
IASS DISCUSSION PAPER

Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS)

Potsdam, März 2020

Internationale Wasserstoffpolitik

Eine kurze Bestandsaufnahme

Anlässlich der „Gesprächsrunde zu möglichen Elementen einer Wasserstoffaußenpolitik“ veranstaltet von Auswärtigem Amt und IASS Potsdam am 04.03.2020

Dominik Schäuble, Joschka Jahn, Lorenzo Cremonese,
Rainer Quitzow



Zusammenfassung

Dieses Hintergrundpapier gibt einen kurzen Überblick über internationale Aspekte einer Wasserstoffpolitik. Zunächst werden zentrale physikalische und techno-ökonomische Grundlagen zum Energieträger Wasserstoff dargestellt und einige Nachhaltigkeitsaspekte von Wasserstoff sowie die wichtigsten Zertifizierungsinitiativen in diesem Zusammenhang beschrieben. Daraufhin stellt das Papier bestehende Initiativen und Foren der europäischen und internationalen Wasserstoffpolitik vor. Es gibt zudem einen Überblick über die wichtigsten Aktivitäten und Strategien einer Auswahl von Vorreitern und Ländern mit Ambitionen, die zum Teil bereits heute erste konkrete Schritte in Richtung einer internationalen Wasserstoffwirtschaft gehen. Schließlich werden potenzielle Exportländer benannt, die in einschlägigen Studien als besonders vielversprechende Handelspartner für Deutschland und Europa identifiziert wurden. Das Papier schließt mit einem kurzen Fazit zu wichtigen Fragen einer internationalen Wasserstoffpolitik.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Einige physikalische und techno-ökonomische Grundlagen	5
2.1	Energiedichten und Umwandlungsverluste	5
2.2	Kosten und Kostenstruktur von Wasserstoff und E-Fuels	6
2.3	Fazit: Kostenentwicklung und langfristige Nachfrage	7
3.	Zertifizierungsansätze für nachhaltigen Wasserstoff	8
3.1	Deutschland	8
3.2	Europa	8
3.3	International	9
4.	Globale Governance – Bestehende Institutionen, Foren und Akteure	10
4.1	International	10
4.2	Europa	11
5.	Vorreiter und Länder mit Ambitionen	12
6.	Mögliche Exportländer	15
7.	Fazit	16
8.	Anhang	17
9.	Literatur	19
10.	Zu den Autoren	21

1. Einleitung

Zur Erreichung nationaler und internationaler Klimaziele in Industrie und Verkehr werden wahrscheinlich erhebliche Mengen an Wasserstoff bzw. darauf basierender synthetischer Kraft- und Brennstoffe¹ erforderlich sein. Schätzungen über die Entwicklung der Nachfrage liegen sowohl in der Menge als auch zeitlich stark auseinander. Langfristig ist jedoch klar, dass der Bedarf in Deutschland zu einem signifikanten Anteil über Importe gedeckt werden muss. Dies erfordert die Schaffung internationaler Produktions- und Transportkapazitäten, die zunehmende Mengen an Wasserstoff zu wettbewerbsfähigen Preisen bereitstellen können. Neben seiner klimapolitischen Relevanz hat dies potenziell auch Auswirkungen auf globale Handelsbeziehungen und geopolitische Akteurskonstellationen mit teilweise neuen Abhängigkeitsverhältnissen zwischen alten und neuen Handelspartnern.

Erste außenpolitische Weichen in diesem Zusammenhang werden bereits heute gestellt. Als ein wichtiger Vorreiter auf diesem Feld hat Japan mit der Formulierung seiner Wasserstoffstrategie im Jahr 2017 sowie internationalen Projekten zur Erprobung von Transportlösungen erste Schritte einer internationalen Wasserstoffpolitik eingeleitet. Mit dem G20 Gipfel in Osaka hat die japanische Regierung zudem Impulse für eine internationale Diskussion gegeben. Australien hat sich mit der Formulierung einer exportorientierten Wasserstoffstrategie als ambitionierter Player positioniert. Mit der Formulierung einer nationalen Wasserstoffstrategie will nun auch die Bundesregierung erste Signale für die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland setzen, die zwangsläufig eine wichtige internationale Dimension hat.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen soll dieses kurze Hintergrundpapier einen Überblick über aktuelle Entwicklungen und Governance-Strukturen auf internationaler Ebene geben. Das Papier beginnt mit einem kurzen Überblick über einige physikalische und techno-ökonomische Grundlagen (Kapitel 2). Kapitel 3 benennt einige Nachhaltigkeitsaspekte von Wasserstoff und geht auf bestehende Zertifizierungsinitiativen ein. Kapitel 4 widmet sich der europäischen und globalen Governance. Kapitel 5 stellt eine Auswahl ambitionierter Länder dar, die bereits heute erste konkrete Schritte in Richtung einer internationalen Wasserstoffwirtschaft gehen. Kapitel 6 geht auf mögliche Exportländer für Wasserstoff ein, die in einschlägigen Studien als besonders vielversprechende Handelspartner für Deutschland und Europa identifiziert wurden.

¹ Im Weiteren vereinfachend E-Fuels genannt.

2. Einige physikalische und techno-ökonomische Grundlagen

Die langfristige Bedeutung von Wasserstoff und E-Fuels ist noch mit vielen Unsicherheiten behaftet. Die folgende Darstellung einiger fundamentaler physikalischer Eigenschaften und techno-ökonomischer Zusammenhänge macht deutlich, warum der Einsatz von Wasserstoff und E-Fuels für gewisse Anwendungen sinnvoller ist als für andere.

2.1 Energiedichten und Umwandlungsverluste

Die Energiedichte unterschiedlicher Energieträger hat großen Einfluss auf Art und Kosten des Transports und der Verteilung, der Speicherung und der Nutzung der Energieträger. Ein offensichtliches Beispiel für die Bedeutung der Energiedichte ist der Luftverkehr: Große Lasten können nur mit Hilfe energiedichtere Kraftstoffe ohne Unterbrechung über weite Distanzen transportiert werden. Die massenbezogene Energiedichte von Wasserstoff ist sehr hoch. Allerdings ist für den Transport und die Nutzung der Energieträger die volumenbezogene Energiedichte meist wichtiger. Hier schneidet Wasserstoff deutlich schlechter ab. Bei Umgebungsdruck enthält ein Kubikmeter Wasserstoff nur ein Drittel der Energie von einem Kubikmeter Methan. Die Energiedichte von Diesel ist ungefähr sechs Mal so hoch wie von Wasserstoff bei 700 bar. Tabelle 1 zeigt die Energiedichten unterschiedlicher Energieträger, die für Anwendungen in Verkehr, Industrie und Stromsektor als Optionen diskutiert werden.

Energieträger	Energiedichte in MJ/kg	Energiedichte in MJ/L
Wasserstoff (1 bar)	120	0,01
Methan	50	0,03
Wasserstoff (700 bar)*	120	5,6
Lithium-Ionen-Akku	0,65	0,7-1,8
Diesel	43	35-36
Wasserstoff (flüssig)	120	10,1

Tabelle 1 Energiedichten unterschiedlicher Energieträger bezogen auf Masse (Mitte) und Volumen (rechts) (Linde Gas 2013; Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2012; Strategiekreis Wasserstoff des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit 2005; Meeus 2018). *Brennstoffzellen-Autos haben typischerweise 700 bar Tanks.

Neben der Energiedichte hat der Wirkungsgrad der Energieumwandlungsprozesse großen Einfluss auf die Ressourceneffizienz und Wirtschaftlichkeit der Energieträger in unterschiedlichen Anwendungen. Die Wirkungsgrade einiger zentraler technischer Anlagen und Prozesse sind in Tabelle A1 (Anhang) dargestellt. Auffällig sind die sehr hohen Wirkungsgrade der direktelektrischen Anwen-

dungen im Vergleich zu den Pfaden, die den Strom zunächst in chemische Energieträger umwandeln. Ausgehend von Strom aus erneuerbaren Energien sind batterieelektrische Autos in der Nutzung ca. 2,5 Mal so effizient wie Brennstoffzellen Autos und ca. 5 Mal so effizient wie Verbrenner.

2.2 Kosten und Kostenstruktur von Wasserstoff und E-Fuels

Die zukünftige Kostenentwicklung hat maßgeblichen Einfluss auf die langfristige Bedeutung von Wasserstoff und E-Fuels für das Energiesystem und die Industrie. Auch wenn die Unsicherheit der Kostenschätzungen für 2030 und 2050 beträchtlich ist, sollen hier einige Zahlen (siehe auch Tabelle 2) und fundamentale Aspekte angesprochen werden. Dabei werden vor allem die Kostenstrukturen von grauem und grünem Wasserstoff verglichen. Unterschiedliche Herstellungsverfahren für Wasserstoff sowie damit verbundene Ausgangsstoffe und Bezeichnungen werden kurz in der Infobox auf S. 7 dargestellt.

Energieträger	Gesamtkosten [Ct/kWh]		
	2020	2030	2050
Grüner Wasserstoff	10,2	7,8	4,9
Blauer Wasserstoff	6,3	--	--
Grauer Wasserstoff	4,7	--	--
E-Methan	18 (17-19)	14 (12-16)	10 (7-13)
Erdgas	1,6 (1,4-1,9)	2,3 (1,7-2,8)	3,0 (2,3-3,8)
Flüssige E-Fuels	18 (17-19)	14 (11-16)	10 (7-12)
Superbenzin	4,7 (4,2-5,1)	6,2 (4,4-8,0)	7,6 (4,9-10,3)

Tabelle 2 Herstellungskosten für Wasserstoff und Gesamtkosten (ohne Netzentgelte und Vertriebskosten) für E-Methan und flüssige E-Fuels im Vergleich mit konventionellen Energieträgern (ohne Vertrieb, Abgaben/Umlagen) (aus frontier economics 2018a).

Die Internationale Energieagentur (IEA) schätzt die derzeitigen Kosten für die Herstellung von grauem Wasserstoff mit Hilfe der Dampfreformierung von Erdgas auf 4,7 Ct/kWh für typische europäische Erdgaspreise (International Energy Agency (IEA) 2019, S. 42). Grauer Wasserstoff würde durch einen CO₂-Preis von 100 €/tCO₂ um ca. 3 Ct/kWh teurer. Das Auffangen der CO₂-Emissionen der Dampfreformierung (CCS) würde laut IEA die Herstellungskosten für Wasserstoff um ca. 34% auf 6,3 Ct/kWh erhöhen. In Nordafrika mit Hilfe von PV hergestellter grüner Wasserstoff würde derzeit ungefähr 10,2 Ct/kWh, in 2030 ca. 7,8 Ct/kWh und in 2050 ca. 4,9 Ct/kWh kosten (frontier economics 2017).

Basierend auf Szenarien des Mineralölwirtschaftsverbandes, der Weltbank und der IEA gehen frontier economics (2018a, S. 80) von einem Produktbeschaffungspreis für Erdgas von 1,6 Ct/kWh in 2020, 2,3 Ct/kWh in 2030 und 3,0 Ct/kWh in 2050 aus. Ein CO₂-Preis von 100 €/tCO₂ würde den Produktbeschaffungspreis von Erdgas um gut 2 Ct/kWh erhöhen. Im Vergleich dazu würde synthetisches Methan, hergestellt aus grünem Wasserstoff, derzeit ca. 18 Ct/kWh kosten. Bis 2030 könnten die Kosten auf 14 Ct/kWh und bis 2050 auf 10 Ct/kWh zurückgehen (frontier economics 2018a, S. 82). Die gleichen Kosten werden für synthetische flüssige Kraftstoffe angenommen. Diese sind allerdings mit den höheren Kosten für Superbenzin zu vergleichen (4,7 Ct/kWh in 2020, 6,2 Ct/kWh in 2030 und 7,6 Ct/kWh in 2050). Ein CO₂-Preis von 100 €/tCO₂ würde den Preis für Superbenzin um gut 2,6 Ct/kWh erhöhen.

Grau, blau, türkis, grün - die Farbenlehre des Wasserstoffs

In der politischen Debatte zu Wasserstoff ist eine farbliche Typologie verbreitet, die auf den unterschiedlichen Ausgangsstoffen und Umwandlungsprozessen der Wasserstoffherstellung basiert. Als grau wird der Wasserstoff charakterisiert, wenn er aus fossilen Rohstoffen gewonnen wird und die im Prozess entstehenden CO₂-Emissionen nicht aufgefangen werden. Grauer Wasserstoff macht den überragenden Teil der heutigen globalen Wasserstoffproduktion aus. Der wichtigste Prozess ist die Dampfreformierung von Erdgas. Wenn die bei der Herstellung grauen Wasserstoffs erzeugten CO₂-Emissionen aufgefangen und in geologischen Speichern (CCS) gespeichert werden, spricht man von blauem Wasserstoff. Die Herstellung türkisen Wasserstoffs basiert zwar auf dem fossilen Rohstoff Erdgas, erzeugt aber keine Prozessemissionen. Erdgas wird hier durch Pyrolyse in seine Bestandteile elementarer Kohlenstoff und Wasserstoff zerlegt. Als grün wird Wasserstoff charakterisiert, der durch Elektrolyse von Wasser mit Hilfe von Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt wird.

2.3 Fazit: Kostenentwicklung und langfristige Nachfrage

Trotz der inhärenten Unsicherheiten zeichnen sich einige Trends in den oben genannten Kostenschätzungen ab: a) Es scheint langfristig möglich, dass grüner Wasserstoff zu ähnlichen Kosten hergestellt werden kann wie grauer Wasserstoff heute. b) Der Abstand in den Herstellungskosten zu den derzeit gängigen Energieträgern (Superbenzin bzw. Erdgas) ist bei flüssigen synthetischen Treibstoffen deutlich kleiner als bei synthetischem Methan. Die CO₂-Vermeidungskosten sind für flüssige synthetische Treibstoffe also deutlich niedriger als für synthetisches Methan. Die Transportkosten nach Deutschland spielen bei flüssigen E-Fuels und Methan aus Nordafrika keine große Rolle. Die Transportkosten von gasförmigem und flüssigem Wasserstoff sind auf Grund der geringeren Energiedichte und der höheren Verdampfungsrate höher als für E-Fuels. Insgesamt sind die Kosten des Wasserstofftransports derzeit noch mit sehr großen Unsicherheiten behaftet, da noch unklar ist, in welcher Form Wasserstoff am besten transportiert wird.

Die vorliegenden Langfristszenarien² des deutschen und europäischen Energiesystems (und der Industrie) weisen trotz teils erheblicher quantitativer Unterschiede einige relativ robuste Muster hinsichtlich der Nachfrage nach grünem Wasserstoff und E-Fuels auf: a) Energieeffizienz und die direkte Nutzung elektrischer Energie sind für die meisten energiebezogenen Anwendungen kostengünstiger. Das zeigt sich auch darin, dass -80%-Szenarien aus Kostengründen keine nennenswerten Power-to-Gas-Beiträge erwarten lassen. b) Grüner Wasserstoff kann die langfristig fortbestehende industrielle Nachfrage nach Wasserstoff decken, z.B. für die Synthese von Ammoniak. c) Mit Hilfe grünen Wasserstoffs können einzelne industrielle Prozesse, die bislang mit hohen CO₂-Emissionen verbunden sind, emissionsarm bzw. -frei gemacht werden (z.B. Direktreduktion von Eisenerz in der Stahlherstellung). d) Im Energiesystem ist die Anwendung grünen Wasserstoffs und synthetischer Treibstoffe vor allem dort zu erwarten, wo Alternativen derzeit nicht absehbar sind: Langstreckenluftverkehr, Seeverkehr, Beitrag zum Schwerlastverkehr auf der Straße, Beitrag zur Stromspeicherung, Beitrag zur Prozesswärmeerzeugung in der Industrie. Ob darüber hinaus größere Beiträge zu erwarten sind, ist derzeit unklar bzw. umstritten.

² dena 2018; Energiesysteme der Zukunft (ESYS) 2017; European Commission 2018; Fraunhofer ISI et al. 2017; Umweltbundesamt (UBA) 2014; Umweltbundesamt 2019; Öko-Institut und ISI 2015; prognos und BCG 2018.

3. Zertifizierungsansätze für nachhaltigen Wasserstoff

Um die ökologische und soziale Nachhaltigkeit einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft zu gewährleisten, sind Zertifizierungssysteme von großer Bedeutung. Dabei wird eine Beschränkung auf die unmittelbaren CO₂-Emissionen der Vielschichtigkeit der Wirkungen der Wasserstoffherstellung nicht gerecht. Für eine zielführende Bestimmung der CO₂-Emissionen ist die Frage wichtig, was mit dem erneuerbaren Strom passiert wäre, wenn er nicht für die Elektrolyse genutzt worden wäre. Hätte er beispielsweise Kohlestrom ersetzt, ist die Netto-Wirkung des grünen Wasserstoffs sogar negativ. Außerdem sind Kriterien wie der Flächenverbrauch, die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und soziale Wirkungen zu berücksichtigen. Dies gilt vor allem auch dann, wenn grüner Wasserstoff oder E-Fuels außerhalb Deutschlands oder Europas in großem Maßstab erzeugt werden sollen. Derzeit sind in den Zertifizierungsinitiativen, über die wir hier berichten, keine Kriterien enthalten, die über die unmittelbaren CO₂-Emissionen hinausgehen.

3.1 Deutschland

Deutschland besitzt bereits eine Norm für grünen Wasserstoff, die drei Produktionspfade abdeckt: Elektrolyse mit erneuerbarer Energie, Biomethan-Dampfreformierung und Pyro-Reformierung von Glycerin. Für die Ausgangsstoffe wie z.B. Strom aus erneuerbaren Energien müssen Herkunftsnachweise vorgelegt werden (z.B. nach EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED)). Darüber hinaus legt die Norm CMS 70 TÜV SÜD untere Grenzwerte für die Reduzierung der THG-Emissionen der Wasserstoffherzeugung fest: die Herstellung grünen Wasserstoffs muss den THG-Ausstoß im Vergleich zu konventionellem Wasserstoff um mindestens 60% reduzieren. Für Wasserstoff, der durch Elektrolyse hergestellt wird, gilt eine Reduzierung von mindestens 75%. Um diese THG-Reduktionen abzuleiten, müssen die Produktions- und Lieferketten von Einsatzmaterialien und Energie einbezogen werden.

3.2 Europa

Das CertifHy-Projekt wird von einem Konsortium aus Forschungs-, Beratungs- und Zertifizierungsorganisationen durchgeführt, das vom Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH2JU, siehe 4.2) der Europäischen Union finanziert wird. Ziel ist die Entwicklung eines Herkunftsnachweises für kohlenstoffarmen Wasserstoff (Low Carbon Guarantee of Origin, GoO) unter breiter Beteiligung von Stakeholdern. Nachdem die Verfahren und die damit verbundenen Kosten für die Nutzer umfassend getestet wurden, soll ein Plan für den EU-weiten Rollout entwickelt werden. CertifHy konzentriert sich auf grünen und kohlenstoffarmen Wasserstoff (hergestellt durch Atomstrom, fossile Brennstoffe mit CCS/CCU usw.), der als Premium-Wasserstoff definiert wird. Um als Premium-Wasserstoff zertifiziert zu werden, muss die THG-Emissionsintensität mindestens 60% niedriger sein als die Wasserstoffproduktion über Erdgas (festgelegt auf 91 g CO₂eq/MJH₂). Durch die CertifHy-Zertifizierung erhält der Endnutzer Informationen über den Ort, die Quelle, die Zeit, die THG-Intensität der Wasserstoffproduktion usw. CertifHy stellt eine vielversprechende Initiative dar, auf der aufgebaut werden kann.

3.3 International

Die Clean Energy Partnership (CEP) ist ein internationales Konsortium aus 16 Unternehmen aus der Automobil-, Mineralöl- und Gaswirtschaft, das die Etablierung von Wasserstoff als Energieträger im Verkehr anstrebt. In ihrem Zertifizierungsrahmen berücksichtigt die CEP nur die Produktionsphase von Wasserstoff, der durch Elektrolyse aus erneuerbarem Strom oder Biomasse erzeugt wird. Erneuerbarer Strom muss nachweislich (z.B. nach EU-RED) zu 100% aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden, wobei mindestens ein Drittel der Anlagen höchstens sechs Jahre alt sein darf.

4. Globale Governance – Bestehende Institutionen, Foren und Akteure

Auf nationaler und internationaler Ebene gibt es breite Unterstützung für den weltweiten Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft. Unterschiedliche Initiativen sollen Investitionsanreize geben, die Nachfrage nach sauberem Wasserstoff in verschiedenen Sektoren erhöhen, die Komplexität des internationalen Versorgungssystems handhabbar machen, Forschung und Entwicklung im Bereich Wasserstofftechnologien vorantreiben, sowie Standards und Regulierungen für Produktion, Transport und Handel harmonisieren.

4.1 International

Auf dem G20-Gipfel 2019 in Japan fand erstmals ein Ministertreffen zu Energiewende und Umwelt für nachhaltiges Wachstum statt, bei dem Wasserstoff eine zentrale Rolle spielte. In Zusammenarbeit mit der Internationalen Energieagentur (IEA) wurde der Bericht „The Future of Hydrogen: Seizing Today’s Opportunities“ vorgestellt und die G20-Staaten erklärten das gemeinsame Interesse Wasserstoff als sauberen Energieträger zu fördern. Bereits 2018 hatte Japan im Rahmen des Clean Energy Ministerials ein erstes Hydrogen Energy Ministerial in Tokyo veranstaltet.

Die 2003 gegründete International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (IPHE) ist eine zwischenstaatliche Initiative³ zur Förderung eines internationalen Marktes für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Zu diesem Zweck soll vor allem die Harmonisierung von Regulierungen und Standards vorangetrieben werden.

Internationale Standards zu Wasserstofftechnologien werden zudem vom „Technischen Komitee 197“ der Internationalen Organisation für Standardisierung (ISO) definiert. Weitere internationale Standards für Anwendungstechnologien werden in Komitees relevanter Organisationen diskutiert, darunter die Internationale elektrotechnische Kommission (IEC), die Internationale Seeschiffahrts-Organisation (IMO) und die International Civil Aviation Organization (ICAO).

Der „Hydrogen Council“ ist eine Vereinigung führender Unternehmen und privater Investoren aus den Bereichen Energie, Transport und verwandten Sektoren, die sich zum Ziel gesetzt haben die Entwicklung und Kommerzialisierung des Wasserstoff- und Brennstoffzellensektors voranzutreiben. Er wurde 2017 beim Weltwirtschaftsforum in Davos gegründet.

Bereits seit mehreren Jahrzehnten unterhält die IEA jeweils eine Forschungskooperation zu Wasserstoff (Hydrogen TCP, seit 1977) und zu Brennstoffzellen (Advanced Fuel Cell TCP, seit 1977). Eine neuere, anwendungsorientierte Initiative zur Förderung von Technologieentwicklung besteht im Rahmen von Mission Innovation.

³ 19 Staaten (z.B. Deutschland, USA, China, Russland, Indien, Japan) plus EU Kommission

4.2 Europa

Unter der österreichischen EU-Ratspräsidentschaft haben die Energieminister von 25 EU-Staaten in Linz die ‚Hydrogen Initiative‘ gestartet um die Schaffung der legislativen Voraussetzungen für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft voranzutreiben. Auf europäischer Ebene wurde bereits 2008 die Gemeinsame Technologieinitiative für Brennstoffzellen und Wasserstoff (FCH JU) gestartet. Das übergreifende Ziel ist der Aufbau einer starken, nachhaltigen und weltweit wettbewerbsfähigen Brennstoffzellen- und Wasserstoffbranche in der EU. Zwischen 2014 und 2024 beträgt das Budget über 1,3 Milliarden Euro. Das FCH JU (später FCH2JU) ist eine öffentlich-private Partnerschaft zwischen der Europäischen Kommission und Hydrogen Europe. Hydrogen Europe ist der Europäische Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband. Er umfasst sowohl Unternehmen als auch Forschungseinrichtungen. FCH2JU veröffentlichte im Februar 2019 die ‚Hydrogen Roadmap Europe‘ – ein Fahrplan wie Wasserstoffherstellung und -nutzung bis 2050 großflächig ausgebaut werden können. Im Rahmen des neuen Forschungsrahmenprogramms der EU soll das FCH JU durch die European Partnership Clean Hydrogen abgelöst werden.

5. Vorreiter und Länder mit Ambitionen

Es gibt einige Länder, die sich große Chancen in einer zukünftigen Welt mit globalem Wasserstoffmarkt ausrechnen. Viele von ihnen haben Strategiepapiere vorgelegt, die den Fokus ihrer Ambitionen beschreiben. Die Zahl der Länder, die heute schon nennenswerte Projekte vorweisen können, ist allerdings überschaubar, insbesondere wenn es um Projekte mit internationalem Charakter geht. Wie die Abbildung A1 im Anhang zeigt sind Deutschland und Europa, was die Anzahl an Projekten zur Herstellung von Wasserstoff mit reduzierten CO₂ Emissionen angeht, führend.

International ist **Japan**, sowohl was heutige Projekte und Initiativen als auch strategische Ambitionen angeht, der wichtigste Vorreiter. Japans Ambition ist es eine neue Wachstumsindustrie zu schaffen und als wasserstoffbasierte Gesellschaft die Energiesicherheit zu erhöhen (Japan's Ministerial Council on Renewable Energy, Hydrogen and Related Issues 2017). Aufgrund fehlender heimischer Produktionspotenziale spielt für Japan vor allem die Entwicklung eines internationalen Marktumfeldes eine zentrale Rolle. Die Kosten für sauberen Wasserstoff sollen dazu durch internationale Lieferketten deutlich gesenkt werden. Dazu besteht bereits Kontakt zwischen der japanischen Regierung und japanischen Unternehmen zu Staaten wie Australien, Brunei, Norwegen und Saudi-Arabien.

Kawasaki hat im Dezember 2019 den ersten Tanker für den Transport von flüssigem Wasserstoff zu Wasser gelassen (Harding 2019). Er ist Teil des ‚Hydrogen Energy Supply Chain Project‘ (HESC), das von den Regierungen Japans, Australiens und Victorias sowie Unternehmen aller Seiten durchgeführt wird (Hydrogen Energy Supply Chain (HESC) 2020). Ziel ist der Aufbau einer vollständigen Wasserstofflieferkette von der Produktion in Victoria bis zum Vertrieb in Japan mit ersten Wasserstofflieferungen Ende 2020. Zwischen Japan und Saudi-Arabien gibt es seit 2017 Bestrebungen ein gemeinsames Demonstrationsprojekt zum Aufbau einer Wasserstofflieferkette aufzusetzen (Nagashima 2018, S. 36). Als vielversprechender Energieträger für den Transport gilt dabei Ammoniak, das bereits in großen Mengen in Saudi-Arabien produziert wird. Zu guter Letzt soll hier erwähnt sein, dass Toyota einer der beiden Hersteller ist, die Brennstoffzellenautos in vergleichsweise großen Stückzahlen bauen und weltweit vertreiben.

Die **Niederlande** wollen durch den Ausbau der Offshore-Windenergie, den Hafen in Rotterdam und die Umrüstung eines Teils des Erdgasnetzes auf Wasserstoff zu einem europäischen Wasserstoff-Hub werden (TNO Insights 2019). Es gibt erste gemeinsame Initiativen mit Deutschland bzw. Nordrhein-Westfalen (NRW) (Teuffer 2020). Der Fokus des Vorhabens ‚Hy3‘ liegt auf der Erzeugung von grünem Wasserstoff durch Offshore-Windanlagen und den Transport über Gasleitungen zu industriellen Großkunden in NRW. Bis Ende 2020 sollen die Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie vorliegen. Langfristiges Ziel des Projektes ‚RH2INE‘ (Partner sind NRW, Provinz Süd-Holland und mehrere Häfen von Köln bis Rotterdam) ist der Aufbau einer Infrastruktur zur Wasserstoffversorgung in den Rheinhäfen.

Im Projekt ‚H-Vision‘ planen 16 Partner, unter ihnen Konzerne wie Air Liquide, BP, Gasunie, Shell und Uniper, den Aufbau einer umfassenden Wertschöpfungskette für blauen Wasserstoff im Hafen von Rotterdam (TNO 2019). Die Projektpartner planen große Investitionen in die Erzeugung blauen Wasserstoffs und ein Leitungssystem zur Versorgung der Abnehmer im Hafengebiet. ‚H-Vision‘ soll mit dem Projekt ‚Porthos‘ verknüpft werden, das den Aufbau einer Infrastruktur für Transport und

Speicherung von CO₂ in erschöpften Gasfeldern unterhalb der Nordsee zum Ziel hat. Die Unternehmen Vattenfall/Nuon, Gasunie und Equinor planen die Konversion eines der Blöcke des Gaskraftwerks Nuon Magnum von Erdgas auf Wasserstoff (Vattenfall 06.07.2017). Die Konversion des Kraftwerks soll bis 2023 abgeschlossen. Es wäre das weltweit erste Großkraftwerk, das mit reinem Wasserstoff betrieben wird.

Durch seine großen Erneuerbaren-, Öl- und Gas-Ressourcen spielt für **Norwegen** sowohl grüner als auch blauer Wasserstoff eine wichtige Rolle. Das norwegische Unternehmen nel ASA ist ein global führender Anbieter von Technologie zur Herstellung, Speicherung und Verteilung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien. Gleichzeitig ist der Öl- und Gaskonzern Equinor in der Herstellung von blauem Wasserstoff inklusive der Speicherung des anfallenden CO₂ unter der Nordsee aktiv. Wasserstofftechnologie wird in Norwegen bereits implementiert: Anfang 2020 hat Norwegens größter Lebensmittelgroßhändler ASKO vier Scania-LKWs mit Brennstoffzellenantrieb in den regulären Betrieb genommen (Scania 20.01.2020). Norwegische Unternehmen planen den Bau eines Küstenkreuzfahrtschiffs mit 3,2 MW Brennstoffzelle und Batterie, das 2023 den Betrieb aufnehmen soll (Radowitz 2020).

Südkorea sieht seine Chancen im Hinblick auf Wasserstoff hauptsächlich in der Fahrzeugproduktion. Bis 2040 erhofft sich die südkoreanische Regierung dadurch eine jährliche Wertschöpfung von 35 Mrd. Euro und 420.000 neue Arbeitsplätze (Hong und Choi 2019). Im vierten Quartal 2019 hat Hyundai Toyota als größten Verkäufer von Brennstoffzellenautos überholt (Herh 2019). Gleichzeitig ist Südkorea derzeit der größte Markt für Brennstoffzellenautos. Im August 2018 hat der Bau des weltweit größten Wasserstoff-Brennstoffzellenkraftwerks in Daesan begonnen (Weidner et al. 2019, S. 10–11). Es wird mit Wasserstoff betrieben, der als Nebenprodukt der petrochemischen Industrie anfällt.

China ist derzeit der weltweit größte Wasserstoffproduzent und setzt dabei vorwiegend auf Kohlevergasung mit entsprechend hohen CO₂-Emissionen. Gleichzeitig sieht China in der Produktion und –nutzung grünen Wasserstoffs eine Möglichkeit die Abregelung von Windenergieanlagen im Nordwesten des Landes zu verringern und den Erfolg bei der Einführung von Elektrofahrzeugen für Brennstoffzellenfahrzeuge (FCVs) zu wiederholen. Die Senkung der Schadstoffbelastung und der THG-Emissionen ist dabei gleichermaßen von Bedeutung. Es ist zu erwarten, dass China auch beim Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft eine hohe Dynamik entwickeln wird, die sich sowohl auf Technologieführerschaft, als auch auf Wasserstoffherzeugung und –nutzung erstrecken dürfte. Durch die vorhandene Expertise dürfte auch blauer Wasserstoff eine wichtige Rolle dabei spielen.

Australien wird durch seine gewaltigen erneuerbaren Ressourcen und verfügbaren Flächen gerne als zukünftiger Wasserstoffexportriese charakterisiert. Auch in Australien selbst werden die großen Chancen gesehen, die eine australische und globale Wasserstoffwirtschaft bieten könnten. Entsprechend hat das zuständige Ministerium Ende 2019 die Nationale Wasserstoffstrategie veröffentlicht (COAG Energy Council 2019). Auch die Kohleindustrie sieht Möglichkeiten von der Entwicklung hin zu Wasserstoff zu profitieren, da sie im kommenden Jahrzehnt Kostenvorteile bei der Herstellung von blauem Wasserstoff aus Kohle im Vergleich zu grünem Wasserstoff sieht. Das bereits erwähnte japanisch-australische Projekt ‚HESC‘ setzt zunächst auf eine Wasserstoffproduktion aus Braunkohle aus dem Latrobe Valley kombiniert mit CO₂-Abscheidung (Hydrogen Energy Supply Chain (HESC) 2020).

Kanada möchte Exportland für sauberen Wasserstoff werden. Bereits heute sind kanadische Technologiefirmen wie Ballard Power Systems und Hydrogenics führende Anbieter von Elektrolyse- und Brennstoffzellensystemen. 90% der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie werden derzeit exportiert (Laperche-Riteau 2018). Ballard und Siemens entwickeln gemeinsam einen Brennstoffzellen-Antrieb für die Siemens-Zugplattform Mireo (Siemens 26.02.2018).

Kalifornien betrachtet Wasserstoff neben der weiteren Elektrifizierung als einen Schlüssel zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors bis Mitte des Jahrhunderts. Ein weiteres wichtiges Ziel ist einen bedeutenden Anteil am zukünftigen Weltmarkt für Wasserstofftechnologien zu haben. Bloom Energy ist ein Vorreiter in Sachen Brennstoffzellentechnologie mit der Herstellung von kommerziellen stationären Hochtemperatur-Brennstoffzellen (Bloom Energy 2020). Die strengen CO₂-Emissionsgrenzwerte im Straßenverkehr sind ein wichtiger Treiber für die Verbreitung von Brennstoffzellenantrieben und Tankstellen auf den kalifornischen Straßen.

6. Mögliche Exportländer

Vorliegende Studien enthalten erste Abschätzungen des Potenzials unterschiedlicher Länder als mögliche Exporteure von grünem Wasserstoff (frontier economics 2018b; adelphi et al. 2019). In Europa bzw. im direkten Umfeld Europas werden Spanien, Norwegen, Island, Marokko, Algerien, Tunesien, Russland und die Türkei als besonders aussichtsreiche Kandidaten genannt. Dabei werden das technische Potenzial, Herstellungskosten und die Verfügbarkeit von Transportinfrastruktur, wie Erdgasleitungen und LNG-Terminals berücksichtigt. Darüber hinaus wird das institutionelle Umfeld in die Analyse einbezogen. Auch die bereits vorhandenen Energiebeziehungen Deutschlands, beispielsweise mit den identifizierten Ländern in Nordafrika, werden als positiver Faktor gewertet. Langfristig betrachtet werden unter anderem Australien, Kanada, Saudi-Arabien und Chile als besonders aussichtsreiche Standorte für die Herstellung grünen Wasserstoffs identifiziert. Aufgrund der hohen Unsicherheiten in Bezug auf den Transport ist allerdings unklar, ob der Import aus weiter entfernten Regionen eine realistische Perspektive bietet. Kurz- bis mittelfristig erscheinen Lieferbeziehungen mit Ländern im näheren geographischen Umfeld als wahrscheinlicher.

Neben ökonomischen Parametern und den vorliegenden Investitionsbedingungen könnten auch geopolitische Fragen für die Entwicklung von Handelsbeziehungen eine Rolle spielen. Unter anderem wird in diesem Zusammenhang diskutiert, ob der Export von Wasserstoff/E-Fuels eine Zukunftsperspektive für Länder bieten könnte, die wirtschaftlich stark vom Export von Erdöl und/oder Gas abhängen. Dazu gehören unter anderem Russland, Kasachstan und einzelne Golfstaaten. Vor diesem Hintergrund wird auch dem Import von blauem Wasserstoff eine mögliche Rolle eingeräumt.

7. Fazit

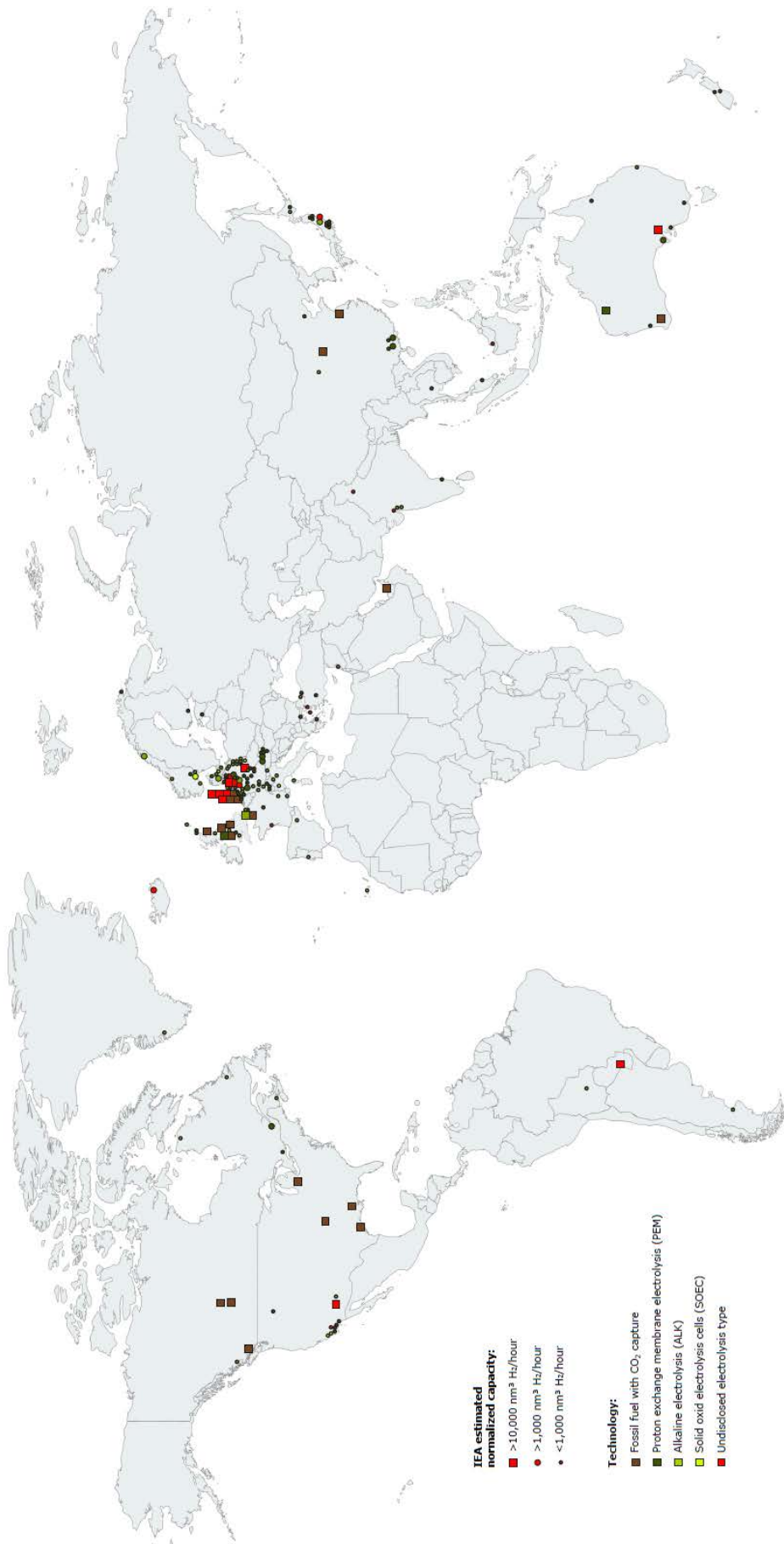
Bisher hat sich vor allem Japan als internationaler Vorreiter der internationalen Wasserstoffpolitik positioniert. Unter den möglichen Exportländern zeigt sich vor allem Australien als ambitionierter Akteur. Im Rahmen der internationalen Energiezusammenarbeit unterhält die Bundesregierung bereits Energiepartnerschaften und -dialoge mit diesen Ländern sowie anderen wesentlichen Vorreitern und potenziellen Exporteuren, darunter Norwegen, China, Chile, USA/Kalifornien und Marokko. Mit den Niederlanden bestehen aufgrund der räumlichen Nähe sowie der Zusammenarbeit im Rahmen der EU ebenfalls enge Beziehungen.

An die bestehenden Beziehungen kann Deutschland im Rahmen einer internationalen Wasserstoffpolitik anknüpfen. Die anstehende deutsche Ratspräsidentschaft der EU bietet eine wichtige Möglichkeit auch im Rahmen der EU und der europäischen Außenbeziehungen einen strategischen Rahmen für eine internationale Wasserstoffpolitik zu definieren. Hierbei gilt es unterschiedliche Zieldimensionen einer internationalen Wasserstoffpolitik zu berücksichtigen und miteinander in Einklang zu bringen. Dazu gehören nicht nur die industriepolitischen und klimapolitischen Ziele Deutschlands sondern auch darüber hinausgehende geopolitische und sicherheitspolitische Interessen. Ebenso wichtig ist die Frage, welche Auswirkungen der Aufbau einer internationalen Wasserstoffwirtschaft auf eine globale Energiewende und die Erreichung der internationalen Klima- und Nachhaltigkeitsziele hat. Dazu gehört auch die Frage, welche Wirkung Investitionen in eine Wasserstoffwirtschaft auf die klimapolitischen Bemühungen und Entwicklungschancen der betroffenen Länder haben.

8. Anhang

Prozess / Anlage	Wirkungsgrad
Elektrolyse (Wasser)	70%
Methanisierung (H ₂ +CO ₂)	80%
Herstellung flüssiger Kraftstoffe (z.B. Fischer-Tropsch)	70%
Brennstoffzelle	60%
Elektromotor	85%
Verbrennungsmotor	30%
EE-Strom > Nutzenergie Batterieelektrisches Auto	69%
EE-Strom > H ₂ > Nutzenergie Brennstoffzellen Auto	26%
EE-Strom > H ₂ > E-Fuel > Nutzenergie Auto mit Verbrennungsmotor	13%
EE-Strom > Nutzenergie Wärmepumpe	285%
EE-Strom > H ₂ > Nutzenergie Brennstoffzellenheizung	45% (inkl. 21% Strom)
EE-Strom > H ₂ > E-Fuel > Nutzenergie Gasbrennwertkessel	50%

Tabelle A1 Wirkungsgrade wichtiger Anlagen, Einzel- und Gesamtprozesse basierend auf Strom aus erneuerbaren Energien (Agora Verkehrswende et al. 2018).



Created with mapchart.net®

Abbildung A1:
Globale Übersicht der Projekte zur Wasserstoffproduktion mit reduzierten/ohne CO₂-Emissionen, 2000-2019, IEA Hydrogen Project Database (nicht mehr öffentlich verfügbar)

9. Literatur

- adelphi; dena; giz; Navigant (2019):** Grüner Wasserstoff: Internationale Kooperationspotenziale für Deutschland. Kurzanalyse zu ausgewählten Aspekten potenzieller Nicht-EU-Partnerländer.
- Agora Verkehrswende; Agora Energiewende; frontier economics (2018):** Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe.
- Bloom Energy (2020):** Better electrons. Online verfügbar unter <https://www.bloomenergy.com/>.
- COAG Energy Council (2019):** Australia's National Hydrogen Strategy.
- dena (2018):** dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050.
- Energiesysteme der Zukunft (ESYS) (2017):** »Sektorkopplung« – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems.
- European Commission (2018):** In-depth analysis in support of the commission communication COM(2018)773.
- Fraunhofer ISI; Consentec; ifeu (2017):** Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Modul 0: Zentrale Ergebnisse und Schlussfolgerungen Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
- frontier economics (2017):** PtG/PtL-Rechner: Berechnungsmodell zur Ermittlung der Kosten von Power-to-Gas (Methan) und Power-to-Liquid. Modellversion 1.0, 23.10.2017.
- frontier economics (2018a):** Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Studie im Auftrag von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende.
- frontier economics (2018b):** International Aspects Of A Power-to-X Roadmap. Hg. v. World Energy Council Germany.
- Harding, R. (2019):** Japan launches first liquid hydrogen carrier ship. In: Financial Times, 11.12.2019. Online verfügbar unter <https://www.ft.com/content/8ae16d5e-1bd4-11ea-97df-cc63de1d73f4>, zuletzt geprüft am 14.02.2020.
- Herh, M. (2019):** Hyundai Motor Outruns Toyota to Finish 1st in Hydrogen-powered Vehicles. In: Business Korea, 02.12.2019. Online verfügbar unter <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=38722>.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012):** Wasserstoff- Tankstellen. Ein Leitfaden für Anwender und Entscheider, Dezember 2012.
- Hong, D.; Choi, H. (2019):** South Korean government announces roadmap for hydrogen economy. In: Hankyoreh, 20.01.2019. Online verfügbar unter http://english.hani.co.kr/arti/english_edition/e_business/879097.html.
- Hydrogen Energy Supply Chain (HESC) (2020):** Hydrogen Energy Supply Chain (HESC). Online verfügbar unter <https://hydrogenenergysupplychain.com/supply-chain/>.
- International Energy Agency (IEA) (2019):** The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities.
- Japan's Ministerial Council on Renewable Energy, Hydrogen and Related Issues (2017):** Basic Hydrogen Strategy.
- Laperche-Riteau, Y. (2018):** Canada Country Update: Initiatives on Hydrogen and Fuel Cells, March 2018.
- Linde Gas (2013):** Wasserstoff - Datentabelle, 17.09.2013.
- Meeus, M. (2018):** Overview of Battery Cell Technologies. Energy Materials Industrial Research Initiative (EMIRI), European Commission, 12.01.2018.
- Nagashima, Monica (ifri) (2018):** Japan's Hydrogen Strategy and Its Economic and Geopolitical Implications.
- Öko-Institut; ISI, Fraunhofer (2015):** Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- prognos; BCG (2018):** Klimapfade für Deutschland.

- Radowitz, B. (2020):** World's first liquid hydrogen fuel cell cruise ship planned for Norway's fjords, 05.02.2020. Online verfügbar unter <https://www.rechargenews.com/transition/world-s-first-liquid-hydrogen-fuel-cell-cruise-ship-planned-for-norway-s-fjords/2-1-749070>, zuletzt geprüft am 14.02.2020.
- Scania (20.01.2020):** Norwegian wholesaler ASKO puts hydrogen powered fuel cell electric Scania trucks on the road. Online verfügbar unter <https://www.scania.com/group/en/norwegian-wholesaler-asko-puts-hydrogen-powered-fuel-cell-electric-scania-trucks-on-the-road/>.
- Siemens (26.02.2018):** Siemens erhält Förderzusage für Entwicklung von Brennstoffzellenantrieb für Züge. Online verfügbar unter <https://press.siemens.com/global/de/pressemitteilung/siemens-erhaelt-foerderzusage-fuer-entwicklung-von-brennstoffzellenantrieb-fuer>.
- Strategiekreis Wasserstoff des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (2005):** Strategiepapier zum Forschungsbedarf in der Wasserstoff-Energietechnologie.
- Teuffer, M. (2020):** NRW und die Niederlande planen gemeinsame Wasserstoff-Projekte. Kooperationsvereinbarung, 29.01.2020. Online verfügbar unter <https://www.energate-messenger.de/news/199855/nrw-und-die-niederlande-planen-gemeinsame-wasserstoff-projekte>.
- TNO (2019):** H-VISION: MAKING THE PORT OF ROTTERDAM MORE SUSTAINABLE WITH BLUE HYDROGEN. Online verfügbar unter <https://www.tno.nl/en/about-tno/news/2019/7/h-vision-making-the-port-of-rotterdam-more-sustainable-with-blue-hydrogen/>.
- TNO Insights (2019):** Positioning the Netherlands as northwest Europe hydrogen hub. Online verfügbar unter <https://www.tno.nl/en/tno-insights/articles/positioning-the-netherlands-as-new-european-hydrogen-hub/>.
- Umweltbundesamt (UBA) (2019):** Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität - Rescue Studie (Climate Change, 36/2019).
- Umweltbundesamt (UBA) (2014):** Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050 (Climate Change, 07/2014).
- Vattenfall (06.07.2017):** Vattenfall aims for carbon-free gas power. Online verfügbar unter <https://group.vattenfall.com/press-and-media/news--press-releases/newsroom/2017/vattenfall-aims-for-carbon-free-gas-power>.
- Weidner, E.; Ortiz Cebolla, R.; Davies, J. (JRC) (2019):** Global deployment of large capacity stationary fuel cells. JRC Technical Reports.

10. Zu den Autoren

Dr. Dominik Schäuble

Dominik Schäuble arbeitet als Senior wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe 'Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung' am IASS Potsdam, dem er seit Oktober 2012 angehört. Er forscht problem- und lösungsorientiert zu energie- und klimapolitischen Themen und veröffentlicht seine Ergebnisse sowohl in internationalen Fachzeitschriften als auch in politikorientierten Formaten. Aktuell untersucht er insbesondere die politischen Handlungserfordernisse und -möglichkeiten bei der Entwicklung einer europäischen und internationalen Wasserstoffwirtschaft. Zuletzt analysierte er die Wirtschaftlichkeit smarterer Thermostate in Wohngebäuden und die internationalen Erfahrungen mit Ausschreibungen für erneuerbare Energien. Dominik Schäuble studierte Klimawissenschaften an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich und promovierte anschließend in experimenteller Atmosphärenphysik/-chemie am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen und an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz.

Joschka Jahn

Joschka Jahn arbeitet seit Februar 2017 am IASS Potsdam und unterstützt das Projekt 'Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung'. Er vergleicht Zukunftsvisionen eines nachhaltigen globalen Energiesektors und untersucht die politische Dimension einer globalen Energiewende. Zuvor arbeitete er als externer Gutachter für die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) und als studentische Hilfskraft am Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK), im Bereich Prozessmanagement. Joschka Jahn hat einen B.A. in Politik, Verwaltung und Organisation der Universität Potsdam und macht dort derzeit einen M.A. in Verwaltungswissenschaft.

Dr. Lorenzo Cremonese

Lorenzo Cremonese ist Senior wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt 'CO₂-Nutzungsstrategien und Gesellschaft'. Er studierte Geowissenschaften an der D'Annunzio Universität in Chieti (Italien) und promovierte 2012 in Geochemie am University College London. Lorenzo Cremonese trat dem IASS im Januar 2013 bei und untersuchte über viele Jahre Umweltrisiken der konventionellen und unkonventionellen Gasförderung in Europa und weltweit. Er beschäftigt sich intensiv mit der Debatte über Erdgas als Überbrückungsbrennstoff für zukünftig erneuerbare Energiesysteme und mit der Untersuchung des THG-Fußabdrucks von Erdgas, mit besonderem Schwerpunkt auf Methanlecks entlang der Produktionskette.

Dr. Rainer Quitzow

Rainer Quitzow ist Leiter der Forschungsgruppe 'Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung' und Sprecher des Forschungsbereiches 'Energiesysteme und gesellschaftlicher Wandel' am IASS Potsdam. Die Forschungsgruppe widmet sich Fragen von Governance und internationaler Politik im Rahmen einer globalen Energietransformation sowie Fragen der sozialen Nachhaltigkeit von Energiewendeprozessen in Deutschland und global. Rainer Quitzow ist promovierter Politikwissenschaftler (Freie Universität Berlin). Vor seiner wissenschaftlichen Karriere arbeitete Rainer Quitzow an der Weltbank, wo er Governance-Analysen und Sozialfolgenabschätzungen im Rahmen von Reformprogrammen in den Bereichen Umwelt- und Handelspolitik durchführte.



Institute for Advanced Sustainability Studies e.V. (IASS)

Das IASS forscht mit dem Ziel, Transformationsprozesse hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft aufzuzeigen, zu befördern und zu gestalten, in Deutschland wie global. Der Forschungsansatz des Instituts ist transdisziplinär, transformativ und ko-kreativ: Die Entwicklung des Problemverständnisses und der Lösungsoptionen erfolgen in Kooperationen zwischen den Wissenschaften, der Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft. Ein starkes nationales und internationales Partnernetzwerk unterstützt die Arbeit des Instituts. Zentrale Forschungsthemen sind u.a. die Energiewende, aufkommende Technologien, Klimawandel, Luftqualität, systemische Risiken, Governance und Partizipation sowie Kulturen der Transformation. Gefördert wird das Institut von den Forschungsministerien des Bundes und des Landes Brandenburg.

IASS Discussion Paper

März 2020

Kontakt:

Dominik Schäuble: dominik.schaeuble@iass-potsdam.de

Rainer Quitzow: rainer.quitzow@iass-potsdam.de

Adresse:

Berliner Straße 130

14467 Potsdam

Tel: +49 (0) 331-28822-340

Fax: +49 (0) 331-28822-310

E-Mail: media@iass-potsdam.de

www.iass-potsdam.de

ViSdP:

Prof. Dr. Ortwin Renn,

Geschäftsführender Wissenschaftlicher Direktor

DOI: 10.2312/iass.2020.006

