

Wasserstoff-Roadmap



© picture alliance/dpa | Sebastian Gollnow

SEKTOR 5

Wasserstofferzeugung, -speicherung und -verteilung

Die Wasserelektrolyse mit Nutzung von regenerativem Strom ist die Schlüsseltechnologie für eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft. Alternative Verfahren zur Wasserstofferzeugung wie eine zukünftig mögliche Erdgas-Pyrolyse mit einer Kohlenstoffabscheidung oder die heute dominierende Erdgas-Reformierung mit einer Kohlendioxid-Sequestrierung und -Nutzung (CCS – Carbon dioxide Capture and Storage beziehungsweise CCU – Carbon dioxide Capture and Usage) sind heute noch nicht marktfähig entwickelt, gesellschaftlich umstritten und könnten allenfalls eine Übergangstechnologie darstellen. Daher hat sich in der Nationalen Wasserstoff-Strategie der Vorrang für sog. grünen Wasserstoff durchgesetzt.

Deutschland und Baden-Württemberg werden ihren Wasserstoff-Bedarf nicht vollständig selbst erzeugen können und sind somit auf den Import angewiesen. Insofern muss eine Verteillogistik für globale Lieferketten betrachtet werden.

Gesellschaft ∨

Die Wasserelektrolyse wird allgemein als umweltfreundliche Zukunftstechnologie wahrgenommen. Nichtsdestotrotz gibt es immer wieder Vorbehalte von Anwohnern bei der Umsetzung von entsprechenden Projekten, die im Wesentlichen auf Befürchtungen bezüglich der Technologiesicherheit sowie möglichen Lärmbelastungen durch eine potenzielle Lastkraftwagen-Logistik begründet sind. Alternative Technologien, die auf fossilen Brennstoffen beruhen und gegebenenfalls CCS- oder CCU-Technologien müssen mit Vorbehalten rechnen.

Forschung und Entwicklung



Grundsätzlich ist die Forschung zur Elektrolyse noch nicht so weit fortgeschritten wie die Forschung zur Brennstoffzelle. Allerdings ist es den Instituten in Baden-Württemberg durchaus gelungen, auch im weltweiten Vergleich eine solide Wissensbasis aufzubauen.

Aus heutiger Einschätzung liegt der Forschungsbedarf jeweils auf der Weiterentwicklung der genannten Technologien: Die alkalische Technologie hat Potenzial für eine vereinfachte Verfahrenstechnik, wenn es gelingt alkalische Membrane einzusetzen anstatt von Lauge, die PEM-Elektrolyse zielt auf die Reduktion des Edelmetallgehalts, günstigere Materialien für die Porous Transport Layer und Bipolarplatten und die HT-Elektrolyse benötigt weitere Materialentwicklung zur Erhöhung von Lebensdauer und Kostensenkung.

Zum großskaligen Transport von Wasserstoff gibt es auch global gesehen noch wenig Forschung. Hier hat der Wissenschaftsstandort Baden-Württemberg sehr gute Möglichkeiten, die Felder zu besetzen und eine wissenschaftliche Führungsposition einzunehmen.

Markt



Die Wasserstofferzeugung ist die Voraussetzung für eine Wasserstoffwirtschaft. Daher wird die Technologie zukünftig sehr dynamisch an Bedeutung zunehmen. Leider kommen die heute marktdominierenden Systemanbieter nicht aus Baden-Württemberg (zum Beispiel AREVA: Frankreich, GP Joule: Schleswig-Holstein, Hydrogenics: Kanada, ITM: England, Siemens: Bayern). Trotzdem könnten sich Komponentenlieferanten aus Baden-Württemberg im globalen Wettbewerb durchsetzen (zum Beispiel FUMATECH) bzw. der Maschinen- und Anlagenbau qualifizieren.

Da die großskalige Wasserstoff-Erzeugung vermutlich global an Standorten mit hohen Volllaststunden aus Wind- und Sonnenenergie (Nordafrika, Australien, Chile) erfolgen wird, wird der zukünftige Markt für die Technologie aus Sicht Baden-Württembergs vorwiegend exportgetrieben sein. Umgekehrt gewinnt der Import von Wasserstoff nach Baden-Württemberg sehr an Bedeutung. Dementsprechend muss eine Wasserstoff-Logistik innerhalb von Baden-Württemberg aufgebaut werden, so dass importierter Wasserstoff für den lokalen Bedarf zur Verfügung gestellt wird.

Technologie



Für die Wasserelektrolyse werden drei Technologien diskutiert: Die alkalische Elektrolyse ist heute marktführend, die PEM-Elektrolyse wird vor allem wegen ihrer dynamischen Betriebsweisen für den Einsatz in Kombination mit fluktuierenden, regenerativen Stromerzeugern vorgeschlagen und die Hochtemperatur-Elektrolyse befindet sich noch nicht im industriellen Einsatz, könnte jedoch Effizienzvorteile aufweisen, wenn Heißdampf zum Beispiel aus Industrieprozessen vorliegt.

Die Verteilung von Wasserstoff erfolgt heute noch in Form von Druckgas per LKW. Für zukünftig große Mengen an Wasserstoff, der gegebenenfalls über große Strecken transportiert werden muss (zum Beispiel vom Hafen Rotterdam nach Baden-Württemberg), werden sich langfristig Pipelines durchsetzen.

Ergänzend wird jedoch auch ähnlich wie für Erdgas oder LPG der Transport über Binnenschiffe und Güterzüge notwendig und sinnvoll sein. Technologisch wird heute zusätzlich der Einsatz von Thermoölen (LOHC) diskutiert – das Potenzial hierfür ist jedoch noch umstritten.

Offene Fragen

- Wieviel Wasserstoff soll in Baden-Württemberg erzeugt werden?
- Wie hoch ist der Import-Bedarf von Wasserstoff?
- Wo kommt der zusätzliche Wasserstoff her?
- Wie bringen wir Wasserstoff nach Baden-Württemberg und zu den Verbrauchern?
- Wie kann der Aufbau eines Wasserstoff-Transport- und Verteilsystems aussehen?
- Welche Chancen sehen Sie für den Aufbau einer Elektrolyseindustrie in Baden-Württemberg?
- Wie soll eine solche Industrie zur Elektrolyse-Herstellung in Baden-Württemberg gestaltet werden? Haben wir die Akteure dafür?
- Wie sind die Interessen der verschiedenen Stakeholder?
- Welche Technologie-Ansätze sind interessant?
- Möchten Sie eine weitere offene Frage oder sonstige Hinweise einbringen?

Sie konnten bis zum 15. Oktober 2020 an der zweiten Online-Beteiligung zur Wasserstoff-Roadmap teilnehmen.

KOMMENTARE

zu Wasserstofferzeugung, -speicherung und -verteilung

Die Kommentierungsphase ist beendet. Vielen Dank für Ihre Kommentare!

[\[...\] Alle Kommentare öffnen](#)

28. VON **PLATTFORM ERNEUERBARE ENERGIEN BADEN-WÜRTTEMBERG**

📅 15.10.2020 ⌚ 16:52

Nur grünen Wasserstoff importieren und erzeugen

Aus unserer Sicht führt kein Weg daran vorbei, voll und ganz auf grünen Wasserstoff zu setzen, auch wenn der Preis noch deutlich über dem für grauen Wasserstoff liegt und sich seine Vermarktung bislang dementsprechend schwierig gestaltet. Sobald die regulatorischen Rahmenbedingungen stimmen (u.a. ein angemessener, also höherer CO₂ Preis, der weiter steigt), wird auch grüner

Wasserstoff stärker aus dem Verkehr und der Industrie nachgefragt werden. Bis dahin wird staatliche Förderung, wie in der deutschen Wasserstoffstrategie vorgesehen, notwendig sein.



27. VON **PLATTFORM ERNEUERBARE ENERGIEN BADEN-WÜRTTEMBERG**

📅 15.10.2020 ⌚ 16:35

Dezentrale Erzeugung von grünem Wasserstoff direkt beim Verbraucher

Kurzfristig umzusetzende Chancen sehen wir in kleineren dezentralen Projekten, die direkt beim Verbraucher des grünen Wasserstoffs (z.B. städtische Busflotte oder Industriebetrieb) lokalisiert sind, so die relativ hohen Transportkosten minimieren und auch die Abwärme der H₂-Erzeugung sinnvoll nutzen.

Elektrolyse in großem Maßstab wird in Baden-Württemberg schwierig umzusetzen sein. Zwar wird mit weiterem Ausbau der EE auch mehr erneuerbarer Strom zur Verfügung stehen als derzeit, doch mit steigendem Strombedarf (durch Anwendungen der Sektorkopplung wie die Elektrolyse) werden die Stromimporte zunehmen müssen.



26. VON **LAURA LANGENBUCHER - HOCHSCHULE ESSLINGEN (INEM)**

📅 15.10.2020 ⌚ 16:09

Wasserstoffherzeugung in Baden-Württemberg

Die installierte Kapazitäten in Baden-Württemberg bieten das Potenzial einer regionalen Erzeugung und Versorgung im Wettbewerb zu importierten Wasserstoff. Dabei sollte jedoch der importierte Wasserstoff aus erneuerbaren Energien und CO₂-frei erzeugt werden. Hierzu könnten innerhalb Deutschlands aus der EEG-Förderung fallende Windkraftanlagen genutzt werden.

Die Distributionsinfrastrukturen können in Abhängigkeit vieler Faktoren, wie z. B. der Wirtschaftlichkeit, Standort etc., koexistent aufgebaut werden. Bspw. können im innerstädtischen Bereich entweder bestehende Gasnetze umgenutzt oder Wasserstoffverteilnetze errichtet werden. Wo eine Gasnetzinfrastuktur nicht möglich ist oder im industriellen Bereich, kann eine Verteilung über Trailer erfolgen. Um eine hohe Effizienz bei der Distribution von Wasserstoff über Trailern zu gewährleisten, können große Mengen als Flüssigwasserstoff mit hoher Energiedichte transportiert

werden.

Aufgrund der künftigen und durch Studien belegte Wasserstoffnachfrage von etwa 17 TWh in 2030 in Baden-Württemberg sind auch die Chancen einer Elektrolyseindustrie hoch. Zudem haben wir in Baden-Württemberg ein hohes Potenzial an Photovoltaik-Erträgen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff. In diesem Rahmen sollten regionale Energieversorger das Thema der Wasserstoffherzeugung künftig aufgreifen.

Die Interessen der einzelnen Stakeholder stehen derzeit in einem Spannungsfeld der emissionsfreien Stadtentwicklung durch die politische Zielsetzung und der Wirtschaftlichkeit für Unternehmen.

Weiterhin sollte die Verflüssigung von Wasserstoff sowie die Effizienz von Power-to-Gas, Power-to-Liquid-Anlagen als Derivat von Wasserstoff in der Technologieentwicklung verfolgt werden.



25. VON **TERRANETS BW GMBH**

📅 15.10.2020 ⌚ 15:11

Wasserstoffherzeugung in Baden-Württemberg

Eine großskalige Wasserstoff-Erzeugung sehen wir in Baden-Württemberg weder mittel- noch langfristig. Dies hat unterschiedlichste Gründe:

Voraussetzung für die langfristig anzustrebende Erzeugung und Verwendung grünen Wasserstoffes ist der Einsatz erneuerbarer Energien. Schon heute stellt Baden-Württemberg eine Energie-Senke dar. Ein relativ hoher Energiebedarf steht relativ geringen Erzeugungskapazitäten gegenüber. Der beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie sowie der Kohleverstromung wird diesen Trend weiter verstärken; zumal realistisch von einem weiter steigenden Energiebedarf ausgegangen werden muss. Schon daraus erwächst die Notwendigkeit für signifikant steigende Importe bzw. einen massiven Ausbau im Bereich der erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg. Eine dazu zusätzliche, aus erneuerbaren Energien gespeiste Erzeugung von Wasserstoff würde entweder den Import- bzw. den Ausbaubedarf in Baden-Württemberg vervielfachen. Sowohl der dafür notwendige Ausbau von Stromtrassen als auch ein alternativer oder begleitender Ausbau erneuerbarer Energien in Baden-Württemberg würde Dimensionen erfordern, die aus unserer Sicht weder realistisch umsetzbar noch volkswirtschaftlich wünschenswert wären.

Auch eine signifikante Erzeugung andersfarbiger Wasserstoffe (bspw. blau oder türkis) sehen wir aus technischen sowie gesellschaftlichen Gründen nicht in Baden-Württemberg.

Dennoch ist unsers Erachtens die Erzeugung von Wasserstoff in kleinen Volumina auch in Baden-Württemberg denkbar. Anwendungen könnten sich hier bspw. im Rahmen der aus unserer Sicht dringend notwendigen Sektorkopplung oder in vereinzelt Quartiersanwendungen herausbilden.



24. VON **TERRANETS BW GMBH**

📅 15.10.2020 ⌚ 15:10

Import-Bedarf von Wasserstoff

Vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene ist es aus unserer Sicht unbedingt erforderlich, sowohl den Strom- als auch den Wärmemarkt in den Blick zu nehmen. In diesem Kontext ist die notwendige Dekarbonisierung aller Sektoren bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit durch den alleinigen Einsatz erneuerbarer Energien in Stromform weder möglich noch volkswirtschaftlich erstrebenswert. Zudem sehen wir die Verfügbarkeit von Wasserstoff als essentielle Voraussetzung für die Entstehung einer Wasserstoffwirtschaft in Baden-Württemberg.

Daher rechnen wir künftig mit einem massiven Wasserstoff-Import-Bedarf für Baden-Württemberg. Die Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung geht für das Jahr 2030 einschließlich der Stahlindustrie und der Raffinerien von einem gesamtdeutschen Wasserstoffbedarf von 90 bis 110 TWh aus. Im selben Jahr werden demgegenüber Erzeugungskapazitäten von 14 TWh grünen Wasserstoff anvisiert. Aufgrund der besonderen Senken-Situation in Baden-Württemberg erwarten wir, unabhängig von der tatsächlichen absoluten Größenordnung, eine weitaus größere relative Importnotwendigkeit. Darüber hinaus gehen wir von weiter signifikant wachsenden Bedarfen in den Jahren 2030 bis 2050 aus.

👍 0 🗨️ 0

23. VON **TERRANETS BW GMBH**

📅 15.10.2020 ⌚ 15:09

Herkunft Wasserstoff

Wie u.a. bereits in der Nationalen Wasserstoffstrategie angedeutet und schon heute mit Blick auf andere Energieträger geübte Praxis wird es für den künftig notwendigen Import von Wasserstoff auf den Aufbau internationaler H₂-Partnerschaften ankommen. Wir gehen davon aus, dass sich für den Handel mit Wasserstoff unterschiedlicher Herkunft ein internationaler Markt herausbilden wird. Erste Bemühungen zur Ansiedlung eines entsprechenden Handelsplatzes inkl. Denominierung in Euro laufen derzeit an. Entscheidend wird es hier u.a. auf eine nachvollziehbare Zertifizierung ankommen.

Vor diesem Hintergrund und entsprechend ihrer natürlichen Ressourcen wird Wasserstoff künftig von einer Vielzahl von Ländern großskalig produziert werden. So gehen wir beispielsweise davon aus, dass

Länder wie Russland, die Niederlande bzw. Dänemark und Schweden die Erzeugung blauen und türkisen Wasserstoffes aufnehmen werden. Hingegen werden sich Länder und Regionen mit hohen Volllaststunden aus Wind- und Sonnenenergie (z.B. Südeuropa, Nordafrika, Australien oder Küstenregionen im In- und Ausland) effizient auf die Erzeugung grünen Wasserstoffes fokussieren.



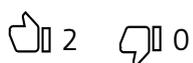
22. VON **TERRANETS BW GMBH**

📅 15.10.2020 ⌚ 15:08

Wasserstoff für Baden-Württemberg

Sowohl auf europäischer als auch auf deutscher Ebene haben die Gas-Fernleitungsnetzbetreiber bereits erste Konzepte zum Aufbau einer Wasserstoff-Backbone vorgelegt. Diese werden kontinuierlich erweitert und verfeinert. Auch die Europäische und Deutsche Wasserstoffstrategien setzen auf diese Infrastrukturen.

Im Fokus steht dabei die Nutzung bereits bestehender Erdgasleitungen bei möglichst geringem Neubau. Dadurch kann Wasserstoff versorgungssicher und diskriminierungsfrei zu volkswirtschaftlich geringstmöglichen Kosten transportiert und unabhängig vom optimalen Ort der Erzeugung dort zur Verfügung gestellt werden, wo er als Energieträger in unterschiedlichen Sektoren benötigt wird. Vor diesem Hintergrund prüft auch die terrantes bw als Gas-Fernleitungsnetzbetreiber in Baden-Württemberg die Möglichkeit, künftig Leitungen auf Wasserstoff umzustellen. Somit ließe sich Wasserstoff sowohl Kraftwerken und großen industriellen Abnehmern als auch Verteilnetzbetreibern und schlussendlich Haushalten zur Verfügung stellen.



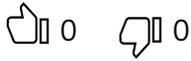
21. VON **TERRANETS BW GMBH**

📅 15.10.2020 ⌚ 15:07

Aufbau eines Wasserstoff-Transport- und Verteilsystems

Sowohl aus ökologischen und volkswirtschaftlichen Gründen als auch mit Blick auf die gesellschaftliche Akzeptanz sehen wir eindeutige Vorteile einer leitungsgebundenen Infrastruktur. Wie zuvor beschrieben geht es dabei zunächst um den Aufbau einer europäischen und deutschen Wasserstoff-Backbone, die sich wiederum ihrerseits bedarfsgerecht weiter verzweigen ließe und zu großen Teilen aus umzustellenden oder nicht mehr genutzten Erdgasleitungen bestünde.

Sowohl aufgrund der besonderen Versorgungssituation in Baden-Württemberg als auch aufgrund langer Planungs- und Investitionszyklen kommt es dabei entscheidend auf einen zügigen, gesamtgesellschaftlich getragenen Markthochlauf sowie die zwingend notwendige, schnellstmögliche Aufnahme von Wasserstoff in die Erdgas-Regulierungs-Systematik an. Ohne intensive Bemühungen in beiden Bereichen läuft Baden-Württemberg Gefahr, im wahrsten Wortsinne den Anschluss zu verlieren - auch im Vergleich zu anderen Bundesländern.



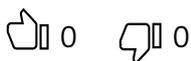
20. VON **TERRANETS BW GMBH**

📅 15.10.2020 ⌚ 15:06

Chancen für eine Elektrolyseindustrie

Wie zuvor beschrieben rechnen wir mit einer sehr hohen Dynamik im Bereich der Wasserstoffwirtschaft. Gleiches gilt demzufolge aus unserer Sicht für die Chancen einer baden-württembergischen Elektrolyseindustrie. Dabei wird sich in Baden-Württemberg und Deutschland wie beschrieben vor allem eine Nachfrage nach kleinen bis mittelgroßen Anlagen (an den Norddeutschen Küsten ggf. auch nach großen Anlagen) entwickeln.

Weitaus größeres Potential sehen wir jedoch spiegelbildlich zum europäischen und deutschen Import von Wasserstoff. Dieser setzt schlusslogisch eine großskalige Wasserstoff-Erzeugung im Ausland voraus. Hierfür wiederum bedarf es entsprechend großskaliger Elektrolyseure, deren Entwicklung, Weiterentwicklung und Export wir als große Chance für Baden-Württemberg einschätzen.

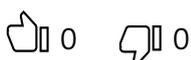


19. VON **OHNE NAME 11991**

📅 15.10.2020 ⌚ 13:51

Weiterbildung Projekt-Design und -auslegung

Neben Leitfäden zur Genehmigung (siehe auch Kommentar von Vorredner - wobei es diesen Leitfäden als Entwurf schon gibt) wäre eine Weiterbildung oder ein Kompendium mit Best Practice Beispielen und Lessons learned aus laufenden Projekten sehr hilfreich - muss ja nicht sein dass in vielen Projekten Fehler aus Pilotprojekten mangels Know How Transfer wiederholt werden.



Link dieser Seite:

<https://beteiligungsportal.baden-wuerttemberg.de/de/mitmachen/lp-16/wasserstoff-roadmap-bw/zweite-online-beteiligung/wasserstoffherzeugung-speicherung-und-verteilung>