VhU-VEREINIGUNG DER HESSISCHEN
UNTERNEHMERVERBÄNDE

Position des VhU-Energieausschusses

Wasserstoff-Hochlauf flächendeckend voranbringen

8. Dezember 2023

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 4
1. Einleitung 6
2. Fakten zu Wasserstoff 6
2.1. Chemische und physikalische Eigenschaften 6
2.2. Herstellung 7
2.3. Nutzung 8
2.4. Speicherung 10
2.5. Umwandlungsverluste 11
2.6. Quantitäten 11
2.7. Infrastruktur 12
2.8. Preise von Wasserstoff 15
3. Politische Diskussion 16
3.1. Bundesregierung 16
3.2. Parteien auf Bundesebene 17
3.3. Landesregierung 18
3.4. Parteien auf Landesebene 18
4. Ziele: Die hessische Wirtschaft braucht Wasserstoff… 20
4.1. …zur Erreichung von Treibhausgasneutralität 20
4.2. …zur Ausweitung des Energieangebots und der Versorgungssicherheit 20
4.3. …zur besseren Transportfähigkeit von Energie 20
5. Maximen: Was leitet die Handlungsempfehlungen? 21
5.1. Freiheitliche Wettbewerbsordnung 21
5.2. Technologieoffenheit 21
6. Restriktionen: Welche Leitplanken sind zu beachten? 22
6.1. Personelle Restriktion 22
6.2. Technische Umsetzbarkeit 22
6.3. Knappheit von Rohstoffen für Elektrolyseure und Brennstoffzellen 22
6.4. Wirtschaftlichkeit 22
6.5. Verfügbarkeit von Wasserstoff 23
6.6. Finanzielle Restriktion des Staates 23
7. Handlungsempfehlungen 24
7.1. Von „Farbenlehre“ abkehren 24
7.2. Wasserstoff-Hochlauf nicht staatlich erzwingen 24
7.3. Importstrategie ausarbeiten und umsetzen 24
7.4. CCU/CCS ausweiten 25
7.5. Ersatzkapazitäten aufbauen 25

7.6. Flächendeckenden Zugang zu Wasserstoff schnell ermöglichen 25
7.7. Marktkompatible Wasserstoff- und Gasnetzfinanzierung schaffen.....26
7.8. Wasserstoffnetz mit Gas- und Stromnetzplanung verzahnen 26
7.9. Wasserstoff auch bilanziell zugänglich machen.....26
7.10. Wasserstoff auch dem Verteilnetz beimischen 26
7.11. Planungs- und Genehmigungsverfahren beschleunigen 26
7.12. Landesregierung sollte Wasserstoffhochlauf stärker unterstützen 27
8. Anhang.....28
8.1. Bundestagswahlprogramme 2021 28
8.2. Landtagswahlprogramme 2023 33

Literaturverzeichnis 38

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Hohe Umwandlungsverluste bei der Erzeugung von Wasserstoff 11

Abb. 2: Verachtfachung der Wasserstoffnachfrage bis 2045 erwartet.....12

Abb. 3: Wasserstoff-Fernnetz soll bis 2032 realisiert werden.....13

Abb. 4: Wasserstoff-Verteilnetz für Rhein-Main-Gebiet in Planung 14

Abb. 5: Transportkosten sind entscheidend, wie teuer Wasserstoff in Deutschland ist 16

Zusammenfassung

Unseren hohen Wohlstand verdanken wir zu einem erheblichen Anteil gut verfügbaren und günstigen fossilen Energieträgern wie Erdöl, Erdgas und Kohle. Die Förderung von einem Barrel Erdöl mit einem Heizwert von mehr als 1.600 Kilowattstunden kostet im Nahen und Mittleren Osten lediglich etwa 10 Dollar und in den USA auch nur rund 35 Dollar. Zuzüglich der Kosten für Transport und Verteilung zahlen Endverbraucher lediglich wenige Cents je Kilowattstunde für Energie aus fossilen Energieträgern, wenn man von staatlichen Preisverteuerungen absieht. Über Jahrzehnte wurden Wirtschaft und Gesellschaft so zu extrem niedrigen Kosten mit gut transportierbarer und speicherfähiger Energie wetterunabhängig versorgt.

Doch das „fossile Zeitalter“ dürfte bald enden. Um nicht länger den Klimawandel zu befördern, wollen die meisten Staaten der Erde den Ausstoß von Treibhausgasen langfristig beenden. Die EU will bereits bis 2050 treibhausgasneutral sein. Damit dieser Umbau des Energiesystems technisch gelingen kann und Akzeptanz in den Bevölkerungen findet, braucht es wirtschaftliche Alternativen zu Erdöl, Erdgas und Kohle. Neue treibhausgasneutral erzeugte Energieträger müssen jederzeit in großen Mengen und wirtschaftlich verfügbar sowie speicherbar und transportierbar sein.

Wasserstoff kann aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Er könnte die geforderten Eigenschaften als alternativer Energieträger zu Erdöl, Erdgas, und Kohle erfüllen. So könnte Wasserstoff neben Strom ein weiterer Pfeiler eines künftigen treibhausgasneutralen Energiesystems werden. Anders als Strom ist Wasserstoff gut speicherbar. In vielen Anwendungen lässt sich Erdgas recht einfach durch Wasserstoff ersetzen. Erdgasleitungen können verhältnismäßig leicht wasserstofftauglich gemacht werden. Durch die sogenannte PtX-Synthese lassen sich mit Wasserstoff außerdem flüssige und gasförmige Kraft- und Brennstoffe synthetisch herstellen, die die gleichen Eigenschaften haben wie ihre fossilen Pendants. Allerdings ist derzeit völlig offen, wo, wann und wie eine ausreichende Menge an Wasserstoff hergestellt werden kann.

Die hessische Wirtschaft befürwortet einen Wasserstoff-Hochlauf, denn sie benötigt Wasserstoff aus drei Gründen: Erstens um den CO2-Ausstoß von Anlagen und Prozessen zu reduzieren – insbesondere dort, wo eine Elektrifizierung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich ist. Zweitens um die Versorgungssicherheit in einem zunehmend wetterabhängigen Energiesystem zu verbessern: Wenn die Sonne stark scheint und der Wind kräftig weht, kann der überschüssige Strom in Form von Wasserstoff für spätere Zeiten gespeichert werden, in denen zu wenig Strom aus Sonne und Wind erzeugt wird. Drittens kann Wasserstoff helfen, Energie besser zu transportieren und zu speichern, indem Erdgasnetze und große Gasspeicher weiter genutzt werden. So muss weniger Energie über Stromnetze transportiert werden.

An den Wasserstoff-Hochlauf sind zahlreiche Anforderungen zu stellen, damit er gesamtwirtschaftlich effizient erfolgt, damit Wettbewerbsverzerrungen möglichst unterbleiben und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen am Standort Hessen überregional und international nicht beeinträchtigt wird:

1. Der Wasserstoff-Hochlauf muss marktwirtschaftlich und technologieoffen erfolgen.

2. Die politische Klassifizierung von Wasserstoff in vermeintlich guten und schlechten Wasserstoff sollte aufhören. Die Entscheidung über die Nutzung einer „Wasserstofffarbe“ sollte durch marktwirtschaftliche Prozesse erfolgen.

3. Quoten für erneuerbaren Wasserstoff sind abzulehnen, da sie den Hochlauf teuer und ineffizient machen. Die Verteilung von Wasserstoff sollte durch Angebot und Nachfrage bestimmt werden, nicht durch staatliche Priorisierung.

4. Angesichts unzureichender heimischer Produktionskapazitäten sollte der Bund eine Importstrategie für Wasserstoff entwickeln.

5. Um eine CO2-neutrale Wasserstoffproduktion zu erhöhen, ist die großtechnische Nutzung und Speicherung von Kohlendioxid (CCU, CCS) in Deutschland zu erlauben. Der Bund muss seine Carbon-Management-Strategie vorlegen.

6. Die Bundesregierung sollte schnellstens den Bau von Energieersatzkapazitäten durch wasserstofftaugliche Gaskraftwerke, Speicher und Elektrolyseure ermöglichen. Zusätzliche installierte gesicherte Leistung ist für die Stromversorgungssicherheit dringend erforderlich.

7. Ein flächendeckendes Wasserstoffnetz, unter Einbeziehung bestehender Erdgasleitungen, sollte zügig aufgebaut werden.

8. Die Finanzierung des privatwirtschaftlichen Aufbaus der Wasserstoffinfrastruktur sollte so erfolgen, dass prohibitiv hohe Netzentgelte vermieden werden.

9. Gas- und Stromnetzplanung sowie und die Planung der Wasserstoffinfrastruktur sollten integriert werden, um eine Gesamtkostenoptimierung zu erreichen.

10. Marktmechanismen sollten von physikalischen Energieflüssen entkoppelt werden, um auch den bilanziellen Zugang zu Wasserstoff zu ermöglichen.

11. Unter Berücksichtigung der Anforderungen wichtiger Nutzer wie der Industrie sollte Wasserstoff im Verteilnetz beigemischt werden.

12. Die Genehmigungsverfahren für Wasserstoffinfrastruktur sollten verkürzt werden.

13. Die hessische Landesregierung sollte koordinierend und unterstützend tätig werden und die Wasserstoffstrategie des Landes weiterentwickeln. Sie sollte valide Bedarfszahlen erheben und sich für die Realisierung der alternativen Querverbindung der Wasserstofffernleitungen durch Hessen einsetzen.

14. Land und Kommunen müssen dafür sorgen, dass Unternehmen in allen Regionen Hessens Wasserstoff beziehen können.

1. Einleitung

Erneuerbare Energien, insbesondere aus Wind und Sonne, werden sich in den kommenden Jahrzehnten voraussichtlich zu den Hauptträgern des Energiesystems in Deutschland und Hessen entwickeln, das durch einen steigenden Anteil von Elektrizität am Endenergieverbrauch geprägt sein wird.

Allerdings bringen strombasierte erneuerbare Energien Probleme mit sich, wenn es um die jederzeitige Gewährleistung einer sicheren Energieversorgung geht: Wind- und Sonnenenergie stehen nicht rund um die Uhr zur Verfügung, sondern sind wetter- bzw. tageszeitabhängig. Zudem sind mit der heutigen Technik nicht alle Sektoren vollständig auf Elektrizität umstellbar, beispielsweise einige Anlagen der Grundstoffindustrie, Papierindustrie und der chemischen Industrie sowie Teile des Verkehrs wir die Luftfahrt. Flüssige und gasförmige Energieträger werden aus heutiger Sicht noch sehr lange in großen Mengen benötigt werden. Gegenwärtig sind Öl und Erdgas die mit Abstand wichtigsten Energieträger in Deutschland und Hessen.

Um die Kohlendioxidemissionen in allen Sektoren zu reduzieren und langfristig eine treibhausgasneutrale Gesellschaft und Wirtschaft zu erreichen, müssen erneuerbare Energien in speicher- und transportfähige Formen umgewandelt werden, um letztlich flüssige oder gasförmige Endenergieträger zu erhalten. Hierbei dürfte Wasserstoff eine entscheidende Rolle spielen.

2. Fakten zu Wasserstoff

2.1. Chemische und physikalische Eigenschaften

Wasserstoff (H2) ist ein farb- und geruchloses, aber an der Luft hochentzündliches Gas. Bei einer Dichte von 0,0899 g/l (0 Grad Celsius) ist es etwa 14-mal leichter als die Umgebungsluft. Dies ermöglicht ihm, sich schnell in alle Richtungen zu verbreiten. In seiner flüssigen Form hat Wasserstoff eine Dichte von 70,99 g/l, und sein Anteil am Gesamtgewicht von Wasser beträgt 11,2 Prozent. Er hat einen Schmelzpunkt von -259,125°Grad Celsius und einen Siedepunkt von -252,882 Grad Celsius. Wenn man den Energieinhalt vergleicht, enthält ein Kilogramm Wasserstoff so viel Energie wie 2,8 Kilogramm Benzin oder 2,1 Kilogramm Erdgas. Wasserstoff hat damit unter den gängigen Brenn- und Treibstoffen die größte Energiedichte pro Masse, obwohl seine Energiedichte pro Volumen nur etwa ein Drittel von Erdgas und ein Viertel von Benzin beträgt.

Die weit verbreitete Annahme, Wasserstoff sei hochexplosiv, ist nur zum Teil richtig. Wasserstoff kann keine intramolekulare Explosion verursachen. Für eine Explosion sind ein Oxidationsmittel in einem bestimmten Verhältnis und eine Zündquelle erforderlich. Wasserstoff ist in reiner Form aber nicht brennbar. Erst bei einem Mischungsverhältnis von etwa 4 Volumenprozent Wasserstoff in Luft kann ein Funke das Gemisch entzünden. Damit liegt die untere Explosionsgrenze im Bereich derer von heute in den Gasnetzen transportiertem Erdgas bzw. Methan (4,4 Volumenprozent). Ab etwa 77 Volumenprozent Wasserstoff fehlt der für eine Entzündung oder Explosion notwendige Sauerstoff. Die Tatsache, dass Wasserstoff wesentlich leichter als Luft ist, verringert die Explosionsgefahr im Freien. Gleichzeitig erhöhen die guten Diffusionseigenschaften, die im Freien die Explosionsneigung verringern, die Wahrscheinlichkeit einer Explosion in geschlossener Umgebung.

Ein wesentlicher Vorteil von Wasserstoff ist seine Umweltfreundlichkeit. Wird er z.B. in Verbrennungsmotoren mit Luft in geeigneter Weise verbrannt, sind die Emissionen minimal. Die Menge an Stickoxiden (NOx) steigt mit zunehmender Verbrennungstemperatur, kann aber bei niedrigen Temperaturen im Vergleich zu mineralöl- oder erdgasbasierten Kraftstoffen deutlich reduziert werden. Beim Einsatz in Niedertemperatur-Brennstoffzellen, z.B. in Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen (PEMFC), entstehen überhaupt keine Schadstoffemissionen. Das Hauptprodukt dieser Stromerzeugung ist lediglich demineralisiertes Wasser.

2.2. Herstellung

Wasserstoff kann durch verschiedene Verfahren hergestellt werden, die sich hauptsächlich in der Art des verwendeten Rohstoffs und der Energiequelle unterscheiden. Verbreitete Möglichkeiten sind die Verwendung von Kohlenwasserstoffen, die Nutzung von Biomasse und die Spaltung von Wasser.

Verwendung von Kohlenwasserstoffen: Hierbei werden Kohle oder Erdgas zur Energiegewinnung und als Wasserstoffquelle genutzt. Beispiele für solche Verfahren sind die Kohlevergasung, bei der Kohle mit Wasserdampf zu Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid reagiert, und die Dampfreformierung, bei der Kohlenwasserstoffe mit Wasserdampf zu Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid bzw. Kohlenstoffdioxid reagieren. Eine weitere Methode ist die partielle Oxidation, bei der der Rohstoff unter Sauerstoffmangel umgesetzt wird, wobei hauptsächlich Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid entstehen.

Nutzung von Biomasse: Biomasse besteht hauptsächlich aus Kohlenhydraten und kann ähnlich wie Kohlenwasserstoffe umgesetzt werden. Eine Möglichkeit ist die Dampfreformierung, bei der Biomasse mit Wasserdampf zu Wasserstoff umgewandelt wird. Eine andere Methode ist die Fermentation, bei der Wasserstoff mit Hilfe von anaeroben Mikroorganismen direkt aus Biomasse gewonnen wird.

Spaltung von Wasser/Elektrolyse: Bei der Wasserspaltung dient Wasser als Wasserstofflieferant. Mit Hilfe von elektrischem Strom wird in einem Elektrolyseur aus dem Wasser Wasserstoff und Sauerstoff erzeugt. Es gibt auch chemische und thermochemische Möglichkeiten, bei denen sehr hohe Temperaturen zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff verwendet werden.

In der politischen Debatte wird Wasserstoff je nach Herstellungsverfahren mit „Farben“ gekennzeichnet:

	Schwarzer/Brauner Wasserstoff: Dieser Wasserstofftyp wird durch die Kohlevergasung von Steinkohle oder Braunkohle produziert.
	Grauer Wasserstoff: Dieser entsteht durch die Dampfreformierung von Methan/Erdgas.
	Blauer Wasserstoff: Bei dieser Variante erfolgt die Produktion ähnlich wie beim grauen Wasserstoff, jedoch wird das dabei entstehende CO2 gebunden und nicht in die Atmosphäre freigesetzt.
	Türkiser Wasserstoff: Dieser Wasserstoff wird mittels des Kværner-Verfahrens (Methanpyrolyse) aus Methan/Erdgas gewonnen, wobei fester Kohlenstoff entsteht.
	Grüner Wasserstoff: Dieser Wasserstofftyp wird durch die Nutzung von erneuerbaren Energien hergestellt.
	Roter Wasserstoff: Bei dieser Art der Wasserstoffproduktion wird elektrische Energie aus einem Kernkraftwerk verwendet.
	Gelber Wasserstoff: Wie beim grünen Wasserstoff erfolgt auch hier die Produktion durch Elektrolyse von Wasser, wobei der verwendete Strom aus dem öffentlichen Stromnetz stammt.
	Weißer Wasserstoff: Dieser fällt als Nebenprodukt bei bestimmten chemischen Prozessen in der Industrie und in der Natur an.
	Oranger Wasserstoff: Dieser entsteht durch die Nutzung von Biomasse.

2.3. Nutzung

„Power-to-X“ (PtX) beschreibt Techniken und Verfahren zur Speicherung von Strom in Folgeprodukten (z.B. auch Wasserstoff). Durch PtX-Prozesse können mit Wasserstoff andere Energieträger hergestellt werden. Diese synthetischen Brenn- und Kraftstoffe haben die gleichen Eigenschaften wie ihre fossilen Pendants.

Die verschiedenen PtX-Verfahren unterscheiden sich im Wesentlichen durch den Aggregatzustand (gasförmig oder flüssig) des entstehenden Produkts. Wird Wasserstoff mittels Elektrolyse aus erneuerbarem Strom erzeugt, spricht man von Power-to-Gas (PtG). Dies schließt auch die weitere Verarbeitung des Wasserstoffs in synthetisches Methan durch Methanisierung ein.

Wird Wasserstoff in flüssige Produkte verarbeitet, spricht man von "Power-to-Liquids" (PtL). Die entstehenden Produkte können Benzin, Diesel oder Kerosin sein. In diesem Zusammenhang spricht man von synthetischen oder strombasierten Brenn- und Treibstoffen (eFuels). Werden durch die Weiterverarbeitung Basischemikalien wie Ammoniak, Methanol, Ethylen oder Propylen hergestellt, spricht man von "Power-to-Chemicals".

Wie die verschiedenen PtX-Verfahren zeigen, kann Wasserstoff direkt und indirekt in nahezu sämtlichen Sektoren eingesetzt werden. In technischer Hinsicht bestehen große CO2-Einsparpotenziale durch den Einsatz in der Industrie, im Verkehrs- und Gebäudesektor, allerdings ist der heutige Stand in vielen Anwendungsfällen noch weit von einer Wirtschaftlichkeit entfernt. Gleichwohl gibt es schon relevante Anwendungen, wie in der Industrie als Grundstoff für Chemikalien oder als Prozessgas.

In Zukunft könnte Wasserstoff auch in anderen Wirtschaftszweigen zum Einsatz kommen, wenn dieser Energieträger in größerem Umfang zur Verfügung steht und es für die Unternehmen wirtschaftlich ist, ihre Produktionsprozesse umzustellen:

- Pappe, Papier oder mineralische Produkte:
  In diesen Branchen könnte Wasserstoff als CO2-armer Ersatz für Erdgas könnte Wasserstoff hier in speziell befeuerten Trocknungsprozessen eingesetzt oder in industriellen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur Sicherung der Grundlast genutzt werden.

- Stahlindustrie:
  Sie könnte ein neues bzw. wachsendes Anwendungsfeld für Wasserstoff sein. Stahl wird in Deutschland überwiegend im koksbasierten Hochofenprozess hergestellt. Eine Umstellung der gesamten Stahlproduktion auf Direktreduktionsanlagen, die zu 100 Prozent mit Wasserstoff betrieben werden, wäre möglich. Dies könnte zu einer Reduzierung der CO2-Emissionen um 95 Prozent führen.

- Zementindustrie:
  Ihr bietet Wasserstoff indirekt die Möglichkeit, unvermeidbare Prozessemissionen zu reduzieren. Die dabei entstehenden CO2-Emissionen könnten abgetrennt und zusammen mit Wasserstoff über PtX-Prozesse zu Grundstoffen weiterverarbeitet werden.

In Teilen des Verkehrssektors und der Landwirtschaft werden bereits heute Wasserstoff direkt über Brennstoffzellen oder indirekt über die Umwandlung in synthetischen Otto- oder Dieselkraftstoff eingesetzt. Es ist davon auszugehen, dass Schifffahrt und Luftfahrt langfristig ebenfalls auf solche H2-basierten flüssigen oder gasförmigen Kraftstoffe setzen könnten.

Auch im Gebäudesektor gibt es wasserstoffbasierte Lösungen zur CO2-Reduktion. Eine bereits umsetzbare Möglichkeit ist, Wasserstoff dem Erdgas beizumischen und im Gebäude zu nutzen. Auch Gasheizungen, die „H2-ready“ sind, gibt es bereits. Darüber hinaus kann Wasserstoff über ein Wärmenetz genutzt werden. Dies kann z.B. durch Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung realisiert werden.

2.4. Speicherung

Wasserstoff kann durch verschiedene Verfahren gespeichert werden. Die gängigsten Verfahren sind die Druckwasserstoffspeicherung, Flüssigwasserstoffspeicherung, adsorptive Speicherung sowie die chemische Speicherung:

Druckwasserstoffspeicherung: Eine gängige Methode ist die Speicherung von kleineren Mengen an Wasserstoff unter Druck in Tanks. Um größere Mengen zu speichern, gibt es Möglichkeiten, Wasserstoff in unterirdischen Gasspeichern zu lagern.

Flüssigwasserstoffspeicherung: Für die Speicherung großer Mengen wird Wasserstoff verflüssigt. Dies erfordert jedoch einen hohen Energieaufwand, beispielsweise für die Kühlung.

Adsorptive Speicherung: Adsorptive Speicherung von Wasserstoff erfolgt durch Anlagerung an die Oberfläche hochporöser Materialien. Zu den möglichen Materialien gehören Zeolithe, Metal Organic Frameworks (MOFs), Carbon Nanotubes und Aktivkohle. Für eine effektive Adsorption ist es notwendig, die Speicher bei niedrigeren Temperaturen zu betreiben, wofür jedoch auch ein hoher Energieaufwand nötig ist.

Chemische Speicherung: Chemisch gebundener Wasserstoff bietet eine Alternative zur Speicherung von molekularem Wasserstoff. Hierbei wird Wasserstoff in chemischer Form transportiert und gelagert. Obwohl dies nicht direkt als Wasserstoffspeicherung gilt, wird es in einer Wasserstoffwirtschaft als solche betrachtet. Im Fokus stehen hier organische Substanzen und Ammoniak.

Organische Substanzen als Wasserstoffträger sind bekannt als "Liquid Organic Hydrogen Carriers" (LOHC). Methanol ist ein solcher Träger, der durch Reaktion von Wasserstoff mit CO oder CO2 hergestellt wird. Sie bieten Vorteile wie einfache Lagerung und Transport ohne Kühlung und eine hohe Energiedichte, ist aber auf CO oder CO2 angewiesen.

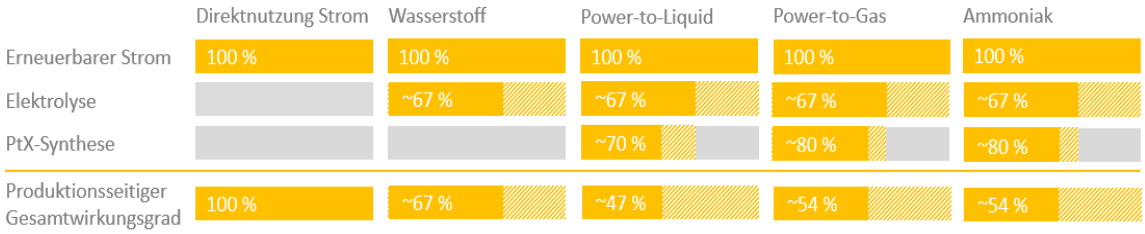
Ammoniak ist eine Option für die chemische Wasserstoffspeicherung. Es enthält keinen Kohlenstoff und hat eine hohe gravimetrische Wasserstoffspeicherdichte von 17,6 Prozent des Gewichts. Ammoniak kann durch das Haber-Bosch-Verfahren aus Wasserstoff und Stickstoff hergestellt werden. Bei der Rückgewinnung von Wasserstoff aus Ammoniak entsteht nur Stickstoff als Nebenprodukt. Technologien zur Ammoniakreformierung sind kommerziell verfügbar und größere Anlagen befinden sich in der Entwicklung.

2.5. Umwandlungsverluste

Die Prozesskette von der Erzeugung des Wasserstoffs über die Speicherung, bis hin zum Transport oder die Anwendung von „PtX-Prozesse“ ist mit Energieverlusten verbunden. Bei der Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse gehen bei den heute üblichen Niedertemperatur-Elektrolyseverfahren etwa 30 Prozent der eingesetzten Energie verloren. Effizienter ist die Hochtemperaturelektrolyse. Diese Anlagen arbeiten üblicherweise bei Temperaturen zwischen 700 und 1000 Grad Celsius. Sie erreichen Wirkungsgrade von bis zu 90 Prozent. Bei Dampfreformierung liegt der Wirkungsgrad zwischen 70 und 85 Prozent und bei der Herstellung aus Biomasse liegt der Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der eingesetzten Masse bei etwa 50 Prozent.

Bei der Rückverstromung liegt der Wirkungsgrad unter optimalen Bedingungen bei etwa 67 Prozent. Im Laständerungsbetrieb sinkt der Wirkungsgrad drastisch. Aufgrund der schwankenden Erzeugung von Wind- und Solarstrom ist mit einem Wirkungsgrad von etwa 25 bis 30 Prozent zu rechnen. Wird der Wasserstoff mittels PtX-Synthese aufbereitet, liegt der Wirkungsgrad dann nur noch bei etwa 50 Prozent. Bei Brennstoffzellen-Pkw oder -Lkw beträgt er ebenfalls nur etwa 35 bis 40 Prozent.

Abb. 1: Hohe Umwandlungsverluste bei der Erzeugung von Wasserstoff

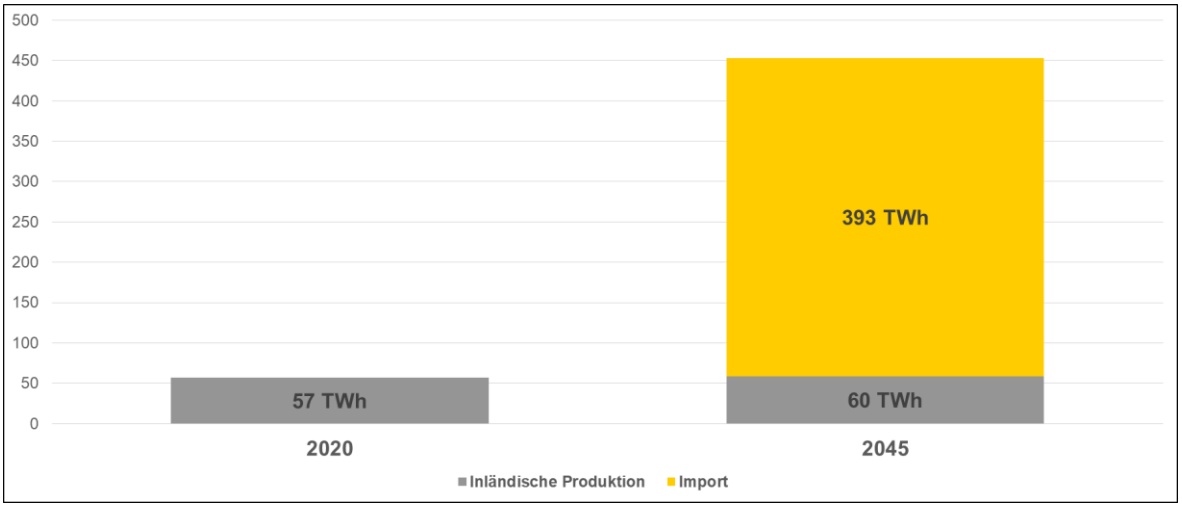


Quelle: Umwandlungsverluste bei der Erzeugung von Wasserstoff und PtX-Folgeprodukten, Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2021

2.6. Quantitäten

Im Jahr 2020 wurde in Deutschland Wasserstoff mit einem Energieinhalt von etwa 57 TWh erzeugt, davon etwa ein Drittel als Hauptprodukt durch Dampfreformierung von Erdgas oder Naphtha. Im Szenario Klimaneutralität der dena-Leitstudie wird bis 2045 eine Wasserstoffnachfrage für Deutschland von 453 TWh in den Sektoren Gebäude, Industrie, Energie und Verkehr erwartet. Der Importanteil von Wasserstoff wird darin auf 87 Prozent geschätzt. Lediglich die restlichen 13 Prozent könnten durch inländische Produktion gedeckt werden, so die dena-Prognose. Das Bundeswirtschaftsministerium geht davon aus, dass Deutschland 2030 30 bis 50 Prozent des benötigten Wasserstoffs selbst produzieren wird.

Abb. 2: Verachtfachung der Wasserstoffnachfrage bis 2045 erwartet



Quelle: Prognose Wasserstoffbedarf 2045, dena, 2021

Für Hessen wird laut einer im Jahr 2022 durchgeführten Potenzialanalyse eine sektorübergreifende, kumulierte Wasserstoffnachfrage für das Jahr 2030 von ca. 8,3 TWh und für das Jahr 2045 von ca. 30,2 TWh prognostiziert.

2.7. Infrastruktur

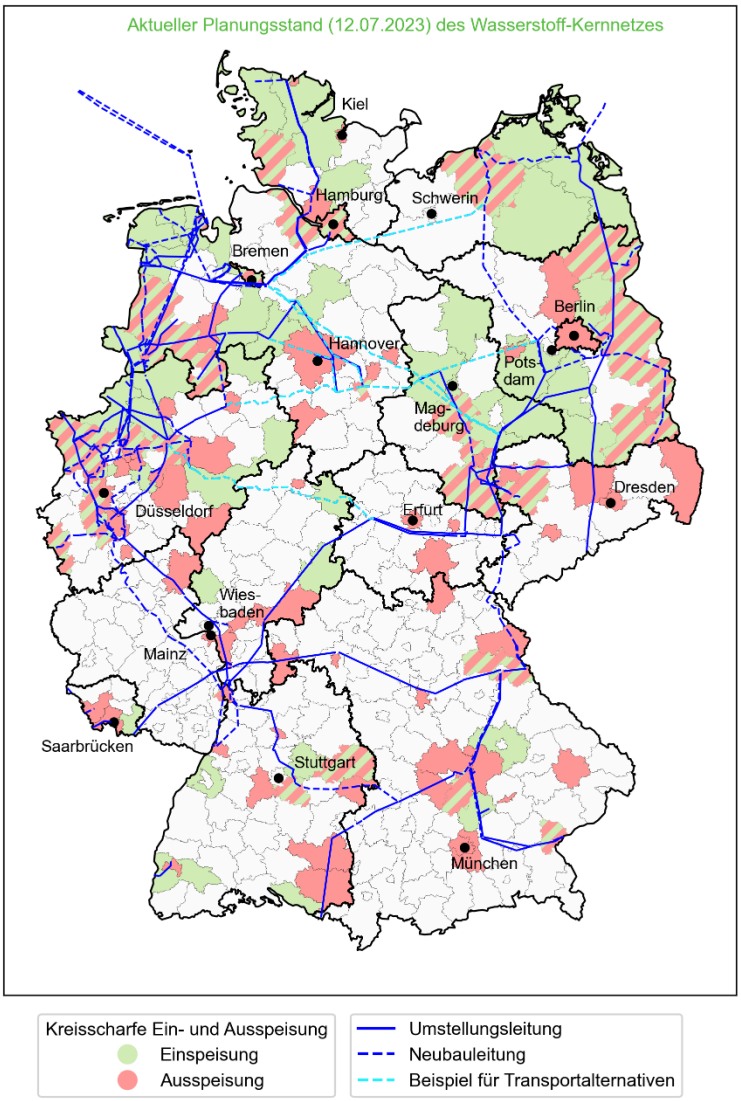
130 TWh Wasserstoff entsprechen etwa einem Volumen von 43 Mio. Kubikmetern flüssigem Wasserstoff bei einer Temperatur von minus 252 Grad Celsius. Eine flächendeckende Wasserstoffinfrastruktur für Mengen in dieser Größenordnung existiert nicht. Bisher erfolgte der Transport des Energieträgers weitestgehend nicht leitungsgebunden, sondern per Bahn, LKW oder per Schiff. Mit dem Wegfall von Erdgas aus Russland wurden an den Küsten der Nord- und Ostsee LNG-Terminals gebaut, um Flüssiggas per Schiff importieren zu können. Diese Terminals sind nicht nur für LNG, sondern auch für Wasserstoff oder Ammoniak geeignet.

Mit der Anfang Juli 2023 von der Bundesregierung in den Bundestag eingebrachten Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes wurden die regulatorischen, kartellrechtlichen und netzplanerischen Grundlagen für den Aufbau eines Wasserstoff-Fernnetzes in Deutschland geschaffen.

Die Gasfernleitungsnetzbetreiber haben daraufhin im Juli 2023 den ersten Planungsstand für ein überregionales Wasserstoff-Fernnetz bis zum Jahr 2032 veröffentlicht und dem Bundeswirtschaftsministerium vorgelegt. Demnach soll das sogenannte Wasserstoff-Kernnetz 11.200 Kilometer umfassen. Geplant ist vor allem die Umrüstung der bestehenden Erdgasfernleitungen. An dieses Fernnetz sollen zunächst nur ausgewählte Wasserstoffprojekte und Industrien angeschlossen werden.

Im November 2023 hat das Bundeswirtschaftsministerium auf Basis des ersten Planungsstandes der Gasfernleitungsnetzbetreiber seine vorläufigen Pläne für den Aufbau des Fernnetzes vorgelegt. Bis 2032 soll ein gegenüber dem ersten Planungsstand der Fernleitungsnetzbetreiber nur noch 9.700 Kilometer langes Wasserstoff-Fernnetz entstehen. Zu gut 60 Prozent sollen bestehende Erdgasleitungen genutzt werden. Die Ausspeisekapazität soll bei 270 TWh liegen. Für das Jahr 2030 wird mit einem Bedarf von 95 bis 130 TWh gerechnet. Die Investitionskosten von 19,8 Mrd. Euro für das Kernnetz soll die Privatwirtschaft tragen. Um die Entgelte über einen längeren Zeitraum zu strecken, soll ein Amortisationskonto eingerichtet werden.

Abb. 3: Wasserstoff-Fernnetz soll bis 2032 realisiert werden

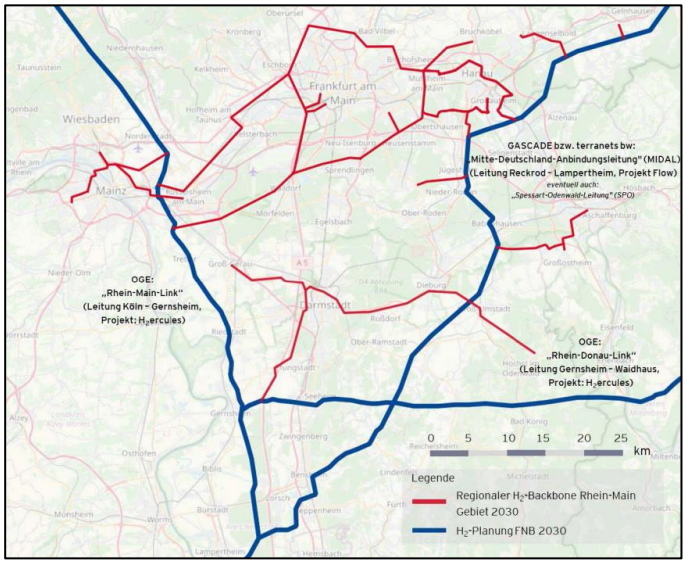


Quelle: Planungsstand Wasserstoffkernnetz, FNB Gas, Juli 2023

Auf der Verteilnetzebene wird derzeit in Forschungs- und Pilotprojekten untersucht, inwieweit die Erdgasleitungen für den Transport von Wasserstoff genutzt werden können. Die Beimischung von Wasserstoff ist in der Praxis erprobt und bis zu einem Anteil von zehn Prozent nach der Norm des Deutsche Vereins des Gas- und Wasserfaches e. V. zulässig und technisch möglich. Forschungsprojekte zeigen, dass auch ein Anteil von über 20 Prozent Wasserstoff ohne weiteres verträglich für bestehende Erdgasleitungen sein kann. Eine Studie von Open Grid Europe und der Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart geht davon aus, dass sogar rund 96 Prozent des europäischen Gasnetzes Wasserstoff-ready sind.

Im August 2023 hat die Landesenergieagentur eine technische Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines regionalen Wasserstoffnetzes im Rhein-Main-Gebiet veröffentlicht, die von Ernst & Young Real Estate erstellt worden war. Darin wird der Aufbau eines sogenannten Wasserstoff-Backbones mit einer Leitungslänge von ca. 300 Kilometer im Rhein-Main-Gebiet für Gesamtinvestitionskosten in Höhe von rund 540 Mio. Euro skizziert. Die grundsätzliche Notwendigkeit des Aufbaus eines solchen regionalen Wasserstoff-Backbones wird damit begründet, dass das derzeit bestehende Erdgasnetz einschließlich der Mess- und Regelstationen sowie der vorhandenen Anlagentechnik auf der Endkundenseite nicht zeitgleich zu einem Stichtag umgestellt werden kann. Aus diesem Grund sind aus Sicht der am Projekt beteiligten Energieversorgungsunternehmen über einen Zeitraum von voraussichtlich ca. 15 Jahren zunächst Doppel- bzw. Parallelstrukturen für die Verteilung von Wasserstoff und Erdgas erforderlich, die dann sukzessive durch die Transformation der bestehenden Erdgasnetze in Wasserstoffnetze aufgelöst werden sollen. Wesentliche Umstellungen könnten ab 2028 bzw. 2030 erfolgen.

Abb. 4: Wasserstoff-Verteilnetz für Rhein-Main-Gebiet in Planung



Quelle: Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines regionalen Wasserstoffnetzes im Rhein-Main-Gebiet, LEA, 2023

2.8. Preise von Wasserstoff

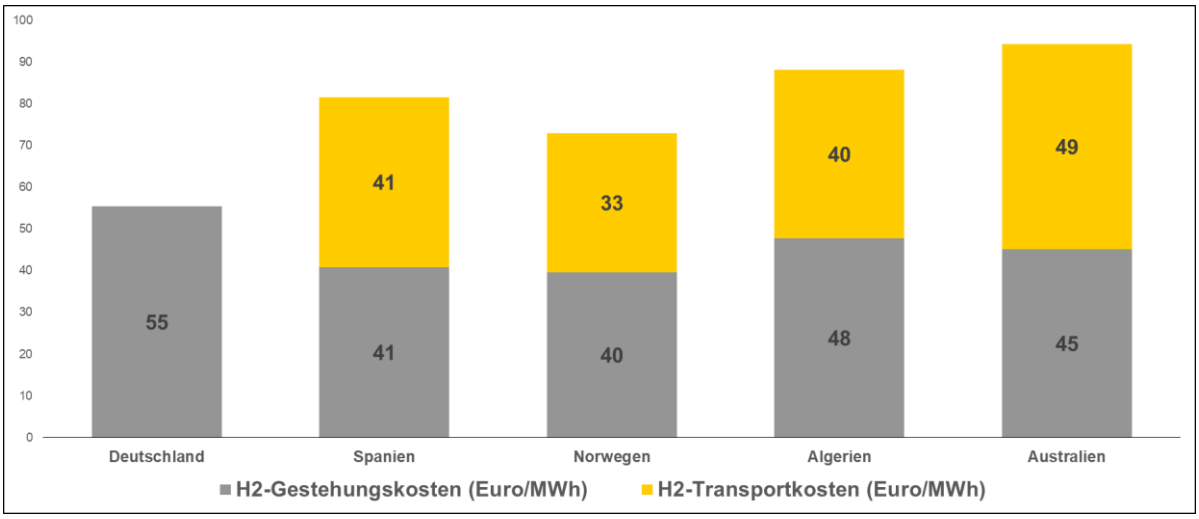
Derzeit existiert noch kein internationaler Wasserstoffmarkt, und die Preise für Wasserstoff hängen stark ab von den Herstellungsverfahren, also der „Wasserstofffarbe“, und der Region der Herstellung. Am weitesten in Deutschland verbreitet sind dabei „grüner“, „blauer“, „türkiser“ und „grauer“ Wasserstoff. „Grauer“ Wasserstoff kostet derzeit rund 105 Euro/MWh. Die Preise von „türkisem“ und „blauem“ Wasserstoff liegen auf einem ähnlichen Niveau bei rund 110 Euro/MWh. Wasserstoff aus erneuerbaren Energien („grün“) kostet durchschnittlich rund 180 Euro/MWh. Jedoch unterliegen die Herstellungskosten von „grünem“ Wasserstoff starken Schwankungen, da diese abhängig vom Wetter sind. So kann es sein, dass an Tagen mit niedrigen Stromkosten die Preise für grünen Wasserstoff ins Negative fallen und an Tagen ohne viel Sonnen- und Windstrom weit über 200 Euro/MWh steigen.

In Ländern, in denen viel Energie aus Sonne, Wind und Wasser zur Verfügung steht und die Stromerzeugung besonders wenig kostet, sind die Gestehungskosten für Wasserstoff im Schnitt deutlich niedriger als in Deutschland. Je nach Herkunftsland kostet dann der Wasserstoff in der Herstellung weit unter 80 Euro/MWh.

Ein treibender Kostenfaktor aus diesen Ländern wird dann der Transport darstellen. Hierbei muss klar differenziert werden, ob der Transport mittels Pipeline oder Schiff erfolgt. Der Transport per Schiff ist auf Grund der Konvertierung von Wasserstoff beispielsweise in Ammoniak und der Rückkonvertierung mit Kosten verbunden. So werden in der dena-Leitstudie die Importkosten für Wasserstoff aus Australien auf 49 Euro/MWh geschätzt. Dies würde ca. 52 Prozent der Gesamtkosten ausmachen. Hingegen würden sich die Transportkosten für Wasserstoff aus Spanien oder Nordafrika nur auf etwa 40 Euro/MWh belaufen. Aus Norwegen könnte der Wasserstoff für rund 33 Euro/MWh importiert werden.

Für 2045 wird in der dena-Leitstudie davon ausgegangen, dass die Gestehungskosten für „grünen" Wasserstoff in Deutschland im optimistischen Fall bei rund 55 Euro/MWh liegen könnten. Im Vergleich dazu würde Spanien den Wasserstoff voraussichtlich mit rund 40 Euro/MWh im Jahr 2045 und Australien mit 45 Euro/MWh produzieren können.

Abb. 5: Transportkosten sind entscheidend, wie teuer Wasserstoff in Deutschland ist



Quelle: Prognose Wasserstoffgesamtkosten 2045, dena, 2021

3. Politische Diskussion

3.1. Bundesregierung

Im Juni 2020 hat die Bundesregierung ihre Nationale Wasserstoffstrategie (NWS) verabschiedet. Darin wird Wasserstoff als „dringend benötigter Baustein für die sogenannte Sektorenkopplung und den Aufbau eines nachhaltigen, globalen Energiesystems auf Grundlage der erneuerbaren Energien“ beschrieben. Seitdem wird die Strategie von den zuständigen Ministerien fortlaufend aktualisiert. Im Mai 2022 wurde eine Fortschreibung der NWS veröffentlicht.

Ziel der NWS ist es, bis 2030 eine heimische Elektrolysekapazität von 10 GW aufzubauen. Dies entspreche einer grünen Wasserstoffproduktion von bis zu 14 TWh und einer benötigten erneuerbaren Strommenge von bis zu 20 TWh. Der Ausbau der Elektrolysekapazität soll möglichst systemdienlich erfolgen. Zudem sollen ein Wasserstoffbeschleunigungsgesetz und eine Importstrategie erarbeitet werden. Dabei werden auch die Förderung und der Import von blauem Wasserstoff berücksichtigt. Es wird betont, dass, solange grüner Wasserstoff nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht, Alternativen wie blauer Wasserstoff notwendig sind. Vorgesehen sind auch der zügige Aufbau einer nationalen Wasserstoffinfrastruktur und deren Anbindung an europäische Netze.

Ein zentraler Bestandteil bei der Umsetzung der NWS ist das IPCEI-Programm (Important Project of Common European Interest) und die Contracts for Difference, durch die unter anderem auch Wasserstoffprojekte finanziert werden. Für das IPCEI-Programm wurden insgesamt 62 Projekte ausgewählt und mehr als 11 Milliarden Euro bereitgestellt. Parallel dazu laufen die Wasserstoff-Leitprojekte „H2Giga“, „H2Mare“ und „TransHyDE“, die ein Gesamtbudget von bis zu 740 Millionen Euro umfassen.

Das "Gesamtförderkonzept Erneuerbare Kraftstoffe" ist ebenfalls Teil der NWS und fokussiert die Entwicklung von strombasierten Kraftstoffen und Biokraftstoffen. Darüber hinaus unterstützt das Förderprogramm "Dekarbonisierung der Industrie" Investitionen in Wasserstofftechnologien in der energieintensiven Industrie.

Auf internationaler Ebene wurde in Zusammenarbeit mit Australien die Machbarkeitsstudie „HySupply“ initiiert, um die Möglichkeit eines Wasserstoffimports aus Australien zu untersuchen. Zudem wurde im Rahmen der NWS eine 100-MW-Wasserstoff-Referenzanlage in Marokko errichtet und in Südafrika und Brasilien werden Projekte zum Aufbau grüner Wasserstoffwirtschaften durchgeführt. Weiterhin hat das BMBF das Doppelauktionsmodell mit Differenzkostenausgleich „H2Global“ geschaffen, um global den Markthochlauf für „grünen“ Wasserstoff zu fördern.

Ein weiteres zentrales Element der NWS ist die Integration von Wasserstoff in die Energieinfrastruktur Deutschlands. Hierfür wurden im Rahmen der Kraftwerkstrategie mehrere Konzepte vorgestellt.

Im Sommer 2023 wurde zunächst ein Konzept für sog. „Wasserstoff-Sprinter-Kraftwerke“ vorgestellt. Diese Kraftwerke sollen Standorte fördern, die bereits frühzeitig Zugang zu Wasserstoffinfrastrukturen haben, wie beispielsweise großen Wasserstoff- oder Ammoniakspeichern, regionalen Wasserstoffnetzen oder Importmöglichkeiten für Wasserstoff und Ammoniak. Das Hauptziel dieses Konzepts ist die Erzeugung von Strom aus erneuerbarem Wasserstoff. Für den Zeitraum von 2024 bis 2028 ist ein Gesamtausschreibungsvolumen von 4,4 GW geplant, wobei sowohl neue Projekte als auch die Umrüstung bestehender erdgasbasierter Kraftwerke berücksichtigt werden.

Ein weiteres Konzept sind die "Wasserstoff-Hybrid-Kraftwerke". Hierbei geht es darum, die gesamte Wasserstoffkette zu entwickeln und zu testen. Dies beinhaltet die variable Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, die Elektrolyse, die Speicherung und schließlich die Rückverstromung des produzierten Wasserstoffs. Das System kombiniert Wind- und Photovoltaik-Anlagen mit einer wasserstoffbasierten Stromspeicherlösung. Für dieses Konzept ist ebenfalls ein Ausschreibungsvolumen von 4,4 GW vorgesehen.

Schließlich gibt es noch die "H2-Ready-Kraftwerke" oder konvertierbare Kraftwerke. Diese Kraftwerke, ob neu oder bereits existierend, werden zunächst mit Erdgas betrieben. Doch bis spätestens 2035 müssen sie auf den Betrieb mit Wasserstoff umgestellt werden. Das Ziel ist es, bis zu 15 GW an Kraftwerkskapazität zu erreichen, wobei in den Jahren 2024 bis 2026 insgesamt 10 GW durch Ausschreibungen gefördert werden sollen.

3.2. Parteien auf Bundesebene

In allen Wahlprogrammen der im Bundestag vertretenen deutschen Parteien für die Bundestagswahl 2021 spielt Wasserstoff eine Rolle. Besonders konkret werden CDU/CSU, Grüne und FDP. Bis auf die AfD betonen alle Parteien die Bedeutung von Wasserstoff für das zukünftige Energiesystem und plädieren für den Ausbau von Infrastrukturen zur Wasserstoffgewinnung, -speicherung und dem Transport. Während die CDU/CSU und FDP auch den "blauen“ Wasserstoff als Übergangslösung akzeptieren, beschränken Grüne und Linke sich auf „grünen“ Wasserstoff. CDU/CSU

und FDP setzen auf internationale Kooperationen und eine europäische Perspektive, wobei sie eine „Europäische Wasserstoffunion“ oder ähnliche Strukturen befürworten. Die Grünen betonen die Notwendigkeit von fairen Kooperationen mit Exportländern und Menschenrechtsstandards. Die Linke lehnt Wasserstoffimporte ganz ab. Bei der SPD findet man weder Aussagen zur „Farbe“ noch zum Standort der Wasserstoffproduktion. Einig sind sich CDU/CSU, SPD, Grüne, FDP und Linke bei der Relevanz von Wasserstoff für die Industrie und den Verkehr, wobei Grüne und Linke im Verkehr nur von Bereichen sprechen, die „Sinn machen“.

Siehe Anhang 8.1.

3.3. Landesregierung

Nach Aussagen des hessischen Wirtschaftsministeriums aus dem Jahr 2023 ist eine Beimischung von Wasserstoff ins Gasnetz nicht vorgesehen. Im Herbst 2022 hat die damalige schwarz-grüne Landesregierung das Papier „Wasserstoffstrategie für Hessen“ vorgelegt. In diesem Ideenpapier wird aufgezeigt, welche Wasserstoffprojekte das Land in den vergangenen Jahren gefördert hat und welche ersten Maßnahmen in Zukunft initiiert werden sollen.

Das Papier betont die Bedeutung von Wasserstoff als potenzielle Lösung für die Energiespeicherung und -verteilung, insbesondere im Kontext des Umbaus des Energiesystems und des Übergangs zu erneuerbaren Energien. Das Hauptziel sei es, die Verwendung von Wasserstoff in Bereichen zu konzentrieren, die derzeit technisch nicht auf andere Weise klimaneutral umgestaltet werden können. Als Beispiele werden die Stahl-, Zement-, Papier- und Chemieindustrie, Teile des öffentlichen Verkehrs und Teile der Logistik sowie die Luftfahrt und der interkontinentale Schiffsverkehr genannt. Hessen habe besonderes Interesse am Thema Luftverkehr und hat daher das Kompetenzzentrum Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr (CENA) in Wiesbaden eingerichtet.

Gemäß dieses Papiers existieren in Hessen 127 Wasserstoffprojekte. Diese wurden laut Landesregierung in den Jahren 2018 bis 2021 mit über 10 Mio. Euro aus der Förderung nach dem Hessischen Energiegesetz, dem LOEWE-Programm zur Innovationsförderung und der Innovationsförderung Elektromobilität gefördert.

In den kommenden Jahren sei beabsichtigt, weitere Daten und Bedarfe zu erheben und die Politikmaßnahmen zu aktualisieren. Zudem wurde angekündigt, die „Landeskoordinierungsstelle Wasserstoff“ der Landesenergieagentur auszubauen und weiterhin Fördermittelberatung und Antragsunterstützung anzubieten.

3.4. Parteien auf Landesebene

Auch im Landtagswahlkampf 2023 war Wasserstoff für die Parteien ein Thema. So finden sich in allen Wahlprogrammen Aussagen dazu. Prominent ist Wasserstoff insbesondere in den Programmen von CDU und FDP vertreten. Beide bekennen sich zur Technologieoffenheit, wollen eine wirtschaftliche Nutzung ermöglichen und die notwendige Infrastruktur schaffen. Grüne und SPD erwähnen in ihren Programmen nur den Aufbau der Infrastruktur, wobei die Grünen den Einsatz von Wasserstoff klar auf nicht elektrifizierbare Sektoren beschränken. Anders als noch im Bundestagswahlprogramm zeigt sich die AfD in Hessen offener für Wasserstoff als

Energieträger, auch wenn sie einen „Wasserstoff-Hype“ ablehnt. Bei den Linken taucht Wasserstoff nur in der Forderung nach einem Transformationsbeirat auf, der sich auch mit Wasserstoff beschäftigen soll. Die einzige Partei, die Wasserstoff als Chance für die Wärmeerzeugung im Gebäudesektor beschreibt, ist die FDP.

Siehe Anhang 8.2.

Im Hessischen Landtag hatte die Fraktion der FDP zudem in der Legislaturperiode von 2018 bis 2023 zwei ähnlich lautende Gesetzentwürfe für ein Wasserstoffgesetz eingebracht. Ziel war es, den Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur und Pilot- und Demonstrationsanlagen zu fördern. Ebenso waren die Schaffung einer Wasserstoffagentur und quantitative Quoten für den Anteil von Wasserstoff am hessischen Energieverbrauch vorgesehen. Die Einrichtung einer Agentur und die Festlegung von Quoten hat die VhU in ihrer Stellungnahme kritisiert, wenngleich das Ansinnen des Gesetzentwurfs befürwortet wurde.

4. Ziele: Die hessische Wirtschaft braucht Wasserstoff…

4.1. …zur Erreichung von Treibhausgasneutralität

Das politische Ziel der Bundesregierung und der Landesregierung, bis 2045 in Deutschland bzw. Hessen CO2-Neutralität zu erreichen, kommt nahezu einem Verbot der Verbrennung von Erdgas, Erdöl und Kohle in 22 Jahren gleich. Ob dieses hohe Ambitionsniveau realistisch ist, ist sehr umstritten. Klar ist: Die hessische Wirtschaft braucht Wasserstoff als eine Möglichkeit, um den CO2-Ausstoß für Anlagen und Prozesse zu mindern – insbesondere dort, wo eine Elektrifizierung technisch nicht möglich ist.

4.2. …zur Ausweitung des Energieangebots und der Versorgungssicherheit

In einem Energiesystem ohne fossile Energieträger und ohne Kernkraft ist die Versorgung mit Strom fast ausschließlich vom Wetter abhängig, da Strom mit Hilfe von Wind und Sonne erzeugt werden muss. Das macht die jederzeitige Versorgungssicherheit zu einer immensen Herausforderung. Die hessische Wirtschaft braucht Wasserstoff als einen gut speicherbaren und transportierbaren Energieträger, um in Zeiten, in denen kein Wind weht und in denen die Sonne nicht scheint, Gaskraftwerke auf Wasserstoffbasis zu betreiben.

Wenn dagegen der Wind kräftig weht und die Sonne scheint, braucht die hessische Wirtschaft Wasserstoff, um den überschüssigen Strom zu speichern und später zu nutzen. Windkraftanlagen müssen dann nicht mehr vom Netz genommen werden, und das Energieangebot kann erhöht werden. Außerdem können so die Redispatch-Kosten gesenkt werden, also die Kosten, die durch das Abschalten von Anlagen entstehen, um Überlastungen im Stromnetz zu vermeiden.

4.3. …zur besseren Transportfähigkeit von Energie

Der Umbau des Energiesystems mit zunehmender Elektrifizierung und steigendem Strombedarf bringt auch die Stromnetze an ihre Grenzen. Die hessische Wirtschaft benötigt Wasserstoff, um über die vorhandenen Erdgasnetze, die leicht auf Wasserstoff umgerüstet werden können, die Kapazität der Netze für den Transport von Strom und Gas im Rahmen des Umbaus des Energiesystems zu erhöhen.

5. Maximen: Was leitet die Handlungsempfehlungen?

5.1. Freiheitliche Wettbewerbsordnung

Oberste Leitschnur ist die Idee der sozialen Marktwirtschaft. Unser Wohlstand kann nur gewahrt werden, wenn eine freiheitliche Wirtschaftsordnung mit staatlich gesetzten – z.B. sozialen und ökologischen – Rahmenbedingungen aufrechterhalten wird, welche auf die Eigenverantwortung des Einzelnen vertrauen, ein Höchstmaß an Wettbewerb auf Märkten gewährleisten und so Innovation, Wachstum und Beschäftigung befördern. Private sind die besseren Unternehmer, weil sie für ihr unternehmerisches Handeln haften. Der Staat muss sich im engen ökonomischen Kontext auf seine wichtigen Rollen als Regelsetzer und Schiedsrichter sowie als Gewährleister öffentlicher Güter beschränken. Er muss den Rahmen setzen, innerhalb dessen marktwirtschaftliche Mechanismen wirken. Er darf kein Mitspieler sein, der in Konkurrenz zu privaten Unternehmen tritt.

5.2. Technologieoffenheit

Die politischen Rahmensetzungen, die der Reduktion von Treibhausgasemissionen sowie von Schadstoffemissionen dienen, sollten so gestaltet sein, dass sie ein Höchstmaß an Technologieoffenheit wahren. Das Energiesystem sollte daher in einen Zustand gebracht werden, der die technologieoffene Nutzung alternativer Energieformen und Arten der Energieerzeugung ermöglicht. Einzelne Energieformen oder Energieträger sollten dementsprechend auch nicht einseitig gefördert oder diskriminiert werden.

Denn wenn Bürger und Betriebe die Freiheit haben, die zu ihnen passende Energieform zu wählen, dann können sie auf Basis von Preis, Qualität und individuellen Bedürfnissen Entscheidungen treffen. Dies schafft einen effizienten Markt, in dem sich die besten und wirtschaftlichsten Technologien und Energielösungen durchsetzen können. Der Wettbewerb zwischen den Energieformen und Energieträgern fördert Innovationen in der Energiewirtschaft.

6. Restriktionen: Welche Leitplanken sind zu beachten?

6.1. Personelle Restriktion

Wie in allen Politikfeldern können fachpolitische Ziele nur eingeschränkt erreicht werden, weil Anforderungen aus anderen Politikfeldern diesen entgegenstehen oder weil gesellschaftliche Umstände Restriktionen bewirken. Zusammen bilden sie Leitplanken, die bei der Ableitung von Handlungsempfehlungen aus den Zielen als Restriktionen zu beachten sind.

Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft erfordert Wissen und qualifizierte Arbeitskräfte – von der Forschung über die Produktion der Techniken und den Aufbau der Infrastruktur bis hin zur Installation und Wartung der Anlagen. Entsprechend qualifiziertes Personal ist in Deutschland in Industrie und Handwerk vorhanden, aber nicht in ausreichender Zahl – ebenso wenig wie im Ausland. Die Lage wird durch den allgemeinen Arbeitskräftemangel noch verstärkt. Zudem sind aufgrund steigender Löhne für Fachkräfte deutliche Kostensteigerungen zu erwarten. Folglich können z.B. bei gegebenem Budget weniger Kilometer Gasnetze geplant bzw. umgebaut werden.

6.2. Technische Umsetzbarkeit

Es ist wahrscheinlich, dass die bestehenden Gasnetze und viele bestehende Anlagen mit verhältnismäßig geringen Mitteln von Erdgas auf Wasserstoff umgestellt werden können. Diese Erfahrungen beschränken sich vorerst nur auf einzelne Modelle, Studien und Pilotprojekte. Bei einer flächendeckenden Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff können jedoch technische Restriktionen auftreten. So sind z.B. sicherheitstechnische Probleme oder die Kompatibilität von Industrieanlagen mit einem Erdgas-Wasserstoff-Mischverhältnis zu berücksichtigen.

6.3. Knappheit von Rohstoffen für Elektrolyseure und Brennstoffzellen

Elektrolyseure und Brennstoffzellen sind auf seltene Rohstoff, wie beispielsweise bestimmte Edelmetalle angewiesen. Dazu zählen beispielsweise Platin oder Iridium. Bei einem starken internationalen Zubau von Elektrolysekapaziäten könnte es zu einer Knappheit dieser seltenen Edelmetalle kommen.

6.4. Wirtschaftlichkeit

Der Preis von Wasserstoff wird auf absehbare Zeit aufgrund der höheren Herstellungskosten voraussichtlich über dem von Erdgas liegen. Es ist daher davon auszugehen, dass die gesamtwirtschaftlichen Kosten in einer auch auf Wasserstoff basierenden Volkswirtschaft zunächst deutlich höher sein werden als in einer Volkswirtschaft, die ihre Energie überwiegend aus fossilen Brenn- und Kraftstoffen sowie aus der Kernenergie bezogen hat.

Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie würde von den Wasserstoffpreisen abhängen. Die Folge zu hoher Wasserstoffpreise könnte die Verlagerung von Investitionen oder gar die Abwanderung von Unternehmen („carbon leakage“) in Länder sein, die nicht durch staatliche Regulierungen auf Wasserstoff angewiesen sind, wenn die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist. Eine Deindustrialisierung würde drohen, sollten die Energiepreise – wie bisher – zu hoch bleiben oder gar noch steigen.

Dies wiederum wird die politische Akzeptanz der Bevölkerung zum weiteren Umbau des Energiesystems schmälern.

6.5. Verfügbarkeit von Wasserstoff

Noch existiert global kein nennenswerter Wasserstoffmarkt, und die Herstellungskapazitäten müssen erst noch aufgebaut werden. Es ist daher fraglich, ob in naher und mittlerer Zukunft die Menge an Wasserstoff überhaupt ausreicht, um eine große Rolle beim Umbau des Energiesystems hin zur Treibhausgasneutralität bis zur Mitte des Jahrhunderts oder gar bereits bis in die dreißiger Jahre zu spielen.

Es ist außerdem fraglich und noch offen, ob und wann die Infrastruktur in der EU und in Deutschland die nötigen Mengen an Wasserstoff oder Ammoniak in Zukunft transportieren und speichern kann.

6.6. Finanzielle Restriktion des Staates

Dem Konsolidierungsbedarf im Landes- und Bundeshaushalt zur Wiederherstellung solider Finanzen steht ein immenser Investitionsbedarfs für den Wasserstoffhochlauf gegenüber. Landes- und Bundesregierungen müssen an einer stabilitätsorientierten Finanzpolitik und am Neuverschuldungsverbot festhalten. Das limitiert alle Politikfelder. Gäben sie mehr aus als sie einnähmen, müsste sie Schulden machen und deren Tilgung kommenden Generationen aufbürden. Zinszahlungs- und Tilgungspflichten würden den zukünftigen Handlungsspielraum noch stärker als bisher schon einengen. Das ist aus Gründen der Generationengerechtigkeit abzulehnen.

Auch die Vorteile für künftige Generationen, die ihnen aus heutigen Investitionen erwachsen, rechtfertigen keine Abkehr vom Neuverschuldungsverbot. Denn viel zu oft haben Politiker Schuldenbegrenzungsregeln missachtet, so dass zum Beispiel die Nettokreditaufnahme viel höher war als die Bruttoinvestitionen abzüglich der Abschreibungen. Auch das richtige Ziel des Klimaschutzes, das künftigen Generationen zugutekommt, rechtfertigt keine Neuverschuldung. Denn auch dann ist die Gefahr groß, dass nicht nur Investitionen kreditfinanziert würden, sondern auch und vor allem staatliche Konsumausgaben zur Bedienung von Gegenwartsinteressen.

7. Handlungsempfehlungen

7.1. Von „Farbenlehre“ abkehren

Die politische Klassifizierung nach Herstellungsverfahren in guten und schlechten Wasserstoff muss aufhören. Die „Farbenlehre“ widerspricht der Maxime der Technologieoffenheit und verteuert den Hochlauf von Wasserstoff unnötig. Damit z.B. Unternehmen überhaupt in Erwägung ziehen, ihre Produktion auf Wasserstoff umzustellen, muss dieser in ausreichender Menge und zu einem wirtschaftlichen Preis zur Verfügung stehen. Dies ist für einen Wasserstoff-Hochlauf elementar. Welche „Wasserstofffarbe“ letztlich zum Einsatz kommt, sollte durch die marktwirtschaftlichen Prozesse entschieden werden. Der europäische Zertifikatehandel mit sinkender CO2-Obergrenze bietet hierfür genau die richtigen marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Abzulehnen ist daher auch die Vorgabe der EU, die „grünen“ Wasserstoff noch strenger definiert. Laut EU darf künftig nur noch „grüner“ Wasserstoff verwendet werden, für den der benötigte Strom nicht „zeitversetzt“ aus dem Netz bezogen wird, sondern aus zusätzlich errichteten Erneuerbare-Energien-Anlagen stammt. Diese neu errichteten Erzeugungsanlagen müssen sich wiederum in räumlicher Nähe zur Elektrolyse befinden.

7.2. Wasserstoff-Hochlauf nicht staatlich erzwingen

Die EU hat beschlossen, dass bis 2030, bzw. 2035, der Anteil des erneuerbaren Wasserstoffs am insgesamt in der Industrie eingesetzten Wasserstoff auf 42 Prozent, bzw. 60 Prozent, steigen muss. Quantitative Quoten dieser Art können den Aufbau einer Wasserstoff-Wirtschaft unter Umständen teuer und ineffizient machen und können dem Prinzip der Technologieoffenheit widersprechen. Sowohl auf europäischer Ebene als auch auf Bundes- und Landesebene sind Quoten für Wasserstoff abzulehnen. Ebenso sollte sich auch die Verteilung des Wasserstoffs durch Angebot und Nachfrage ergeben und nicht durch eine staatliche Priorisierung von Sektoren und Wirtschaftszweigen.

7.3. Importstrategie ausarbeiten und umsetzen

Da heimische Produktionskapazitäten vermutlich keinesfalls ausreichen werden, um die prognostizierte Wasserstoffnachfrage zu decken, wird künftig der Import von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten notwendig sein. Deshalb sollte die von der Bundesregierung angekündigte Importstrategie schnellstmöglich erarbeitet werden.

Die Importstrategie hätte aufgrund ihrer hohen Bedeutung und ihrer Wechselwirkungen mit der Gestaltung der nationalen Wertschöpfungsketten bereits Bestandteil der Nationalen Wasserstoffstrategie sein müssen und nicht erst nachgelagert veröffentlicht werden dürfen. Bei der Ausgestaltung der Importstrategie sollten die technologieoffene Berücksichtigung aller Wasserstoffderivate, klare Mengenziele sowie ein geografisch und technologisch breit diversifizierter Import zentral sein. Darüber hinaus sollten mögliche Auswirkungen auf den Industriestandort Deutschland, insbesondere im Hinblick auf die Sicherung von Arbeitsplätzen und die

Gefahr der Verlagerung von Wertschöpfungsstufen aus Deutschland, nicht aus den Augen verloren werden.

7.4. CCU/CCS ausweiten

Um die Produktionskapazitäten von CO2-neutralen Wasserstoff zu erhöhen, sollten die Anwendung von CCU und CCS auch in Deutschland ermöglicht werden. Dafür sollte die Bundesregierung ihre angekündigte Carbon-Management-Strategie endlich veröffentlichen und CCU und CCS in großem Umfang zulassen.

Auf europäischer Ebene sollte mittelfristig eine grenzübergreifende Kohlenstoffinfrastruktur aufgebaut werden, um das abgeschiedene CO2 überall nutzbar zu machen. Zudem ist die bisherige Anwendung von CCU bzw. CCS für den europäischen CO2-Emissionshandel nicht relevant. Der europäische Emissionshandel sollte dahingehend angepasst werden, dass auch negative Emissionen aus der Abscheidung, Speicherung und Nutzung berücksichtigt werden.

7.5. Ersatzkapazitäten aufbauen

Obwohl die Ziele der nationalen Wasserstoffstrategie, bzw. der Kraftwerksstrategie hinsichtlich eines Zubaus von insgesamt rund 25 GW Kraftwerksleistung bis zum Jahr 2030 schon ambitioniert sind, würde ihre Erreichung vermutlich nicht ausreichen, um Energieversorgungssicherheit zu gewährleisten. Studien von Agora, dena oder BDI gehen von einem Bedarf zwischen 16 bis 40 GW an zusätzlicher installierter gesicherter Nettoleistung bis zum Jahr 2030 in Deutschland aus. Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, sollte die Bundesregierung schnellstmöglich für den angekündigten Aufbau von Energieersatzkapazitäten durch wasserstofftaugliche Gaskraftwerke, Speicher und Elektrolyseure sorgen.

Die Bundesregierung sollte hier der Empfehlung der Monopolkommission folgen und das bestehende System der strategischen Kraftwerksreserve durch einen wettbewerblich gesteuerten Kapazitätsmarkt für gesicherte Leistung zur Stromerzeugung ersetzen. Die staatlichen Rahmenbedingungen müssen so gestaltet werden, dass die Verstromung von Wasserstoff den Strompreis am Markt nicht übermäßig nach oben treibt.

Da in der Stromversorgung Deutschland und Hessen auch in Zukunft auf gesicherte, regelbare Erzeugungsleistung angewiesen sind, sollten die Rahmenbedingungen so gestaltet werden, dass in allen Regionen in Deutschland – auch in Hessen – neue regelbare Erzeugungskapazitäten wirtschaftlich und zügig errichtet werden können.

7.6. Flächendeckenden Zugang zu Wasserstoff schnell ermöglichen

Der rasche und kosteneffiziente Aufbau eines Wasserstoffnetzes ist Voraussetzung für den Beginn bzw. die Ausweitung der Wasserstoffnutzung in Deutschland. Übergeordnetes Ziel sollte eine flächendeckende Vernetzung von Verbrauchszentren mit Standorten des Wasserstoffimports und der Produktion von Wasserstoff sein. Um möglichst keine Region oder Branche zu benachteiligen, muss es neben dem Neubau von Wasserstoffpipelines vorrangig um den Umbau bestehender Erdgasleitungen gehen.

7.7. Marktkompatible Wasserstoff- und Gasnetzfinanzierung schaffen

Der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur kann nicht allein über die IPCEI-Förderung und staatliche Subventionen finanziert werden. Keinesfalls sollte jedoch die Finanzierung des Wasserstoffhochlaufs über eine allgemeine Umlage aller Marktteilnehmer, ähnlich der damaligen EEG-Umlage, erfolgen. Vielmehr sollte ein marktverträgliches Finanzierungsmodell geschaffen werden, das prohibitiv hohe Netzentgelte für die Nutzer des Wasserstoffnetzes vermeidet. Hier sollte über eine gemeinsame Finanzierung von Erdgas- und Wasserstoffnetzen nachgedacht werden, um langfristige Investitionssicherheit für die Netzbetreiber zu schaffen. Damit könnte ebenso die Finanzierung des Erdgasnetzes bei abnehmender Nutzung sichergestellt werden.

7.8. Wasserstoffnetz mit Gas- und Stromnetzplanung verzahnen

Zur Sektorenkopplung sollten die Gas- und Stromnetzplanung sowie die Wasserstoff-Infrastrukturplanung integriert werden. Geplante Wasserstoffprojekte auf Erzeugungs- und Verbrauchsseite sollten auf allen Netzebenen – auch im Verteilnetz – in der Szenarienentwicklung berücksichtigt werden. Im Zuge der integrierten Netzentwicklungsplanung der Strom-, Erdgas und Wasserstoff-Infrastruktur sollte eine Gesamtkostenoptimierung angestrebt werden, beispielsweise durch teilweise Verlagerung von Kapazitäten für den Transport der Leistung aus Produktionsspitzen von Strom in die Wasserstoffinfrastruktur. Es braucht frühzeitige Informationen der Netzbetreiber über zusätzliche Lasten, damit diese in die Planungen einbezogen werden können.

7.9. Wasserstoff auch bilanziell zugänglich machen

In der Markthochlaufphase und auch im Falle des zügigen Aus- und Aufbaus einer Wasserstoffinfrastruktur werden nicht alle Wasserstoffsenken über einen physischen Zugang zu treibhausgasarm erzeugtem Wasserstoff verfügen. Daher sollten die Marktmechanismen von physikalischen Energieflüssen entkoppelt werden. Während im Strombereich Herkunftsnachweise für Grünstrom bereits gehandelt werden können, um die Bezugsmöglichkeiten von regenerativ erzeugtem Strom von der physikalischen Lieferung zu entkoppeln, bedarf es noch einer analogen Entwicklung für Gase.

7.10. Wasserstoff auch dem Verteilnetz beimischen

Im Hinblick auf mögliche Beimischungen in Erdgasnetze muss zwischen Fernleitungsnetzen und Verteilnetzen unterschieden werden. Während in Verteilnetzen in Abhängigkeit der angeschlossenen Verbraucher eine Zumischung von Wasserstoff grundsätzlich möglich erscheint, sollten Fernleitungsinfrastrukturen für methanhaltige Gase (Erdgas, Biomethan, synthetisches Methan) sowie für Wasserstoff getrennt betrieben werden. Eine Beimischung kann grundsätzlich im Verteilnetz erfolgen, unter der Voraussetzung, dass bestehende Nutzer des jeweiligen Erdgasnetzes hierdurch nicht beeinträchtigt werden.

7.11. Planungs- und Genehmigungsverfahren beschleunigen

Die Genehmigungsverfahren zur Planung und Realisierung einer Wasserstoffinfrastruktur sollten deutlich verkürzt werden. Die zeitliche Beschleunigung

sollte in Anlehnung an den beschleunigten Genehmigungsprozess für LNG-Terminals nach dem LNG-Beschleunigungsgesetz (LNGG) erfolgen. Darüber hinaus sollten die Anforderungen der Rohrfernleitungsverordnung an Ausbaumaßnahmen weiter reduziert werden und keine weiteren Genehmigungsverfahren für Wasserstoffleitungen in bestehenden Schutzstreifen für Erdgasleitungen erforderlich sein. Die Anforderungen an beschleunigte Genehmigungsverfahren von der hessischen Politik sollten möglichst auch landesübergreifend für das gemeinsame Ziel einer zusammenhängenden regionalen Wasserstoffinfrastruktur inhaltlich und zeitlich koordiniert werden.

7.12. Landesregierung sollte Wasserstoffhochlauf stärker unterstützen

Der Landespolitik kommt beim Hochlauf von Wasserstoff in erster Linie eine unterstützende und koordinierende Rolle zu. Die Landesregierung sollte ihr Ideenpapier „Wasserstoffstrategie“ zu einer echten Strategie weiterentwickeln. Die technologieoffene Nutzung von Wasserstoff sollte durch die Erhebung von Bedarfszahlen und die Förderung von Forschungs- und Pilotanlagen durch die Landespolitik unterstützt werden. Gemeinsam mit den Verteilnetzbetreibern sollte der Investitionsbedarf in die Verteilnetze schnellstmöglich ermittelt und für eine zügige Durchführung der Planungsverfahren gesorgt werden, damit die Verteilnetze schnellstmöglich an die Fernleitungsnetze angeschlossen werden können und Wasserstoff in der Fläche verfügbar wird. Die Landesregierung sollte sich auf Bundesebene dafür einsetzen, dass die alternative Querverbindung der von Nord- und Ostsee kommenden Wasserstoffpipelines durch Mittel- und Nordhessen realisiert wird.

8. Anhang

8.1. Bundestagswahlprogramme 2021

8.1.1. Bundestagswahlprogramm CDU/CSU

„Eine wichtige Rolle spielt dabei CO2-neutraler Wasserstoff – als vielseitiger Energieträger, flexibler Energiespeicher und wichtiger Grundstoff für chemische Prozesse. Wasserstoff ermöglicht eine Dekarbonisierung auch da, wo Erneuerbare Energie nicht direkt eingesetzt werden kann. Bedeutende industrielle Prozesse, etwa in der Stahl- und Zementindustrie, lassen sich nur mit Wasserstoff klimaneutral gestalten. Und auch im Bereich der Mobilität, kurz- und mittelfristig für den Lkw- und Schiffsverkehr, können wir durch den Einsatz von Wasserstoff erheblich zur Reduzierung von CO2 beitragen. Deshalb gilt es nun, die umfassende Wertschöpfungskette zur Wasserstofferzeugung inklusive der erforderlichen Netzinfrastruktur aufzubauen. • Wir werden die nationale Wasserstoff-Agentur stärken, um die Wasserstoffstrategie umzusetzen und internationale Kooperationen zum Import von Wasserstoff, den Infrastrukturausbau sowie die Umnutzung bestehender Systeme voranzutreiben. • Wir wollen Innovationszyklen beschleunigen, Power-to-X-Technologien zielgerichtet fördern und einen Marktrahmen für klimaneutrale Gase mit der hierfür nötigen Infrastruktur auf Basis der vorhandenen Gasleitungen und -speicher sowie CO2-Transparenz in Europa schaffen. • Wir werden Deutschlands Position mit Forschung zur Serienfertigung von Elektrolyseuren, Brennstoffzellen und durch die Einrichtung von Wasserstoff-Technologie- und Innovationszentren ausbauen. • Mit dem Aufbau eines Europäischen Wasserstoffnetzwerks wollen wir sicherstellen, dass die zukünftige Nachfrage auf dem europäischen und globalen Wasserstoffmarkt bedient werden kann. Dazu wollen wir das Förderkonzept „H2 Global“ weiterentwickeln. • Wir werden Wasserstoff aus Erneuerbaren Energien gewinnen. Neben diesem sogenannten grünen Wasserstoff werden wir in der Übergangszeit auch den blauen Wasserstoff akzeptieren. Mit dem Aufbau eines starken europäischen Heimatmarktes für nachhaltige Wasserstofftechnologien fördern wir Deutschland nicht nur als Industriestandort. Wir tragen auch dazu bei, für Wasserstofftechnologien international große Anwendungsmöglichkeiten zu schaffen, sodass ein globaler Wasserstoffmarkt entstehen kann. • Wir werden die Gasnetze in Deutschland schneller ausbauen und für die Einspeisung von Wasserstoff ertüchtigen."	**S.44-45**

8.1.2. Bundestagswahlprogramm SPD

„Ein kurzer Blick in die Zukunft: Spätestens 2045 werden wir klimaneutral wirtschaften. Windkraft und Sonne sind unsere Energiequellen, unterstützt durch eine saubere Wasserstoffwirtschaft.“	**S. 4**
„Beim Ausbau der erneuerbaren Energien und der Digitalisierung der Stromnetze, bei der Steigerung der Energieeffizienz, beim Aufbau von Speichertechnologien und einer Wasserstoffproduktion sowie eines Transportnetzes, bei Investitionen in klimafreundliche Produktionsprozesse in der Industrie, bei der Modernisierung von Wohngebäuden, Fabriken und Schulen. Erneuerbarer Strom wird in allen Sektoren eingesetzt. Dort, wo eine direkte Elektrifizierung nicht sinnvoll ist, werden wir große Mengen Wasserstoff aus erneuerbaren Energien benötigen. Wasserstoff stößt bei der Verbrennung keinerlei Treibhausgase aus und ist gut speicherbar. Er ist reichlich vorhanden und lässt sich durch die Aufspaltung von Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff erzeugen. Ohne sauberen Wasserstoff in großindustriell hergestelltem Maßstab ist Klimaneutralität nicht zu erreichen. Wir brauchen mehr Tempo beim Ausbau der Stromnetze, Bahnstrecken, Wasserstoffleitungen und Ladesäulen für Elektroautos. Der Ausbau dieser Infrastrukturen muss dem Bedarf vorausgehen.“	**S.9**
„Wir werden Deutschland bis 2030 zum Leitmarkt für Wasserstofftechnologien machen – für die klimaneutrale Erzeugung von Stahl, für CO2-arme PKWs, LKWs und den Schiffs- und Flugverkehr.“	**S. 10**
„Bis 2030 wollen wir mindestens 75 Prozent des Schienennetzes elektrifizieren, die Schiene weiter digitalisieren und für nicht elektrifizierte Strecken verbindliche Nutzungen wie den Einsatz von wasserstoffbetriebenen Zügen unterstützen.“	**S.11**
„Wir werden Deutschland zu einem Zentrum der Batteriezellenfertigung und des Recyclings gebrauchter Batterien machen. Im Schwerlastverkehr wird auch die Wasserstoff-Brennstoffzelle eine wichtige Rolle spielen.“	**S. 12**
„Um auch in Zukunft innovativ zu bleiben, werden wir die Stärken des deutschen Wissenschaftssystems in seiner ganzen Breite und Vielfalt und seiner internationalen Ausrichtung erhalten und weiterentwickeln. Dazu fördern wir Zukunftstechnologien wie zum Beispiel Quantentechnik, Künstliche Intelligenz, Alternativverfahren und Wasserstoff an vielen Orten im Land.“	**S. 21**

8.1.3. Bundestagswahlprogramm Bündnis 90/Die Grüne

„Die Planung unserer Infrastruktur für Strom, Wärme und Wasserstoff braucht ein Update und muss Klimaneutralität in den Mittelpunkt stellen. Neue Gaskraftwerke oder Infrastrukturen, die wir für den Kohleausstieg brauchen, darf es deshalb überhaupt nur geben, wenn sie aktuell	**S. 24**

zwingend notwendig sind und bereits Wasserstoff-ready geplant und gebaut werden.“	
„Wasserstoff aus erneuerbaren Energien, sogenannter grüner Wasserstoff, ist zentral für die Versorgungssicherheit in einer klimaneutralen Welt. Denn Wasserstoff ist gut speicherbar und, wenn er mit Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt wird, auch klimafreundlich. Deutschland ist bei den Technologien zur Erzeugung von Wasserstoff weit vorne. Diese Führungsrolle wollen wir weiter ausbauen und entsprechende Infrastruktur dafür schaffen. Mit Marktanreizen und einem umfassenden Förderprogramm werden wir die Kapazitäten zur Wasserstoffherstellung in Deutschland schaffen. Auch wenn grüner Wasserstoff prioritär bei uns produziert werden sollte, werden wir zur Bedarfsdeckung Wasserstoff importieren müssen. Die Infrastruktur für Wasserstoffimporte müssen wir jetzt etablieren. Für die Importe werden wir faire Kooperationen mit wind- und sonnenreichen Ländern anstoßen und ausbauen und die Exportländer bei der Energiewende unterstützen. Für den Erfolg dieser Kooperationen ist es unabdingbar, die lokale Bevölkerung einzubeziehen, Menschenrechte zu schützen, sich an den nachhaltigen Entwicklungszielen zu orientieren und dafür auch verbindliche Standards einzuführen. Damit Wasserstoff zur Klimaneutralität beiträgt, muss er aus erneuerbaren Energien hergestellt werden. Das gilt auch für Wasserstoffimporte. Unser Ziel ist, dass erneuerbare Energien effizient und wirtschaftlich genutzt und Elektrolyseure systemdienlich eingesetzt werden. Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe dürfen nicht Teil einer Verzögerungstaktik sein, sondern sollen aktiv zu Klimaneutralität beitragen. Die direkte Nutzung von Strom über Batterien oder Wärmepumpen ist in der Regel viel effizienter. Es gilt daher, Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe gerade dort zum Einsatz zu bringen, wo sie wirklich gebraucht werden: etwa in der Industrie, in der Schifffahrt oder beim Flugverkehr.“	**S.24-25**
„Mit dem Abbau von Hürden bei der grünen Eigenstromversorgung und einem zunehmenden Einsatz von grünem Wasserstoff treiben wir die Dekarbonisierung der Prozesse voran. Klimaverträge (Carbon Contracts for Difference), die die Differenz zwischen dem aktuellen CO2-Preis und den tatsächlichen CO2-Vermeidungskosten finanzieren, sorgen für Investitionssicherheit.“	**S.63**

8.1.4. Bundestagswahlprogramm FDP

„Wir Freie Demokraten wollen Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe neben Strom als zweite Säule des künftigen Energiesystems aufbauen und den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft schnellstmöglich vorantreiben. CO2-neutraler Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe können fossile Brennstoffe in der Industrie ersetzen, Autos, Schiffe sowie Flugzeuge antreiben oder Gebäude heizen. Der volatile Strom aus Sonne und Wind wird durch die Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse speicherbar und über weite Strecken transportierbar. Für den Hochlauf setzen wir neben grünem Wasserstoff aus erneuerbaren Energien auch	**S.59-60**

auf CO2-neutralen „blauen“ und „türkisen“ Wasserstoff aus Erdgas, bei dessen Herstellung der enthaltene Kohlenstoff gespeichert werden kann. Voraussetzung dafür ist, dass das Entweichen von Methan („Methan Leakage“) bei der Förderung und beim Transport des Erdgases für die Umwandlung ausgeschlossen werden kann oder dort, wo dies nicht zu 100 Prozent möglich ist, entsprechend kompensiert wird. Nur so erreichen wir kurzfristig große Mengen zu bezahlbaren Preisen. Um die Produktion von Energieträgern zu vertretbaren Kosten sicherzustellen, muss weltweit in Anlagen investiert werden. Photovoltaik- oder Windkraftanlagen an geeigneten Standorten in Verbindung mit angeschlossener Infrastruktur zur Herstellung von gut speicher- und transportierbaren Energieträgern können dazu einen großen Beitrag liefern. Wir Freie Demokraten wollen die Gründung einer Europäischen Wasserstoffunion voranbringen. Denn Deutschland importiert heute rund 70 Prozent seines Energiebedarfs und wird trotz aller Anstrengungen auf dem Heimatmarkt auch künftig auf die Einfuhr von Energieträgern angewiesen sein. Daher müssen wir jetzt eine europäische Strategie für den Import klima-neutraler Gase und Kraftstoffe schaffen. Neben dem frühzeitigen Aufbau von internationalen Partnerschaften muss es auch Teil dieser Strategie sein, die notwendige Importinfrastruktur zu realisieren. Eine Europäische Wasserstoffunion verbindet Klimaschutz mit einer zukunftsfähigen Industrie und einer sicheren Energieversorgung. Wasserstoffprojekte, zum Beispiel aus Solarenergie an günstigen Produktionsstandorten in Südeuropa, können helfen, wirtschaftliche Ungleichgewichte innerhalb der EU zu mindern.“	

8.1.5. Bundestagswahlprogramm AfD

„Die Bevorzugung und Förderung einer Wasserstoffwirtschaft lehnen wir ebenso ab wie die einseitige Förderung der Elektromobilität. Technikoffenheit gilt auch für die Nutzung von Wasserstoff und Elektromobilität. Beide erfordern ein ökologisch, energetisch und ökonomisch unsinniges paralleles Infrastruktursystem. Aufgrund hoher und günstiger Verfügbarkeit aus Erdgas besteht kein Bedarf an durch volatile „erneuerbare“ Energieträger erzeugtem Wasserstoff, eine großtechnische Herstellung daraus ist bisher gar nicht möglich.“	**S. 178**

8.1.6. Bundestagswahlprogramm Die Linke

„Ein Investitionsprogramm für einen zukunftssicheren Umbau hin zu einer klimaneutralen Stahl- und Grundstoffindustrie, unter anderem mit Einsatz von grünem Wasserstoff. Staatliche Hilfsgelder darf es nur mit demokratischer Kontrolle und im Gegenzug zu öffentlichen Eigentumsanteilen an den Stahlkonzernen und einer stärkeren Mitbestimmung der Belegschaften geben.“	**S. 61**

„Wir wollen die öffentlichen Investitionen in die Schieneninfrastruktur um das Fünffache erhöhen. Alle bisher nur von Dieselfahrzeugen befahrbaren Bahnstrecken müssen zügig elektrifiziert oder auf alternative und nachhaltige Antriebstechnologien umgestellt werden (zum Beispiel Wasserstoff oder batterieelektrische Antriebe)“	**S. 63-64**
„Mithilfe von Wasserstoff können Kohle und Erdgas auch dort ersetzt werden, wo der direkte Einsatz von Ökostrom nicht möglich ist. Strategien, künftig auch Autos und Gebäudeheizungen mit Wasserstoff zu betreiben, sind weder sozial noch ökologisch: Seine Herstellung verbraucht zu viel Energie. DIE LINKE fordert, Wasserstoff und dessen Folgeprodukte künftig nur auf Basis von Ökostrom zu gewinnen und ausschließlich dort einzusetzen, wo keine effizienteren Alternativen dazu vorhanden sind, so etwa bei der Dekarbonisierung der Stahlindustrie, von Teilen der Chemiewirtschaft, im Flug- und im Seeverkehr sowie zur Rückverstromung während Dunkelflauten. Wo die Elektrolyseanlagen öffentlich gefördert sind, müssen sie mindestens anteilig öffentlich betrieben werden. Den Import und die Förderung von Wasserstoff aus Atomkraft oder fossilen Quellen lehnen wir ab.“	**S. 71-72**
„Solange die Länder im Globalen Süden ihren Eigenbedarf nicht aus Ökostrom decken können, lehnen wir deshalb Wasserstoffimporte aus diesen Ländern ab.“	**S. 143**

8.2. Landtagswahlprogramme 2023

8.2.1. Landtagswahlprogramm CDU

„Wir stehen für Technologieoffenheit und wollen sowohl die Elektrifizierung von Strecken als auch den Einsatz von Wasserstoffzügen weiter vorantreiben.“	**S. 41**
„Wasserstoff ist Energieträger der Zukunft und ein wesentlicher Baustein für das Gelingen einer regenerativen Energieversorgung. Wir werden daher die Hessische Wasserstoffstrategie fortschreiben und ambitioniert weiterentwickeln. Wir werden die Wasserstoffnutzung offensiv fördern und Hessen zum Leitmarkt für seine Anwendung machen. Mittelfristig werden wir dabei ausdrücklich auch in Produktionsprozessen anfallenden („grauen und blauen“) Wasserstoff nutzen. Produktion und Nutzbarkeit denken wir zusammen. Hochflexible Wasserstoffkraftwerke können mittelfristig einen wichtigen Beitrag zum Ausgleich von Schwankungen und für eine gesicherte Lastversorgung leisten. Die Nutzung von Wasserstoff als Ersatz für fossile Brennstoffe in industriellen Prozessen erfährt unsere besondere Unterstützung. Das Instrument der Carbon Contracts for Difference werden wir in diesen Transformationsprozessen verstärkt nutzen. Damit machen wir Hessens Industrie zum Vorreiter für saubere Produktion. Wir unterstützen den Aufbau eines Wasserstoffanwendungszentrums und bilden länderübergreifende Wasserstoffallianzen. Durch diese Wasserstoffallianzen sollen der Marktanschub gefördert, Ladeinfrastrukturen ausgebaut und in dezentrale Wasserstoff-Tankstellen investiert werden. Einen besonderen Fokus legen wir auf Mikro-KWK-Anlagen mit Brennstoffzelle, für die wir in einem ersten Schritt im verdichteten Ballungsraum die nötige Infrastruktur schaffen wollen. Wir setzen uns dafür ein, die Voraussetzungen für die Nutzung der vorhandenen Gasleitungen für den Transport und die Anwendung von Wasserstoff zu optimieren. Wir messen gerade grünem Wasserstoff als Energieträger der Zukunft, beispielsweise als Antriebstechnologie große Bedeutung zu. Wir werden diese Antriebstechnik als wesentlichen Baustein für eine saubere Mobilität nicht aus dem Blick verlieren. Pilotprojekte zur Erzeugung von grünem Wasserstoff aus Erneuerbaren Energien werden wir besonders unterstützen, um hierdurch auch Speicherung und Verteilung des regenerativ gewonnenen Stroms zu optimieren.“	**S.108-109**

8.2.2. Landtagswahlprogramm SPD

„Wichtig sind verschiedene Ansätze zur Nutzung von Erneuerbaren Energien für Gebäudewärme aber auch im Bestand: hier steckt großes Potenzial in der Nutzung von Wärmepumpen, aber auch von Fernwärme und dem möglichen Einsatz von Wasserstoff als Energieträger für Prozesswärme. Das dafür notwendige Gasverteilnetz liegt mit dem bereits bestehenden Erdgasnetz großflächig im Boden und kann für den Transport von Wasserstoff umgenutzt werden.“	**S. 62**

„Um die konkreten Bedarfe im Bereich der erneuerbaren Energien und von Wasserstoff aus Erneuerbaren Energien zu ermitteln, werden wir Studien auf der regionalen Ebene in Auftrag geben, die diese Bedarfe ermitteln. Auf dieser Basis lässt sich eine zielgenaue Infrastruktur aufbauen. Die Aus-, Weiterbildungs- und Qualifizierungsbedarfe werden sich durch den Ausbau Erneuerbarer Energien erheblich verändern. Daher müssen diese angepasst werden.“	**S. 62**
„Wir setzen uns dafür ein, dass auch in den Branchen der Erneuerbaren Energien, der Elektromobilität, Wasserstoffwirtschaft und der Energieeffizienz Tarifbindung und Mitbestimmung gewährleistet sowie Aus-, Weiterbildung und Qualifizierung gesichert und gefördert werden.“	**S. 63**

8.2.3. Landtagswahlprogramm Bündnis 90/Die Grünen

„Wir elektrifizieren den motorisierten Verkehr – ob mit Ladesäulen für den privaten Pkw oder Oberleitungen für Lkws oder der Förderung von elektrischen Busflotten, der Elektrifizierung von Schienenstrecken oder dem Einsatz von Wasserstoffzügen auf der Schiene.“	**S. 8**
„Wir brauchen: Netze, Speicher, Wasserstoff und Innovationen. Speichertechnologien und Anreize für mehr Nachfrageflexibilität bei der Industrie gehören ebenso zur Energiewende wie der Einsatz von Wasserstoff. Intelligente Netze, Investitionen in die konstante Weiterentwicklung von Speichertechnologien und das Setzen von Anreizen, um die Nachfrageflexibilität insbesondere bei der Industrie auszunutzen, sind das Rückgrat der Energiewende. Wir stärken hier die Bundesanstrengungen und wollen mit einem Energiespeicherförderprogramm den Ausbau netzdienlicher Speicherinfrastruktur vorantreiben. Wir unterstützen den Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur. Die Stromverteilnetze wollen wir zeitnah und großflächig für die Anforderungen der Energiewende ertüchtigen und Hürden abbauen. Dazu soll die Verteilnetzstudie aktualisiert werden. Digitale Technik ermöglicht dabei eine intelligente Verteilung und Nutzung von Strom auch in den Bereichen Wärme und Mobilität. Beim Übertragungsnetzausbau nehmen wir weiter die Rolle derer ein, die am Gelingen statt am Blockieren arbeiten und dazu verträgliche Lösungen für Ortschaften und Natur schaffen. Projekte für Grünen Wasserstoff bringen wir voran und setzen ihn dort ein, wo eine Elektrifizierung bei Verkehr und Industrie nur schwer möglich ist, da Effizienz bei seiner Nutzung entscheidend ist.“	**S. 13-14**
„Mit der Fortschreibung der Wasserstoffstrategie des Landes unterstützen wir dabei, auch energieintensive Prozesse mit Grünem Wasserstoff klimaneutral zu gestalten.“	**S. 21**

8.2.4. Landtagswahlprogramm FDP 2023

„Von zentraler Bedeutung ist dabei der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur. Mit Wasserstoff sind sowohl eine verlässliche Energieversorgung als auch die Erreichung unserer Klimaziele möglich. Wasserstoff kann in allen Sektoren – Industrie, Verkehr, Strom- und Wärmeversorgung – zum Einsatz kommen. Ohne eine leistungsfähige Anbindung an die im Aufbau befindlichen europäischen und nationalen Wasserstofffernleitungen würden die hessische Wirtschaft und der Klimaschutz in Hessen zurückfallen. Daher werden wir ein Wasserstoff-Zukunftsgesetz für Hessen vorlegen, das die technologieoffene Nutzung von Wasserstoff und den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur fördern wird. Alles, was hilft, den Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft in Hessen voranzutreiben, wollen wir unterstützen. Die hessische Wirtschaft steht dafür in den Startlöchern.“	**S. 24**
„Auch die Förderung der Energieforschung wollen wir in Hessen ausbauen. Der Bund wird im Rahmen der sogenannten „IPCEI“-Projekte („Important Project of Common European Interest“) über fünf Milliarden Euro an Fördermitteln bereitstellen, um gezielt Forschung und Innovation und die gewerbliche Nutzung in der Wertschöpfungskette von Wasserstofftechnologien und E-Fuels zu fördern. Dazu kommen noch etwa neun Milliarden Euro an privaten Investitionen. Diese Maßnahmen gehen bisher leider an Hessen vorbei. Das wollen wir ändern. Hessen muss auch in der Wasserstoffförderung vorne mitspielen.“	**S. 24**
„Besonders große Lücken gibt es immer noch bei der Verfügbarkeit von Wasserstofftankstellen. Wir wollen diese daher ausbauen, vorrangig an Verkehrsknotenpunkten. Digitale Vernetzung von wasserstoffangetriebenen Fahrzeugen mit der Wasserstoffinfrastruktur kann die Akzeptanz der neuen Technik fördern und gleichzeitig in den ersten Jahren die Betriebskosten senken. Wir werden entsprechende Konzepte aktiv unterstützen. Großes Potenzial sehen wir in der Nutzung synthetischer Kraftstoffe. In den bereits zu wettbewerbsfähigen Preisen verfügbaren BtL-Kraftstoffen nach EN15940 sehen wir eine effektive Sofortmaßnahme zur starken Reduktion von CO2 -Emissionen im Verkehrsbereich. Durch diese ließe sich auch die vorhandene Tankstelleninfrastruktur weitestgehend unverändert weiter nutzen. Sie ermöglichen auch, die Bestandsflotte von über 50 Millionen Pkw und Lkw in Deutschland klimafreundlicher weiter zu betreiben. Daher wollen wir die Verfügbarkeit und den Zugang erleichtern. Noch offene rechtliche Fragen und Fragen der Zulassung gilt es zügig zu klären. Noch nicht marktreife synthetische Kraftstoffe, wie PtL-Kraftstoffe (Power-to-Liquid) oder StL-Kraftstoffe (Sun-to-Liquid) versprechen dagegen nicht nur eine Reduktion der CO2 -Emissionen, sondern eine weitestgehende CO2 -Neutralität. Wir sehen in ihnen enorme Chancen, gerade auch für den Luftverkehrsstandort Hessen. Denn synthetisches 25 Wahlprogramm der Freie Demokraten Hessen zur Landtagswahl 2023 Kerosin ermöglicht den CO2 -neutralen Weiterbetrieb konventioneller Technologien und bisher hat sich in der Luftfahrt kein zufriedenstellender alternativer Antrieb herausgestellt. Aber auch für den Straßenverkehr können synthetische	**S. 25-26**

Kraftstoffe Chancen bieten: Durch sie wird der Verbrennungsmotor klimaneutral. Diese Technologien stecken aber noch in den Kinderschuhen. Wir wollen daher die Erforschung und den Aufbau der notwendigen Infrastruktur bis zur wettbewerbsfähigen Produktion unterstützen. Modellprojekte wollen wir fördern und die Rahmenbedingungen für den Einsatz schaffen. Dabei wollen wir insbesondere den Mittelstand in den Blick nehmen.“	
„Der Luftverkehr wird auf absehbare Zeit hin noch mit kohlenstoffbasierten Treibstoffen betrieben werden müssen. Deshalb müssen diese Treibstoffe auf Grundlage des Power-to-Liquid-Verfahrens (PtL) CO2 -neutral hergestellt werden. Die dafür erforderliche Technik durch die Umwandlung von CO2 und Wasserstoff zu Treibstoff ist bereits vorhanden. Sie muss so weiterentwickelt werden, dass eine industrielle Produktion zu wettbewerbsfähigen Preisen möglich wird. Wir wollen Hessen zum führenden Standort für die Forschung, Entwicklung und Erprobung dieser Technologie machen und die bestehenden Initiativen intensiv ausbauen. Wir unterstützen den Betreiber und die Nutzer des Frankfurter Flughafens in ihren Aktivitäten, den Flughafen frühestmöglich zu einem CO2 -neutralen Flughafen umzugestalten, und werden die dafür erforderlichen Genehmigungsverfahren und Förderprogramme zügig vorantreiben. Hierzu werden wir eng mit dem Bund zusammenarbeiten.“	**S. 90**
„Bei der CO2 -Reduktion im Gebäudebestand sehen die Freien Demokraten große Chancen über die Integration regenerativer Wärmeerzeuger in bestehende Heizungs-Systeme (z. B. bestehende Öl-/Gas-Heizung in Kombination mit neuer Wärmepumpe) und wollen dies vorantreiben. Daran anschließend, sehen wir Freie Demokraten in dem künftigen Einsatz fortschrittlicher Biobrennstoffe oder synthetischer Fuels auf Basis von Power-to-X, auch für Gebäude mit Öl- oder Gas-Heiztechnik, eine klimaneutrale Perspektive und wollen die vorhandene Infrastruktur deshalb erhalten.“	**S. 90**

8.2.5. Landtagswahlprogramm AfD 2023

„Aus heutiger Sicht bietet Wasserstoff als Energieträger und Rohstoff großes Potenzial und sei es nur als erstes Glied einer Umwandlungskette. Zur Technologieoffenheit gehört auch hier weitere Forschung und Entwicklung. Wir lehnen jedoch den irrationalen „Wasserstoff-Hype“ ab. Auch die einseitige Fixierung auf „grünen Wasserstoff“, also per Elektrolyse aus „erneuerbarem Strom“ gewonnenen Wasserstoff, lehnen wir ab, weil dadurch alternative Wasserstoffquellen von vornherein ausgeschlossen werden. Wasserstoff ist auch keine Lösung des Stromspeicherproblems und kann also den massiven Ausbau der „Erneuerbaren“ nicht rechtfertigen. „eFuels“, also synthetische Kraftstoffe, sollten nicht von vornherein verworfen werden. Trotz der hohen Umwandlungsverluste entlang der Prozesskette darf nicht unterschätzt werden, dass der Großteil der bestehenden Infrastruktur, Anlagen und Endgeräte (Verbrennungsmotoren in PKW, LKW, Schiffen und Flugzeugen, Heizungen) weitergenutzt werden könnte. Auch ein	**S. 45**

gleitender Übergang mit steigenden Wasserstoffanteilen ist nur so möglich. Die AfD Hessen fordert daher: • Technologie- und ergebnisoffene Begleitung von Wasserstoff- und Energiespeicher-Projekten und kritische Reflektion der Ergebnisse. • Synthetische Treibstoffe müssen weiterverfolgt werden, um den dauerhaften Einsatz von Verbrennungsmotoren und der gesamten Infrastruktur zu ermöglichen.“	

8.2.6. Landtagswahlprogramm Die Linke 2023

„• Einen Transformationsbeirat auf Landesebene und in den Regionen: Eine der Aufgaben wäre die Beratung der Landesregierung und der Kommunen bei der Strategie zur Sicherung von Arbeitsplätzen in der Industrie und im öffentlichen Sektor (Wasserstoffstrategie, Elektromobilität, Digitalisierung, Fachkräftesicherung, Flächenpolitik, Energieversorgung, Auszubildendenwohnheime u.v.m.).“	**S. 29**

Literaturverzeichnis

- **Ahlborn, Detlef** (2023): *Nutzung überschüssiger Wind- und Solarenergie durch Power to X- Konzepte.* In: Niederhausen, H. (Hrsg.): Generationenprojekt Energiewende, Books on Demand, Norderstedt,2023, ISBN 978-3757828684, S. 167-18. Verfügbar unter: https://www.amazon.de/Generationenprojekt-Energiewende-Elektroenergiepolitik-Spannungsfeld-zwischen/dp/3757828682

- **BDEW** (2023): *Diskussionspapier für ein Marktdesign für Wasserstoff*. Verfügbar unter: www.bdew.de/media/documents/2023-07-04_BDEW-Diskussionspapier_Marktdesign_Wasserstoff_final_online_v2.pdf

- **BDI** (2023): *Nationale Wasserstoffstrategie geht nicht weit genug*. Verfügbar unter: www.bdi.eu/artikel/news/fortschreibung-der-nationalen-wasserstoffstrategie-klimaneutralitaet-energiewende.

- **Bundesregierung** (2023): *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie.* Verfügbar unter: www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1

- **dena** (2021): *dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität*. Verfügbar unter: www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Alle_Gutachten_dena-Leitsudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf

- **DVGW** (2020): *H2vorOrt*. Verfügbar unter: www.dvgw.de/themen/energiewende/wasserstoff-und-energiewende/h2vorort

- **FNB Gas** (2021): *Regulierungsrahmen: ein ganzheitlicher Ansatz für Wasserstoff- und Gasnetze ist notwendig.* Verfügbar unter: www.fnb-gas.de/wp-content/uploads/2021/09/fnb_gas_impulspapier_regulierungsrahmen_wasserstoffnetze_1.pdf

- **Heraeus Precious Metals, Infraserv GmbH & Co. Höchst KG, Kasseler Verkehrs- und Versorgungs-GmbH, Mainova AG, Messer SE & Co. KGaA, Opel Automobile GmbH, Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH, TÜV Hessen, Viessmann** (2023): *Hessische Wasserstoffstrategie: Gemeinsam in die Wasserstoffzukunft.* Verfügbar unter: www.heraeus.com/media/media/hpm/doc_hpm/press_releases_1/impulspapier-gemeinsam-in-die-wasserstoffzukunft.pdf

- **Land Hessen** (2021): *Die Potenziale des Wasserstoffs für Wirtschaft und Klimaschutz erschließen - Eine Strategie für Hessen.* Verfügbar unter: www.wirtschaft.hessen.de/sites/wirtschaft.hessen.de/files/2021-10/211025_Wasserstoffstrategie_Einzelseiten_kl.pdf

- **LEA** (2023): *Technische Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines regionalen Wasserstoff-Backbones im Rhein-Main-Gebiet.* Verfügbar unter:

www.wirtschaft.hessen.de/sites/wirtschaft.hessen.de/files/2023-08/2023-08-Technische%2520Machbarkeitsstudie%2520Wasserstoff-Regionalnetz%2520Rhein-Main.pdf

- **Sachverständigenrat für Umweltfragen** (2021): *Wasserstoff im Klimaschutz: Klasse statt Masse.* Verfügbar unter: www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2021_06_stellungnahme_wasserstoff_im_klimaschutz.pdf;jsessionid=D80E2DD7A7276EEFBFEDBC06727D5074.2_cid321?__blob=publicationFile&v=4

- **VCI, IGBCE** (2022): *Gemeinsame Strategie von IG BCE und VCI zu einer Wasserstoffwirtschaft (Version 2.0).* Verfügbar unter: www.vci.de/ergaenzende-downloads/2022-06-07-ig-bce-vci-h2-strategie.pdf

- **Wasserstoff- und Brennstoffzellen Initiative Hessen e.V.** (2023): *Positionspapier der H2BZ-Initiative Hessen e.V. zur Landtagswahl 2023.* Verfügbar unter: www.redaktion.hessen-agentur.de/publication/2023/4133_230831PositionspapierH2BZzurLandtagswahlHessen.pdf

Kontakt

Vereinigung der hessischen Unternehmerverbände e.V.
Abteilung Wirtschafts- und Umweltpolitik

Dr. Clemens Christmann
Stellvertretender Hauptgeschäftsführer
Tel 069 95808-220, CChristmann@vhu.de

Marius Schäfer
Referent für Energie- und Klimapolitik
Tel: 069 95808-222, MSchaefer@vhu.de

www.vhu.de