicher Not aus diesen Ländern nach Europa vermindern könnte. Die Kehrseite der Medaille für Deutschland und Europa wäre ein umfangreicher Verlust an Industriekapazitäten, know how, Wertschöpfung und letztlich Arbeitsplätzen vor allem in der chemischen Industrie, in der Deutschland noch in der Weltspitze ist.
- * Aktuell wird erforscht, ob dieses Platzproblem nicht durch Bindung des Wasserstoffs an organische Flüssigkeiten (Liquid organic hydrogen carrier = LOHC) gelöst werden kann¹⁹. Dabei kann pro Raumeinheit etwa fünfmal soviel Energie gespeichert werden, wie bei der Drucktechnologie. Wasserstoff wird, katalytisch unterstützt, in einer organischen Flüssigkeit durch Hydrierung ungesättigter C-C-Bindungen gebunden, die dabei Wärme abgibt. Nach Erhitzung auf etwa 300°C gibt die Flüssigkeit, ebenfalls katalytisch unterstützt, den Wasserstoff wieder frei. Nach wenigen hundert Zyklen muss die Flüssigkeit allerdings ausgetauscht werden. Für die Erhitzung auf 300°C wird etwa ein Drittel der im Wasserstoff gespeicherten Energie gebraucht²⁰.
- * Ein weiterer Forschungsansatz ist die Speicherung von Wasserstoff in Metallpulver als Metallhydrid. Hier steht der geringe Platzbedarf des Metall-

18 ZEIT-online vom 29. Mai 2021: "Wasserstoff ist kein Wundermittel". Abgerufen am 8. Juni 2021 12:45 h.
<https://www.zeit.de/wissen/2021-05/klimaneutralitaet-gruener-wasserstoff-oekostrom-gewinnung-klimaschutz/komplettansicht#print>

19 <https://www.hydrogenious.net/index.php/de/hydrogen-mobility-applications-2-2/>

20 https://www.deutschlandfunk.de/tolle-idee-was-wurde-daraus-spezialoel-speichert-wasserstoff.676.de.html?dram:article_id=488895

pulvers im Vordergrund, dem jedoch das hohe Gewicht entgegensteht. In einem Drucktank (der auch hier erforderlich ist) mit ein bis zwei Kubikmeter Eisen-Titan-Mangan-Pulver (Masse: 3,5 bis 5 Tonnen) können bei 50 bar Druck nutzbar 50 kg Wasserstoff gespeichert werden²¹. Diese Art der Speicherung kommt wegen der großen Masse des Speichermaterials prioritär für stationäre Anwendungen in Frage, nur in Sonderfällen für mobile Anwendungen.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen kommt in seiner Stellungnahme vom Juni 2021 unter anderem zu folgender Empfehlung:

„Wasserstoff ist ein wichtiger Baustein für das Erreichen der langfristigen Klima- und Umweltziele. Er kann jedoch keine übergeordnete, sondern vielmehr eine ergänzende Rolle übernehmen. Dazu sollte Wasserstoff unter Einbeziehung von Umweltkriterien und Sozialstandards – dunkelgrün – hergestellt und effizient im Gesamtsystem genutzt werden²².“

21 https://hereon.de/innovation_transfer/communication_media/news/099663/index.php.de

22 https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2021_06_stellungnahme_wasserstoff_im_klimaschutz.html