

**Kommentierung des VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. zur
Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung**

Grundsätzliche Anmerkungen

Der VDI begrüßt die Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung als ein wichtiges Element zur Erreichung der Treibhausgasneutralität Deutschlands bis zum Jahr 2050. Wasserstoff bietet viele Optionen bei der Energiewende: Er kann aus Strom mittels Elektrolyse klimaneutral hergestellt werden und so flüssige und gasförmige fossile Energieträger substituieren, die Elektrolyse selbst kann als flexibler Verbraucher dienen. Der Wasserstoff kann relativ einfach transportiert und als Rohstoff für chemische und metallurgische Zwecke eingesetzt werden. Da Wasserstoff in unterschiedlichen Bereichen (Strom, Wärme, Verkehr und Industrie) verwendet werden kann, bietet er Potenzial für die von der Politik gewünschte Sektorenkopplung. Wasserstoff als chemischer Energieträger lässt sich längerfristig speichern. In Verbindung mit geeigneten Speichersystemen (z.B. Kavernen) ist eine Entkopplung von Erzeugung und Nachfrage möglich. Hierzu zählen auch eine saisonale Speicherung sowie die Schaffung strategischer Reserven, vergleichbar mit den heutigen Bevorratungen fossiler Energieträger.

Zur Strategie und ihren Maßnahmen:

Der Fokus der nationalen Wasserstoffstrategie liegt auf der Dekarbonisierung des deutschen Energiesystems. Es wird auch dargestellt, dass sich „große industriepolitische Potenziale und Chancen für den Export von Technologien „Made in Germany“ ergeben. Die Strategie beschäftigt sich jedoch nicht ausreichend damit, diese Möglichkeiten zu erheben und die deutsche Volkswirtschaft auf einen etwaigen weltweiten Erfolg von Wasserstoff und Wasserstoffanwendungen vorzubereiten.

Die Maßnahmen sollten strategisch zuerst auf Wertschöpfung, Schlüsseltechnologien wie Prozess- und Automobilindustrie sowie die exportfähigen Technologien abzielen.

In einer Welt, in der Wasserstoff zukünftig eine größere Rolle spielt, stehen die Prozess- und Automobilindustrie vor fundamentalen Umwälzungen. Diese Bereiche sind gleichzeitig deutsche Schlüsselindustrien. Sie zu Technologieführern im Bereich Wasserstoff zu machen, sichert den Wirtschaftsstandort Deutschland und sorgt für einen Klimaschutzbeitrag mit globalem Multiplikatoreffekt. Entsprechende Elemente zur Förderung dieser Industrien finden sich jedoch leider nur in geringem Umfang und ohne quantifizierbare Ziele im Entwurf der Strategie.

Aus Sicht des VDI sollte sich die Strategie mehr auf die o.g. Schlüsseltechnologien fokussieren und darüber hinaus die folgenden, bisher fehlenden Ziele und Schwerpunktsetzungen aufnehmen:

- Die Identifikation zukünftig global wichtiger Anwendungen und Industrien für Wasserstoff (Elektrolysetechnologien, Brennstoffzellen, Stahlherstellung, synthetische Kraftstoffe, „grüne Chemikalien“, und ggf. Anlagentechnik für blauen Wasserstoff inkl. CCS).
- Die Benennung von Schlüsseltechnologien und konkreten Zielen mit Anreizen für die entsprechenden Technologien (vgl. Maßnahmen 6 und 9). Die Anreize müssen so ambitioniert sein, dass sie auch tatsächlich für den Aufbau einer nennenswerten, kommerziellen Industrie in

diesen Bereichen sorgen. Im Vergleich zu internationalen Wettbewerbern wie Japan, Korea und China sind deutlich größere Anreize erforderlich, um wettbewerbsfähige Industrien rechtzeitig aufbauen zu können.

- Die Entwicklung von unterstützenden Maßnahmen, die sich an den Bedürfnissen der Industrie orientieren. Diese betreffen die Wasserstofferzeugung, eine Infrastrukturstrategie und ggf. den Wasserstoffimport zur Kostenreduktion und Erhöhung der Verfügbarkeit für den Anwender.
- Im europäischen – besser globalen Konsens – ist zu definieren, welche flüssigen, transportierbaren Energieträger verwendet werden. Derzeit ist vieles im Gespräch, wie Ammoniak, Methanol, andere synthetische Kraftstoffe und Flüssigwasserstoff. Hierbei ist die innereuropäische Wasserstoff-Infrastruktur zu berücksichtigen.
- Stichwort wettbewerbsfähige Zulieferindustrie (Maßnahme 9 der Strategie): Die wirtschaftlichen Potenziale in der Brennstoffzellen-Stack und -komponentenproduktion (insbesondere für die Mobilität) sowie in Brennstoffzellenrecycling und -refabrikation (Kreislaufwirtschaft) sind erheblich, eine Förderung ist deshalb sinnvoll und notwendig.
- Die Elektrolyseproduktion (Alkalische-, Polymer- und Festoxid-Technologie) hat eine hohe Wertschöpfung. Daher ist der Aufbau einer deutschen Elektrolyseindustrie anzustreben. Als ein wichtiges Ziel ist hierbei eine automatisierte Produktion von Elektrolyseuren anzustreben. Die Bundesregierung sollte deshalb eine großskalige Elektrolyseur-Stack-Produktion unterstützen.
- Am Anfang des Markthochlaufs für Wasserstoff und der Adaptierung der Technologien wie der Wasserelektrolyse sollten verstärkt Lösungen und Konzepte im Vordergrund stehen, bei denen relevante Industrien an einem Standort (bzw. möglichst nah) zusammenkommen. Das kann beispielsweise bedeuten, dass Windkraftanlagen, Wasserelektrolyse und Wasserstoff verbrauchende Industrie an einem Wasserstoffstandort gebündelt werden. Dies kann einerseits die Infrastruktur demonstrieren und andererseits werden dadurch weite Wasserstoff-Transportwege vermieden.
- Im Hinblick auf den Verkehr sollte stärker der Einsatz und die Förderung von Brennstoffzellenfahrzeugen im ÖPNV betrachtet werden. Diese sind leicht zu versorgen, da nur wenige Tankstellen benötigt werden, welche außerdem einen regelmäßigen und planbaren Verbrauch aufweisen. Zudem würde der Einsatz solcher Züge, Busse, Straßenbahnen oder Taxen auch zur Luftverbesserung und Lärminderung in den Städten beitragen (vergleiche Feinstaubbelastung/Fahrverbote). Hier ist eine entsprechende Abstimmung mit den Städten und Kommunen nötig.
- Die Bedeutung der Ingenieur-Disziplinen (Maschinenbau, E-Technik, IT) für den Ausbau und die Industrialisierung der Wasserstofftechnologien ist enorm und wird in der Strategie kaum abgebildet.
- Die Forschung im Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologiebereich sollte deutlich ausgebaut werden, um am Forschungsstandort Deutschland im internationalen Wettbewerb eine Spitzenposition einzunehmen, zu erhalten und auszubauen.

Hintergrundinfos

Die Rolle des Wasserstoffs muss im Zusammenhang mit der gesamten Energiewende gesehen werden: Die effiziente Bereitstellung und Nutzung von Energie sollten weiterhin an erster Stelle stehen. Als treibhausgasneutraler Energieträger zur Herstellung von Wasserstoff steht in Deutschland derzeit ausschließlich Strom aus erneuerbaren Quellen zur Verfügung, der nicht direkt zur Substitution fossiler Energieträger in konventionellen Kraftwerken genutzt werden kann (Überschussstrom). Daher ist die Stromerzeugung aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen als Voraussetzung für die Erzeugung von grünem Wasserstoff auszubauen. Da die Erzeugung von Wasserstoff mittels Strom, aber auch seine Nutzung oder Umwandlung z.B. in synthetischen Brenn- und Kraftstoffen mit Verlusten behaftet ist, sollte zunächst geprüft werden, ob der Strom direkt genutzt werden kann.

Die Schlüsselsektoren (Mobilität und Industrieprozesse) verbrauchen über 50 % der gesamten Endenergie Deutschlands in Form von Öl, Gas und Kohle. Im Sinne einer Langfriststrategie ist es sinnvoll, hier Wasserstoff aus erneuerbaren Energien zu verwenden, um die Emissionsreduktionsziele zu erreichen und die notwendige Sektorenkopplung zu fördern. Darüber hinaus ist dies ein Beitrag zur Sicherung des Industriestandorts Deutschland sowie zur weltweiten Treibhausgasemissionsreduktion.

Wasserstoff und die damit verbundenen anwendungsspezifischen Technologiebereiche wie z.B. Elektrolyse-, Brennstoffzellen-, PtX-Anlagen und Wasserstoffspeichertechnologien bergen neben den ökologischen Vorteilen erhebliches ökonomisches Potenzial. Aber mit einem Wandel der Energiekette ist ein disruptiver Wandel der Wertschöpfungsketten verbunden. So wird die Bandbreite der in Deutschland agierenden Unternehmen sich diesem Wandel stellen und die Produkte, Produktionsprozesse und Geschäftsmodelle auf diese neuen Technologien ausrichten müssen. Um dem rechtzeitig zu begegnen, sind klare Signale für die deutsche Industrie (Zulieferer wie OEMs) notwendig.

Grundsätzliche Fragen zu Wasserstoff und seinen Anwendungsmöglichkeiten

Ab wann sollte auf eine Wasserstoffwirtschaft gesetzt werden?

Für eine Reihe von chemischen Prozessen wird schon heute Wasserstoff in signifikanten Mengen eingesetzt, der aus wirtschaftlichen Gründen aus Erdgas umgewandelt wird. Dieser könnte sofort durch grünen oder blauen Wasserstoff ersetzt werden. Einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende wird Wasserstoff aber erst ab einer deutlichen Reduktion des Einsatzes fossiler Energieträger spielen. Bis dahin müssen große Erzeugungs- und Infrastruktur-Kapazitäten zur Verfügung stehen, mit deren Aufbau in den nächsten Jahren begonnen werden muss.

Soll Wasserstoff heimisch erzeugt oder importiert werden?

Die Erzeugung von Wasserstoff ist nur mittels Strom aus erneuerbaren Energien klimaneutral und damit, im Sinne der Energiewende, zielführend. Zusätzlich kann die Elektrolyse entsprechend dem Stromangebot gesteuert werden und so als abschaltbare Last in wind- und sonnenschwachen Zeiten die Residuallast verringern. Diese Option der Laststeuerung ist ein wichtiges Argument für eine heimische Wasserelektrolyse.

Bei einer deutlichen Verringerung des Einsatzes fossiler Energieträger wird die in Deutschland erzeugbare Menge erneuerbaren Stroms nach heutiger Einschätzung nicht mehr ausreichen, sodass dann Wasserstoff importiert werden muss. Wasserstoff wird sich zu einem globalen Handelsgut entwickeln. Durch Bezug des Energieträgers aus Ländern mit günstigen Stromkosten lassen sich die Wasserstoff-Beschaffungskosten verringern.

Ist die Elektrolyse von Wasserstoff geeignet, Überschussstrom zu nutzen?

Final werden in Deutschland über 300 GW an installierter Leistung aus Wind und Photovoltaik zur Verfügung stehen, sodass sich genügend Potenzial für den Betrieb von Elektrolyseanlagen bietet. Durch gezielten Einsatz von Elektrolyseuren ist auch ein netzdienlicher Betrieb möglich. Des Weiteren kann die Abwärme der Elektrolyse in Wärmesysteme integriert und der Sauerstoff technisch genutzt werden.

Für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Elektrolyse für Wasserstoff geht man neben einem Strompreis von etwa 3 Cent/kWh von einer Betriebszeit von mindestens 4.000 Stunden pro Jahr aus. Es wird zwar im Sommer in der Mittagszeit regelmäßig Stunden mit einem Stromangebot aus Photovoltaik geben, das deutlich über dem Strombedarf liegen wird, und es gibt vor allem im Herbst, Winter und Frühjahr Zeiten, in denen deutlich mehr Strom aus Windkraftanlagen hergestellt werden kann als benötigt wird. Wieviel Überschussstrom, wann und bei welchem Preis zukünftig zur Herstellung von Wasserstoff zur Verfügung stehen kann, hängt von verschiedenen Parametern ab (Stromexporte, Verlagerung von stromintensiven Prozessen in diesen Zeiten, Laden von Batterien für Batteriefahrzeuge usw.).

Sollte auch blauer Wasserstoff genutzt werden?

Bei der Förderung von Erdgas kann Methan entweichen, insbesondere bei mittels Fracking gewonnenem Erdgas. Ebenso kann beim Transport von Erdgas, sowohl im gasförmigen wie flüssigen Zustand, Methan freigesetzt werden, welches ein hohes Treibhausgas-Potential besitzt. Je nach eingesetztem Verfahren bei der Umwandlung von Erdgas in Wasserstoff kann eine Restmenge CO₂ nicht abgeschieden werden. Das abgeschiedene CO₂ muss dauerhaft gelagert werden. Dies alles spricht gegen blauen Wasserstoff. Da jedoch heute große Mengen grauen Wasserstoffs für chemische Prozesse per Dampfreformierung aus Erdgas hergestellt werden, könnte dieser zur Reduktion der Treibhausgase durch blauen Wasserstoff ersetzt werden, ohne den Weg für grünen Wasserstoff für neue Wasserstoffanwendungen zu blockieren. Dies setzt allerdings voraus, dass CCS (Carbon Capture and Storage) auch in Deutschland als Teil der Lösung akzeptiert werden müsste. Auch für eine treibhausgasneutrale Roheisenerzeugung werden so große Mengen Wasserstoff benötigt, dass sie kurz- bis mittelfristig kaum mit grünem Wasserstoff gedeckt werden können. Auch für diese Anwendungen erscheint der Einsatz von blauem Wasserstoff vertretbar, bis genügend grüner Wasserstoff bereitsteht. Nach einer Phase, in der für den Markthochlauf der Wasserstofftechnologie notwendige Wasserstoff aus einem Wasserstoffmix (grün, grau, blau) bereitgestellt wird, muss dann regulatorisch in Richtung grünen Wasserstoffs (ähnlich der Regulatorik Richtung erneuerbaren Stroms) gehandelt werden.

Ist Wasserstoff als Kraftstoff für Pkw sinnvoll?

Wasserstoff als Kraftstoff bietet eine höhere Energiedichte als Batterien und ist dem Fahrzeug deutlich schneller zuführbar. Ein mit Wasserstoff und einer Brennstoffzelle betriebenes Fahrzeug benötigt auf Grund der Umwandlungsverluste bei der Wasserstofferzeugung und Umwandlung jedoch bis zu dreimal mehr Energie als ein batterieelektrisches Fahrzeug. Allerdings wird dabei die Speicherwirkung von Wasserstoff und die damit möglicherweise geringere Abregelung von Stromquellen aus erneuerbaren Energien nicht berücksichtigt. Für die Herstellung synthetischer Kraftstoffe und deren Nutzung in einem Verbrennungsmotor wird sogar rund fünfmal mehr Energie benötigt. Eine Diversifizierung der (Elektromobilitäts-) Technologien reduziert jedoch das Risiko von Rohstoffverknappungen. Bei höheren Energie- bzw. Reichweitenanforderungen ergeben sich Kostenvorteile für das Brennstoffzellenfahrzeug gegenüber dem Batteriefahrzeug. Mit der Aufnahme der Serienfertigung verstärkt sich dieser Effekt. Brennstoffzellenfahrzeuge sind insbesondere im Schwerlastverkehr, Schiff- und Luftfahrt aber auch im Pkw-Bereich vor allem bei langen Strecken sehr gut geeignet (Näheres s. <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/brennstoffzellen-und-batteriefahrzeuge>)

Ist es sinnvoll, Wasserstoff auch für die Erzeugung von Heizwärme zu nutzen?

Generell ist die direkte Nutzung von Strom für die Wärmeerzeugung insbesondere mit Wärmepumpen die effizienteste Möglichkeit, erneuerbaren Strom für Heizzwecke zu nutzen.

Bei der Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse und seine Verwendung entsteht Abwärme, die es zu integrieren gilt. Weiterhin kann eine hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage (gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom) mit einer wasserstoffbetriebenen Brennstoffzelle je nach Rahmenbedingungen eine gute Alternative sein.

Insbesondere im mobilen Sektor bietet eine Brennstoffzelle den großen Vorteil, Wärme für die Innenraumbeheizung des Fahrzeugs zur Verfügung zu stellen.

Auf was sollte bei Ländern geachtet werden, aus denen grüner Wasserstoff importiert wird?

Grüner Wasserstoff kann nur in Regionen mit einem hohen Potential für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen sinnvoll hergestellt werden. Dabei reicht es nicht aus, wenn nur der Strom für die Elektrolyse aus erneuerbarem Strom besteht, der Strom für den heimischen Verbrauch aber aus fossilen Quellen zur Verfügung gestellt wird. Dies wäre für das Klima genauso so wenig hilfreich, wie Wasserstoff aus fossilen Quellen ohne CO₂-Abscheidung zu erzeugen. Für sonnen- und windreiche Länder mit einer gegenwärtig noch geringen Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen bietet sich aber die Möglichkeit, grünen Wasserstoff zu exportieren und die Chance, insgesamt eine nachhaltige heimische Stromerzeugung für eigene Zwecke aufzubauen und damit die heimische Wirtschaft zu stärken.