

Sehr geehrte Frau Heinrichs,

die ambitionierten Pläne zur Nutzung von Wasserstoff in der EU und in Deutschland machen zukünftig einen Import von grünem Wasserstoff notwendig. Ich würde mich sehr freuen, wenn Sie die folgenden Fragen beantworten könnten:

- **Welche Kosten werden Ihrer Ansicht nach grüner Wasserstoff, der in der EU hergestellt wurde, bis 2050 haben?**

Die Erzeugung von grünem Wasserstoff kann nicht unabhängig von der direkten Nutzung des erneuerbaren Stroms gedacht werden. Damit ist gemeint, dass die besten Standorte für erneuerbare Energien in Europa nicht automatisch auch für die ausschließliche Produktion von grünem Wasserstoff zur Verfügung stehen. Auch ist es unwahrscheinlich, dass nicht direkt nutzbarer erneuerbarer Strom eine wirtschaftliche Wasserstoffproduktion ermöglicht. Um die politischen Treibhausgasreduktionsziele für Deutschland und Europa zu erreichen, bedarf es großer Mengen von grünem Wasserstoff, wie verschiedene Szenarien zeigen. Dieser Wasserstoff wird u.a. in der Industrie, im Verkehr und in Verbindung mit saisonalen Speichern zur bedarfsgerechten Stromerzeugung in Dunkelflauten genutzt werden. Zur grünen Wasserstoffproduktion werden deswegen auch zusätzliche erneuerbare Energieanlagen benötigt. Rein aus Sicht der verfügbaren erneuerbaren Energiepotentiale in Europa stellt dieser zusätzliche Bedarf aber keine Restriktion dar, weil das Potential den kombinierten Bedarf für Elektrizität und Wasserstoff deutlich übersteigt.

An unserem Institut für techno-ökonomische Systemanalyse am Forschungszentrums Jülich konnte in einer Szenario-Analyse gezeigt werden, dass man bereits mit sehr konservativen Annahmen zur Kostenentwicklung bei Wind, PV und Elektrolyse beispielsweise in den windreichen Regionen Europas wie Island, Irland, das Vereinigte Königreich oder Norwegen Exportkosten von flüssigem grünem Wasserstoff zwischen 3,5 bis 3,9 €/kg_{H2} erzielen kann. In diesen Kosten sind dann bereits alle Infrastrukturelemente bis zur Anlandung in Deutschland enthalten. Dies umfasst sowohl die Windturbinen, die Elektrolyseure, die Wasserstoffpipeline, die Verflüssigung und Speicherung am Hafen. (Studien-Link: https://www.fz-juelich.de/iek/iek-3/DE/News/TransformationStrategies2050/_node.html). Aktuell prüfen wir weitergehende Kostensenkungspotentiale. Importpreise in einer Spanne zwischen 2 bis 3 €/kg scheinen für ausgewählte Regionen mit sehr guten Bedingungen für erneuerbare Stromerzeugung in Verbindung mit kostengünstigen Transportpfaden erreichbar zu sein.

- **Welche Kosten prognostizieren Sie für importierten grünen Wasserstoff im Jahr 2050?**

Unterstellt man von den zuvor beispielhaft genannten Exporthäfen einen Transport nach Deutschland, würden sich sehr konservative durchschnittliche Importkosten für Deutschland in Höhe von ca. 3,7 €/kg_{H2} ergeben, wobei sich die initiale Spanne an unterschiedlichen Exportkosten durch abweichende Transportdistanzen über See weitestgehend ausgleichen. Diese Werte gelten für einen Wasserstoffimport von knapp 220 TWh/a und können bei höheren Wasserstoffimporten und der damit einhergehenden Erschöpfung von sehr vorteilhaften weltweiten Standorte für erneuerbarer Energien noch ansteigen. Die Analysen gehen dabei von einem weltweiten deutlichen Anstieg der Bedarfe an importiertem Wasserstoff aus. Der Importbedarf an grünem Wasserstoff für Deutschland ist das Ergebnis aus Treibhausgasreduktionsszenarien an unserem Institut für techno-ökonomische Systemanalyse am Forschungszentrums Jülich, in denen ein Treibhausgasminderungsziel von 95 % bis 2050 unterstellt wurde. Der Importbedarf an Wasserstoff wurde mit einem geschlossenen Energiesystemmodell ermittelt und stellt in Kombination mit einer nationalen Erzeugung von ca. 180 TWh grünem Wasserstoff das Kostenoptimum unter den getroffenen Annahmen für das deutsche Energiesystem in 2050 dar. D.h. das selbst unter konservativen Kostenannahmen grüne Wasserstoffimporte eine wichtige Rolle in zukünftigen stark dekarbonisierten Energiesystemen einnehmen werden.

- **Aus welchen Ländern könnte 2050 grüner Wasserstoff importiert werden, der mit hierzulande hergestelltem grauen Wasserstoff wettbewerbsfähig ist?**

Global gesehen gibt es eine Reihe an Regionen, die sehr günstige Bedingungen für erneuerbare Energien aufweisen und somit grünen Wasserstoff vergleichsweise kostengünstig produzieren können. Hierzu zählen z.B. das windreiche Patagonien mit konservativ errechneten Exportkosten am Hafen von ca. 3 €/kg_{H2} oder das sonnenreiche

Oman mit Exportkosten von ca. 3,6 €/kg_{H2}. Durch Erschließung von weiteren Kostensenkungen im Bereich Wind, PV und Elektrolyse können die Wasserstoffimportkosten noch deutlich abgesenkt werden. Insgesamt weist ein Teil dieser Regionen aber sehr große Transportdistanzen bis nach Deutschland auf. Deswegen weisen die Szenario-Ergebnisse unseres Instituts zu möglichen globalen Versorgungssystemen für grünen Wasserstoff auch einen wesentlichen Anteil (49 bis 61 %) an Austausch innerhalb von kontinentalen Regionen auf. Dies heißt, dass z.B. Deutschland eher von europäischen Regionen grünen Wasserstoff beziehen würde, als z.B. aus Patagonien in Südamerika oder aus Australien. Diese Regionen würden in einer globalen Wasserstoffwirtschaft voraussichtlich eher andere Nachfragezentren wie Nordamerika, Japan oder China beliefern.

Ohne Einbezug anderer Kosten wie Explorationskosten für neue Gasvorkommen, externer Kosten des Klimawandels oder einer höheren Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Produkte, auch an Finanzmärkten, wird sich voraussichtlich keine Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff gegenüber grauem Wasserstoff einstellen können. Es hängt also wesentlich von den politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen ab, ob grüner Wasserstoff wettbewerbsfähig werden kann. Vor dem Hintergrund der erforderlichen sehr hohen Treibhausgasreduktionen ist ein Vergleich zu grauem Wasserstoff nicht möglich. Allenfalls ist ein Vergleich zu blauem Wasserstoff und der Berücksichtigung der Kosten für CO₂ Abscheidung und Lagerung angezeigt. Mögliche Probleme mit der Akzeptanz bezüglich der CO₂ Speicherung sind damit dann aber noch nicht adressiert oder ausgeräumt.

- **In welcher Form halten Sie den Import von grünem Wasserstoff für sinnvoll?**

Dies hängt unter anderem stark von den Transportdistanzen, den geografischen Rahmenbedingungen und der Nutzungsart ab. So bieten sich beispielsweise für einen globalen Langstreckentransport große Schiffe mit Flüssigwasserstoff oder dort wo Landverbindungen vorhanden bzw. Meerestiefen nicht zu groß sind auch Wasserstoffpipelines an. Die gewählte Transportart des Wasserstoffs hängt dann aber auch von der Verwendungsart vor Ort ab. Sprich ein solcher Vergleich muss die gesamte Prozesskette von den erneuerbaren Energien bis hin zur Endnutzung umfassen. Hier greifen viele Studien aktuell noch zu kurz und enden z. B. beim Importhafen. Es macht aber natürlich einen Unterschied hinsichtlich noch erforderlicher Prozessschritte oder Nutzungsoptionen im Importland, ob ich flüssigen oder gasförmigen Wasserstoff oder Wasserstoffträger wie LOHC oder Ammoniak oder gar PtL-Produkte importiere. Während importierter Wasserstoff oder Wasserstoffträger für eine größere Bandbreite von Nutzungsoptionen vor Ort eingesetzt oder weiterverarbeitet werden können, ist die Nutzung bei PtL-Produkten schon festgelegter. In diesem Zusammenhang konnten wir im Rahmen von Energieszenarien für Deutschland bis 2050 zeigen, dass in einer kostenoptimalen Strategie für eine Treibhausgasreduktion von 95 % in Deutschland bis 2050 dem Wasserstoffimport der Vorzug vor PtL-Produkten gegeben wird. Auf diese Weise verbleibt auch ein größerer Teil der Wertschöpfung in Deutschland anstatt in Exportländer des grünen Wasserstoffs abzuwandern. Insofern kann sich eine Wertschöpfungsanalogie zu heutigem Rohölimport und den hiesigen Raffinerien zur Veredlung des Rohöls ergeben. Zusätzlich bietet flüssiger Wasserstoff aber noch die Optionen eines effizienten Transports und der direkten flüssigen Nutzung beim Endverbraucher wie beispielsweise an Flughäfen. Diese Optionen werden aktuell noch zu wenig mitbetrachtet, haben aber wesentlichen Einfluss auf den Prozesskettenvergleich.

- **Gibt es bereits einen internationalen Marktplatz für den Handel mit grünem Wasserstoff oder ist einer in Planung? Wie könnte der Handel aussehen, wer sind die potenziellen Akteure?**

In großem Stil, wie er im Rahmen starker Treibhausgasminderungsziele erforderlich würde, gibt es heute noch keinen Handel mit grünem Wasserstoff. Aufgrund der Eigenschaften von Wasserstoff und seiner Transportoptionen liegt es nahe, dass sich in einem zukünftigen globalen Markt für grünen Wasserstoff Analogien zum heutigen LNG und Erdgasmarkt ergeben könnten. Allerdings kann ein solcher Wasserstoffmarkt vergleichsweise mehr Teilnehmer umfassen, da erneuerbare Energiepotentiale nicht nur auf wenige Regionen weltweit beschränkt sind. Dabei ist aber zu beachten, dass grüner Wasserstoff auch wirklich „grün“ ist und damit bestimmte wohldefinierte Standards zu erfüllen hat. Hierzu laufen derzeit schon sehr konkrete Aktivitäten, um entsprechende Standards frühzeitig zu entwickeln. Hier ist insbesondere das europäische Projekt „CertifHy“ zu nennen, welches den Aufbau eines europäischen Zertifizierungssystems für global produzierten grünen Wasserstoff etablieren

soll. Wichtig bei einer solchen Regulierung bzw. Zertifizierung ist es Fehlentwicklungen wie beispielsweise beim Biomasseimport, wie die großen Monokulturen in den Exportländern und ihre ökologischen Folgen, zu vermeiden. Bei grünem Wasserstoff würden sich also eher Wind- und Solarenergie als erneuerbare Energiequellen anbieten unter der Voraussetzung, dass deren Landnutzung nicht die Entwicklungs- und Versorgungsoptionen der Exportländer beeinträchtigen. Auch muss der Wasserbedarf für die Elektrolyseure aus nachhaltigen Quellen stammen. Dies kann z. B. in sonnenreichen Regionen oft nur über Meerwasserentsalzungsanlagen erreicht werden.

- **Welche Hemmnisse müssen für den Import von grünem Wasserstoff noch fallen?**

Zunächst einmal bietet der Import von grünem Wasserstoff die Chancen auf eine Kostenreduktion für die deutsche Energiewende. Dies wird begleitet durch einen geringeren nationalen Landbedarf für erneuerbare Energien und der Möglichkeit heimische kalte Dunkelflauten ausgleichen zu können. Letzteres bedarf allerdings einer bedarfsgerechten Speicherung bzw. Bevorratung, um Versorgungsengpässe zu vermeiden. Diese Punkte müssen also mitgedacht werden bei der Ausgestaltung eines Wasserstoffmarktes. Ein weiterer Aspekt eines globalen Wasserstoffmarktes ist die Handloption u.a. für Entwicklungsländer, die damit Wachstumsimpulse für ihre heimische Industrie und Energieversorgung setzen können. Dies könnte für ein Exportland wie Deutschland durchaus positiv sein. Auch der zusätzliche Bedarf an Transportschiffen für den Hochsee- aber auch Binnentransport bieten Chancen für die deutsche Wirtschaft. Allerdings muss auch erwähnt werden, dass die für eine globale Wasserstoffwirtschaft, insbesondere für grünen Wasserstoff, nötigen Investitionen nur bei ausreichend geringem Risiko oder entsprechend großem Nutzen getätigt werden. Dies umfasst sowohl die Investitionen in die Wasserstoffinfrastrukturen bis hin zum Exporthafen inklusive ausreichender Speicher aber auch die Logistik des Langstreckentransports und die Infrastrukturen im Importhafen und zur weiteren Verteilung im Importland. Begleitet werden muss dies durch klare regulatorische Vorgaben, insbesondere die klare Kennzeichnung von grünem Wasserstoff und deren Anerkennung, um das Investitionsrisiko kalkulierbarer zu machen. Hierbei kann das Schaffen von Zusatznutzen in möglichen Exportländern hinsichtlich der lokalen Energieversorgung ebenfalls unterstützend wirken.

- **Welche Gefahren bestehen beim Import von grünem Wasserstoff? Wie können die Risiken reduziert werden?**

Wie bei allen Energieimporten existiert die Frage nach der Versorgungssicherheit. Ob dies im Fall von Importen von grünem Wasserstoff ein Risiko darstellt, hängt stark von der Entwicklung des globalen Marktes für grünen Wasserstoff ab, sprich wie viele unterschiedliche Akteure in welchen Regionen weltweit sich an diesem Markt beteiligen und wie hoch deren Diversität ist. Unsere Analysen zeigen aber, dass selbst bei Ausschluss wichtiger Exportländer die Importkosten nur unwesentlich steigen und die wegfallenden Wasserstoffmengen durch andere Exportregionen kompensiert werden könnten. Dieser Umstand könnte dafürsprechen, dass das Ausüben von Marktmacht in einem zukünftigen grünen Wasserstoffmarkt erschwert wäre. Ein anderes Risiko bestünde in dem möglichen Abwandern von energieintensiver Industrie aus Deutschland, wenn wir anstatt Wasserstoff oder Wasserstoffträger seine Folgeprodukte direkt importieren würden. Historisch siedelten sich energieintensive Industrien immer in geografischer Nähe zu Energievorkommen an, wie man am Beispiel des Ruhrgebiets gut beobachten konnte. Dies könnte vermieden werden, wenn wir die wesentlichen Wertschöpfungsschritte vor Ort in Deutschland belassen bzw. ansiedeln und ggf. sogar neue Optionen beispielsweise durch direkte Nutzung von flüssigem Wasserstoff im Endenergiesektor erschließen.