

Kleine Anfrage

des Abg. Dr. Uwe Hellstern AfD

und

Antwort

des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft

Förderung von Wasserstoffprojekten zum Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft – Rahmendaten für die damit verbundene Material- und Rohstoffwirtschaft

Kleine Anfrage

Ich frage die Landesregierung:

1. Inwieweit werden in den für die Wasserstoffherzeugung und den Verbrauch bei der Nutzung in Elektrolyseuren und Brennstoffzellen seltene Metalle (z. B. für Anoden und Kathoden etc.) eingesetzt?
2. Wie ist der Abbauaufwand für Materialien der eingesetzten elektrisch leitenden Komponenten und ihr Recycling-Aufwand (z. B. hochoxidierte Mischoxide)?
3. Wie ist die Verfügbarkeit der für die Wasserstoffwirtschaft verwendeten Materialien unter Angabe, wo deren Bezugsquellen sind?
4. Welche polymeren Stoffe werden in den Elektrolyseuren und Brennstoffzellen für die Wasserstoffwirtschaft verwendet?
5. Wie groß ist der Aufwand zur umweltgerechten Produktion und Entsorgung der eingesetzten Polymermaterialien?
6. Wie lange sind Betriebszyklen und Standzeiten der verwendeten Elektrolyseure und Brennstoffzellen?
7. Welche Kosten für die aus Wasserstoff erzeugte Nutzenergie ergeben sich aus den vorgenannten Punkten, insbesondere, wenn man die Kosten der Stromerzeugung aus nachhaltigen Quellen, welche für grünen Wasserstoff ja nötig sind, mit einrechnet?
8. Wie wird das Risiko durch die Lagerung und Distribution des mit Luft vermischt zwischen 4 Prozent und 77 Prozent (Vol.) explosiven Wasserstoffs auf eine akzeptable Größenordnung begrenzt?

9. Welche Elektrolyselösungen aus welchen Bezugsquellen werden in den benutzten Elektrolyseuren eingesetzt unter Darlegung, wie groß der Aufwand zu ihrer Erzeugung ist?
10. Welche Produkte und Nebenprodukte entstehen auf der Oxidationsseite der Elektrolyseure unter Darlegung, wie diese verwendet oder im Falle der Nebenprodukte entsorgt werden?

7.7.2021

Dr. Hellstern AfD

Begründung

Aus dem Landeshaushalt sollen hohe dreistellige Millionen-Fördersummen in Projekte der Wasserstoffwirtschaft fließen. Dies trotz der angespannten Finanzlage des Landeshaushalts. Für die Wasserstofftechnologie, wie für jede andere, ist bei Einführung im großen Maßstab eine erhebliche Versorgungs- und Entsorgungswirtschaft notwendig.

Die Praktikabilität der Technologie im Labormaßstab sagt noch nichts über die Verwendbarkeit im großen Rahmen aus. So kann z. B. bei der Elektrolyse keineswegs ordinäres Leitungswasser verwendet werden, da hier unerwünschte Nebenprodukte entstehen würden und die Ausbeute zu gering wäre. In der Praxis müssen die Feed-Stoffe der Elektrolyse wohl aufwendig hergestellt werden. Auch die Herstellung und Entsorgung der endlich lange nutzbaren Komponenten-Materialien in Elektrolyseuren und Brennstoffzellen ist aufwendig und umweltbelastend.

Die Dokumentationslage für Be- und Entsorgung nötiger Materialien sind nach Meinung des Fragestellers noch nicht ausreichend, um die Investition hoher Mittel zu rechtfertigen. Die Kleine Anfrage soll helfen, die lückenhafte Entscheidungsgrundlage in Sachen Wasserstoffwirtschaft für das Parlament wesentlich und substanziell zu verbessern.

Antwort

Mit Schreiben vom 29. Juli 2021 Nr. 24-4586/152 beantwortet das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Einvernehmen mit dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus die Kleine Anfrage wie folgt:

Vorbemerkung:

Zur Eindämmung der anthropogenen Wirkungen auf den Klimawandel sollten weltweit langfristig die Energiesysteme auf effiziente und nicht-fossile Energieträger umgestellt werden. Besonders hohe Effizienz weisen strombasierte Technologien auf. Sofern eine Energiespeicherung sinnvoll und notwendig ist, können chemische Energiespeicherformen einen wichtigen Beitrag leisten. Wasserstoff als Energieträger ist von großer Bedeutung für eine Zukunft, in der langfristig im Strom-, im Wärme- und im Verkehrsbereich auf fossile Energieträger und -treibstoffe aufgrund der Klimawirkung verzichtet werden soll. Zudem kann Wasserstoff dabei auch zur Sektorkopplung dienen.

Zahlreiche Roadmaps von diversen Industrienationen und -regionen zeigen den Bedarf nach Wasserstofftechnologien auf und kündigen erhebliche Investitionen in den Markthochlauf an. Insofern bieten die Wasserstofftechnologien eine wesentliche Chance auch für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg. Bei dem in der Begründung der Anfrage genannten, dreistelligen Millionenbetrag handelt es sich um die beabsichtigte Kofinanzierung des Landes von Projekten im Rahmen der „Important Projects of Common European Interest“ (IPCEI), die der Entwicklung und dem Aufbau einer industriellen Produktion von Brennstoffzellen- und Was-

serstofftechnologien dient, die ferner für die baden-württembergische Wirtschaft einen großen technologischen Sprung ermöglicht und die Wettbewerbsfähigkeit stärken soll. Es besteht damit die Chance, den Transformationsprozess mit einem Schwerpunkt im Mobilitätsbereich massiv und wirksam zu unterstützen und zugleich Markt- und Arbeitsplatzpotenziale insbesondere für die Automobilindustrie inkl. Zulieferer und den Anlagen- und Maschinenbau zu erschließen.

Mit den Installationen im Maßstab von mehreren 100 Megawatt weltweit sind die Wasserstofftechnologien bereits heute weit über den Labormaßstab hinaus eingesetzt. Aufgrund des erwarteten Wasserstoffbedarfs wird mit einem massiven Ausbau der Elektrolysekapazitäten gerechnet. Auch wenn Baden-Württemberg zukünftig weiterhin überwiegend ein Energieimportland bleiben wird, bieten sich doch erhebliche industriepolitische Chancen für einen Export von Elektrolyse- und Power-to-Gas-Technologien.

1. Inwieweit werden in den für die Wasserstofferzeugung und den Verbrauch bei der Nutzung in Elektrolyseuren und Brennstoffzellen seltene Metalle (z. B. für Anoden und Kathoden etc.) eingesetzt?

Bei allen Speicher- und Wandlungsanlagen ist zu beachten, eine geschlossene und ressourcenschonende Material- und Werkstoffkette anzustreben und aufzubauen. Das gilt selbstverständlich auch für die Wasserstofftechnologie ebenso wie für bisherige Technologien, denn beispielsweise bei der Herstellung und Nutzung fossiler Kraftstoffe werden eine Vielzahl von Werkstoffen mit unterschiedlichsten Eigenschaften, wie z. B. Aluminium, Kupfer, Kobalt, seltenen Erden, diversen Kunststoffen, etc. eingesetzt.

In Brennstoffzellen kommen Platin-basierte Katalysatoren zum Einsatz. In Elektrolyseuren kommen Platin-Iridium-Katalysatoren zum Einsatz. Platin wird heute hauptsächlich in Diesellabgaskatalysatoren eingesetzt. Die Nutzung alkalischer Elektrolyse oder Elektrolyseverfahren mit Anionentauschermembranen ermöglichen den Bau edelmetallfreier Elektrolyseure. Gleiches gilt grundsätzlich für Hochtemperatur elektrolyseure mit oxidkeramischen Elektrolyten.

2. Wie ist der Abbauaufwand für Materialien der eingesetzten elektrisch leitenden Komponenten und ihr Recycling-Aufwand (z. B. hochoxidierte Mischoxide)?

Der Abbauaufwand für Edelmetallkatalysatoren ist identisch mit dem für den Abgaskatalysator nötigen Aufwand, da es sich um dieselben Materialien handelt. Eine Recyclingquote von ca. 95 % ist nach Angabe der Katalysatorhersteller gut möglich. Wiedergewinnungsverfahren für Edelmetalle aus PEM- (Polymer-Elektrolyt-Membran) Brennstoffzellen und Elektrolyseuren wurden bereits entwickelt. Die Brennstoffzelle kann relativ einfach in ihre Kernkomponenten zerlegt werden, wobei diese dann selektiv und mit hoher Ausbeute recycelt werden können.

Wissenschaftliche Studien zu Lebenszyklusanalysen liegen bereits heute vor. Zahlreiche R&D Projekte befassen sich mit dieser Fragestellung. Etablierte Akteure im Autoabgaskatalysatorrecycling haben Prozesse zur Rückgewinnung von Platinmetallen aus Brennstoffzellen oder Elektrolyseuren entwickelt. Die Wiedergewinnung von Materialien – vornehmlich Nickel und Stahlwerkstoffe – aus der alkalischen Elektrolyse ist bereits heute nach dem etablierten Stand der Technik möglich. Gleiches gilt für die Strukturwerkstoffe (Edelstahl, Titan) bei PEM-Elektrolyseuren.

Weitere Informationen und detaillierte Angaben zu einzelnen Rohstoffen sind in der Studie „Rohstoffe für innovative Fahrzeugtechnologien“ der e-mobil BW aus dem Jahr 2019 nachzulesen oder den „DERA Rohstoffinformationen – Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021“ aus dem Jahr 2021 zu entnehmen.

3. Wie ist die Verfügbarkeit der für die Wasserstoffwirtschaft verwendeten Materialien unter Angabe, wo deren Bezugsquellen sind?

Platin wird zum überwiegenden Teil (ca. 80%) in Minen in Südafrika abgebaut. Weitere nennenswerte Vorkommen an Platinmetallen gibt es in Russland, den USA und Kanada. Das für die alkalische Elektrolyse wichtige Nickel wird in Kanada,

Neukaledonien, Russland, Australien und Kuba abgebaut. Ein Begleitelement des Nickels ist Kobalt, das ebenfalls in Katalysatoren für die alkalische Elektrolyse eingesetzt wird. Nickel wird auch aus Eisen und Kupfererzen gewonnen.

4. Welche polymeren Stoffe werden in den Elektrolyseuren und Brennstoffzellen für die Wasserstoffwirtschaft verwendet?

5. Wie groß ist der Aufwand zur umweltgerechten Produktion und Entsorgung der eingesetzten Polymermaterialien?

Die Fragen 4 und 5 werden aufgrund ihres Sachzusammenhangs gemeinsam beantwortet.

Für die protonenleitende Membran in Elektrolyseuren und Brennstoffzellen werden heute Nafionbasierte Ionomere eingesetzt. Dabei handelt es sich um aktivierte Teflonpolymere (perfluorierte polymere Sulfonsäuren). Eine aufwendige Wiedergewinnung des eingesetzten Fluors kann durch Thermolyse in Gegenwart von Calciummineralen erfolgen. Neuere Entwicklungen könnten zukünftig den Einsatz von fluorfreien Ionomeren und Polymeren ermöglichen. Der Separator in alkalischen Elektrolyseuren besteht häufig aus polymer gebundenen Zirkondioxidpartikeln (Zirfon). Als Binderpolymer werden vorwiegend Polysulfone eingesetzt. Auch Polybenzimidazol wird als Separatormaterial in alkalischen Elektrolyseuren verwendet. Beide Polymere sind fluorfrei. In jüngster Zeit werden vermehrt fluorfreie Anionentauschermembranen als Separatoren für Elektrolyseure entwickelt. Erste Produkte sind bereits am Markt erhältlich.

Brennstoffzellen wie auch Elektrolyseure enthalten gewichtsmäßig nur weniger als 5 % Polymer. Das Recycling der gewichtsmäßig überwiegenden Bipolarplatten ist ohne Probleme möglich (Stahlschrott bzw. Titanschrott).

6. Wie lange sind Betriebszyklen und Standzeiten der verwendeten Elektrolyseure und Brennstoffzellen?

Die Lebensdauern sind sehr stark von der Technologieauslegung, dem Systemdesign und der Betriebsweise abhängig. PKW werden auf ca. 7.500 Betriebsstunden ausgelegt, LKW auf mind. 25.000 h, Elektrolyseure auf mind. 40.000 h. Diese Standzeiten werden im Betrieb auch erreicht. „Klassische“ alkalische Elektrolyseure weisen die im chemischen Anlagenbau üblichen Standzeiten auf. Gleiches gilt für die heute bereits als kommerzielle Produkte eingesetzten PEM-Elektrolyseure, die z. B. zur Aufbereitung von Kesselspeisewässern verwendet werden. Große Elektrolyseure im Leistungsbereich von mehreren MW wurden sowohl in PEM-Technologie als auch in fortgeschrittener alkalischer Technologie in den letzten Jahren vermehrt in Demonstrationsprojekten erstellt und erprobt. Die Ermittlung der Standzeiten ist u. a. Gegenstand laufender Projekte.

7. Welche Kosten für die aus Wasserstoff erzeugte Nutzenergie ergeben sich aus den vorgenannten Punkten, insbesondere, wenn man die Kosten der Stromerzeugung aus nachhaltigen Quellen, welche für grünen Wasserstoff ja nötig sind, mit einrechnet?

Nutzenergie umfasst als Begriff eine große Bandbreite unterschiedlicher Energieformen wie zum Beispiel elektrische Energie, Bewegungsenergie, Licht oder Wärme. Aufgrund dieser diversen Nutzung des Begriffs „Nutzenergie“ kann die Frage nach Kosten für Nutzenergie aus Wasserstoff, ohne eine weitere Konkretisierung, nicht abstrakt beantwortet werden.

Ergänzend wird aber auf die Roland Berger Studie „Potenziale der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Industrie in Baden-Württemberg“ aus dem Jahr 2020, beauftragt durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, und die dort dargestellte Abhängigkeit zwischen Wasserstoffkosten [€/kg H₂] und Strompreis [€/kWh] verwiesen. In der benannten Studie werden anhand einer fiktiven Falluntersuchung Produktionskosten für grünen Wasserstoff in 2025 aus einer 20 MW alkalischen Elektrolyse, bei 7.000 Betriebsstunden pro Jahr und 5 €/Cent/kWh effektive Stromkosten mit 2,89 €/kg H₂ angegeben. Die heutigen Produktionskosten liegen noch deutlich darüber. Die Kosten der Stromerzeugung aus nach-

haltigen Quellen haben im zeitlichen Verlauf eine deutliche Reduktion erfahren, eine Fortführung dieser Entwicklung ist zu erwarten. Daher wirkt sich ein weiterer Ausbau erneuerbarer Energien auf den Strom-Großhandelspreis tendenziell preismindernd und damit auch preismindernd auf die Herstellkosten von elektrolytisch erzeugtem, grünen Wasserstoff aus. Grundsätzlich zeigen diverse Modellrechnungen, dass zukünftig eine Kostenparität zu fossilen Energien unter den passenden Rahmenbedingungen realistisch sein kann.

8. *Wie wird das Risiko durch die Lagerung und Distribution des mit Luft vermischt zwischen 4 Prozent und 77 Prozent (Vol.) explosiven Wasserstoffs auf eine akzeptable Größenordnung begrenzt?*

Es werden vor allem drei Sicherheitsmaßnahmen angewandt:

1. Die Dichtheit der Speicher und Wasserstofftechnologien muss auch in kritischen Situationen gewährleistet sein,
2. Zündquellen werden ausgeschlossen,
3. im Fall des Abblasens von Wasserstoff wird eine schnelle Verdünnung mit Luft sichergestellt, um unter die kritische Grenze von 4 Vol.% zu fallen.

Der tägliche Umgang seit Jahrzehnten mit riesigen Mengen an Wasserstoff, z. B. in der Chemie oder in Raffinerien, zeigt eindeutig, dass ein sicherer Umgang mit den heute bekannten Technologien problemlos möglich ist.

9. *Welche Elektrolyselösungen aus welchen Bezugsquellen werden in den benutzten Elektrolyseuren eingesetzt unter Darlegung, wie groß der Aufwand zu ihrer Erzeugung ist?*

In Elektrolyseuren wird Wasser elektrochemisch gespalten. Dies geschieht unter Zusatz von Lauge oder Säure bzw. einer Polymermembran oder eines Hochtemperatur-Festelektrolyten, die sich im Betrieb nicht verbrauchen. Somit wird ausschließlich demineralisiertes Wasser dem Elektrolyseur zugeführt. Bei einer Lebens- und Betriebsdauer von ca. 20 Jahren ist der Energieaufwand zur Herstellung von Elektrolyseuren verhältnismäßig gering gegenüber der für die Elektrolyse eingesetzten Energie. Bei der Elektrolyse werden ca. 65 bis 70 % des eingesetzten Stroms zu Wasserstoff und Sauerstoff umgesetzt. Der Rest fällt bei alkalischen und PEM-Elektrolyseuren in Form von Abwärme mit einem Temperaturniveau von 60 bis 70° C an, das sich beispielsweise für die Gebäudeheizung eignet. Hochtemperaturelektrolyseure lassen sich im Verfahrensverbund mit anderen Hochtemperaturprozessen koppeln.

10. *Welche Produkte und Nebenprodukte entstehen auf der Oxidationsseite der Elektrolyseure unter Darlegung, wie diese verwendet oder im Falle der Nebenprodukte entsorgt werden?*

In der Elektrolyse entstehen Wasserstoff und Sauerstoff ohne weitere Nebenprodukte. Die Gase werden vor ihrer Verdichtung oder dem direkten Einsatz (z. B. Chemie oder Raffinerie) entfeuchtet. Zielprodukt der Wasserelektrolyse ist Wasserstoff. Der parallel anfallende Sauerstoff wird derzeit überwiegend in die Atmosphäre abgeblasen. Eine mögliche Nutzung von Sauerstoff besteht beispielsweise in Kläranlagen, wo sowohl die Abwärme der Elektrolyse als auch der dort gebildete Sauerstoff die Aktivität der zur Wasserklärung notwendigen Mikroben deutlich erhöht und somit eine verbesserte Klärung von Abwässern ermöglicht.

Walker

Ministerin für Umwelt,
Klima und Energiewirtschaft