

Die Rolle von Wasserstoff in einem klimaneutralen europäischen Energiesystem – eine modellbasierte Analyse bis 2050

Ulrich Janischka, Andreas Bublitz, Ninghong Sun, Björn Güth, Niko Bosnjak, Carolin Rößler, Magnus Wobben, Ari Pankiewicz, Robert Beestermöller, Roman Flatau, Sarah Schleicher, Oliver Wohak und Maximilian Labmayr

Der European Green Deal stellt die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) vor große Herausforderungen. Dessen Klimaschutzziele sind ambitioniert, vor allem die Reduktion der Treibhausgasemissionen auf Netto-Null bis 2050. Vor diesem Hintergrund haben der Übertragungsnetzbetreiber TransnetBW, der Fernleitungsnetzbetreiber ONTRAS und die Unternehmensberatung d-fine die Rolle von Wasserstoff in einem zukünftigen klimaneutralen europäischen Energiesystem bewertet.

Die zukünftige Strom- und Gasinfrastruktur muss zusammen gedacht werden

Die Klimaschutzziele des European Green Deal sind bekannt: Netto-Null-Emissionen bis 2050. Der Weg in diese Energiezukunft führt über Wasserstoff und die zunehmende Kopplung der Umwandlungs- und Nachfragesektoren (Strom, Gas, Verkehr, etc.). Um das Potenzial von Wasserstoff erkennen und bewerten zu können, braucht es eine integrierte Bewertung des Strom- und Gasnetzes.

In einem gemeinsamen Projekt des Übertragungsnetzbetreibers TransnetBW und des Fernleitungsnetzbetreibers ONTRAS wurden in Zusammenarbeit mit der Unternehmensberatung d-fine die Transformation des europäischen Energiesystems sowie Perspektiven der Sektorenkopplung modelliert und analysiert.

Im Folgenden werden die ersten Ergebnisse zweier möglicher Szenarien vorgestellt. Neben einem starken Zuwachs der Stromnachfrage bildet sich die Nachfrage nach Wasserstoff in beiden, durchaus unterschiedlichen Szenarien auf Grund der Sektorenkopplung zu einer festen Größe für die Energiewende heraus. Die Entwicklung eines Marktes für Wasserstoff ist daher für eine erfolgreiche und vollständige Dekarbonisierung unumgänglich.

Ein integrierter Modellansatz ermöglicht die Bewertung von Sektorenkopplung

Für die Analyse wird das Open-Source-Energiesystemmodell PyPSA-Eur-Sec verwendet [1, 2, 3]. Dies bildet die Länder der EU-27, UK, NO, CH und den Balkan ab. Deutschland



Die Vorteile der Sektorenkopplung und des Energieträgers Wasserstoff überwiegen, wenn beide gemeinsam von Strom- und Gaswirtschaft geplant und aus europäischer Perspektive gedacht werden
Bild: Adobe Stock

wird entlang der Bundesländergrenzen in die fünf Regionen Bayern, Baden-Württemberg, Ost (BB, B, SN, ST, TH), West (NW, HE, RP, SL) und Nord (MV, HH, SH, NI, HB) unterteilt.

Das Modell umfasst die Sektoren Energiewirtschaft, Wärme, Industrie und Verkehr. Es setzt eine integrierte Markt- und Netzmodellierung um, indem sowohl Einsatz und Ausbau von Erzeugungstechnologien und Speichern als auch Netzausbau (Strom, Gas, Wasserstoff) simultan optimiert werden. Ergebnisse der Optimierung sind i. W. die Kraftwerks-, Speicher- und Netzkapazitäten pro Modellregion sowie die Auslastung der Systemkomponenten, die Gesamtkosten der Energieversorgung und die CO₂-Emissionen.

Um die Rolle von Wasserstoff auf dem Weg zu einem klimaneutralen Energiesystem zu bewerten, wurde das Modell um drei zentrale Aspekte erweitert:

- Die dynamische Optimierung der Investitionskapazitäten erfolgt anhand einer myopischen Investitionsplanung. Investitionsentscheidungen werden hier auf Basis der Informationen von Stützjahren getroffen [4], d. h. es wird keine perfekte Voraussicht der Marktakteure angenommen.

- Zudem wird das Modell um ein Datengerüst für Gasnetze erweitert [5, 6]. Als Investitionsoption für Wasserstoffnetze wird die Möglichkeit des Neubaus und der Umstellung bestehender Gasleitungen integriert. Zusätzlich kann Wasserstoff aus Nordafrika

(über ES, IT, GR) und Russland (über DE, PL, SK) importiert werden.

■ Mit dem Ziel der Technologieneutralität wird im Straßenpersonenverkehr die Optimierung des Technologiemarktes integriert. Der Technologiemarkt im übrigen Verkehrssektor fließt in Form einer Endenergienachfrage als exogene Größe in die Optimierung ein.

Das zukünftige Energiesystem kann einzelstaatlich oder gesamteuropäisch gestaltet werden

Ausgehend vom Basisjahr 2015 wird der Zeitraum bis 2050 bewertet (Stützjahre: 2020, 2030, 2040). Für die Analyse werden zwei Szenarien unterschieden:

- einzelstaatliche Teilautarkie,
- gesamteuropäischer Handel.

Im Szenario „einzelstaatliche Teilautarkie“ streben die Länder eine geringe Importabhängigkeit an. Jedes Land muss min. 50 % seiner Wasserstoffnachfrage inländisch erzeugen. Zusätzlich ist der außereuropäische Import von Wasserstoff sowie „grünen“ gasförmigen und flüssigen Brennstoffen auf max. 20 % der jeweiligen europaweiten Nachfrage beschränkt. Im gesamteuropäischen Handelsszenario gibt es keine Importbeschränkungen. Lediglich der Import von Wasserstoff aus Nordafrika und Russland ist auf je 100 GW beschränkt [7]. Die übrigen Annahmen sind für beide Szenarien identisch.

Beide Szenarien bilden zentrale Ziele der nationalen und europäischen Wasserstoffstrategien ab (bspw. min. 40 GW Elektrolyse-Leistung in Europa im Jahr 2030) [8, 9]. Der europaweite Zubau von Elektrolyseuren bis 2050 ist auf 450 GW begrenzt. Dies entspricht einer Zubaurate von 15 GW/a. Es wird die Annahme getroffen, dass sich aufgrund der hohen Nachfrage nach Elektrolyseuren ein relativ starker Preisverfall von 600 €/kW in 2020 bis 273 €/kW in 2050 materialisieren wird (siehe Tab. 1). Die Herausforderung ist, dass auch der Zubau an Windleistung entsprechend ansteigen muss, um die Elektrolyseure auch betreiben zu können. Zum Vergleich: Von 2000 bis 2018 wurde in Europa durchschnittlich 10,7 GW/a Windleistung zugebaut [10].

Die innerdeutsche Regionalisierung des Endenergieverbrauchs erfolgt unter Berücksichtigung von Bruttowertschöpfung und Bevölkerung. Zudem werden für die energieintensiven Industrien die heutigen Standorte berücksichtigt. Weitere zentrale Annahmen für beide Szenarien betreffen insbesondere die Energienachfrage in den Sektoren Wärme, Verkehr und Industrie:

■ Durch den geringeren Wärmebedarf von Neubauten sowie der Sanierung von Bestandsgebäuden reduziert sich der europaweite Wärmebedarf jährlich um 1,1 % [11].

■ Im Personen- und Güterverkehr kommt es im europäischen Durchschnitt zu einem Nachfrageanstieg um ca. 1,5 %/a [12-16]. Zukünftig wird hier von einem Mix aus unterschiedlichen Technologien ausgegangen [17].

■ In der Industrie wird von einem Technologiemarkt mit den vier Säulen Energieeffizienz, Elektrifizierung, synthetische Energieträger und Biomasse ausgegangen [17, 18].

Bis 2050 steigt die exogene Wasserstoffnachfrage in Europa auf etwa 900 TWh an.

Die Szenarien zeigen unterschiedliche Transformationspfade auf

Die Ergebnisse der Szenarioanalyse werden mit Fokus auf Wasserstoff und die Entwicklung in Deutschland ausgewertet. Von besonderem Interesse sind hierbei die Wasserstoffnachfrage und -versorgung, die aus den Dekarbonisierungszielen in Verbindung mit den getroffenen Annahmen zur Sektorenkopplung entstehen. Tab. 1 und Tab. 2 fassen ausgewählte Annahmen und Ergebnisse der Szenarien zusammen.

Eine Wertung der Szenarien ist bewusst nicht Teil der Analyse. Die beiden Szenarien wurden gewählt, weil davon auszugehen ist, dass sowohl einzelstaatliche als auch europäische regulatorische Maßnahmen die Entwicklung des Marktes für Wasserstoff bestimmen werden.

Wasserstoffnachfrage aufgrund von Sektorenkopplung

Wasserstoff wird direkt in den Sektoren Verkehr und Industrie sowie zur Herstellung

Tab. 1: Ausgewählte Annahmen und Nebenbedingungen

Annahmen	Einheit	2020	2030	2050	Quelle
Spez. Investition Elektrolyse	€/kW	600	381	273	[17]
Spez. Investition Dampfreformierung	€/kW	476	416	297	[17]
Wasserstoffimport (Nordafrika/Russland)	€/MWh	-	65	65	[20, 21]
Nebenbedingungen	Einheit	2020	2030	2050	Quelle
Mindest-Elektrolyse-Leistung (DE/EU)	GW	-	5/40	10/40	[8, 9]
CO ₂ -Minderung (DE/EU), ggü. 1990	%	40/20	65	100	[23]

Tab. 2: Ausgewählte Ergebnisse

Einzelstaatliche Teilautarkie	Einheit	Deutschland		Europa	
		2030	2050	2030	2050
Elektrolyse-Leistung	GW	5	48	40	450
Wasserstofferzeugung mit Elektrolyse	TWh	16	197	131	1.561
Wasserstoffnachfrage	TWh	104	394	675	1.952
Wasserstoffimport (Europa)	TWh	52	132	0	0
Wasserstoffimport (Nordafrika/Russland)	TWh	0	65	0	390
Gesamteuropäischer Handel					
Elektrolyse-Leistung	GW	5	34	40	450
Wasserstofferzeugung mit Elektrolyse	TWh	16	116	131	1.476
Wasserstoffnachfrage	TWh	104	890	675	2.911
Wasserstoffimport (Europa)	TWh	67	336	0	0
Wasserstoffimport (Nordafrika/Russland)	TWh	0	438	0	1.435

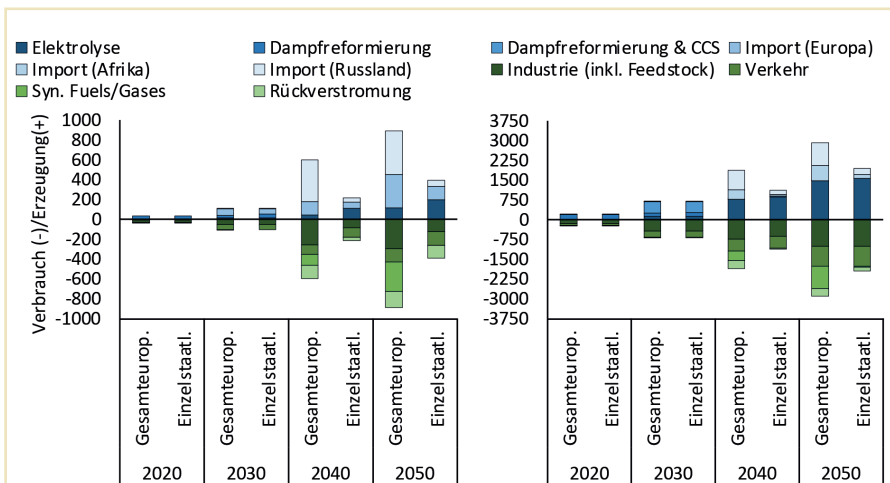


Abb. 1 Entwicklung der Wasserstoffnachfrage und -erzeugung (in TWh) in Deutschland (links) und Europa (rechts)

von synthetischen Gasen und flüssigen Brennstoffen (Hydrogen-to-X) genutzt (siehe Abb. 1). Vor dem Hintergrund der langfristigen vollständigen Dekarbonisierung wird auch die Rückverstromung von Wasserstoff zugelassen. Der Einsatz von Wasserstoff im Wärmemarkt wurde hingegen noch nicht abschließend betrachtet.

In Deutschland steigt die Wasserstoffnachfrage szenarienübergreifend auf ca. 100 TWh in 2030. In 2050 erreicht sie 394 TWh im einzelstaatlichen Teilaufarkieszenario und 890 TWh im gesamteuropäischen Handelsszenario. In bestehenden Studien variiert die Wasserstoffnachfrage in 2050 zwischen 100 und 800 TWh [8,11,17,19].

Die Optimierung im Straßenpersonenverkehr in Deutschland ergibt für 2050 einen Technologiemark. Elektroautos haben einen Anteil von 91 % am Pkw-Bestand (69 % Batterie und 22 % Brennstoffzelle). Weitere 9 % entfallen auf Gasautos und klassische Verbrenner (Benzin/Diesel) (siehe Abb. 2). Brennstoffzellenautos werden im Personenverkehr neben den Gasautos und klassischen Verbrennern insbesondere für lange Distanzen genutzt, batterieelektrische Fahrzeuge dagegen für kürzere Distanzen. Der Wasserstoffverbrauch im Straßenpersonenverkehr beträgt in Deutschland szenarienübergreifend 38 TWh.

Hydrogen-to-X kommt in Deutschland ausschließlich im gesamteuropäischen Handels-

szenario zum Einsatz: 296 TWh Wasserstoff werden zur Herstellung synthetischer Gase und flüssiger Brennstoffe verwendet, die wiederum in den Sektoren Industrie, Verkehr und Wärme genutzt werden.

Bis 2030 spielt Rückverstromung in Deutschland noch keine Rolle. 2050 werden 131 TWh im einzelstaatlichen Teilaufarkieszenario und 162 TWh im gesamteuropäischen Handelsszenario primär in Zeiten mit geringer Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und hoher Residuallast (vor allem im Winter) für die Rückverstromung eingesetzt.

Auf europäischer Ebene steigt die Wasserstoffnachfrage im Jahr 2050 aufgrund von Sektorenkopplung auf 1.952 TWh im einzelstaatlichen Teilaufarkieszenario und 2.911 TWh im gesamteuropäischen Handelsszenario an.

Wasserstoffversorgung

Zur Deckung der Wasserstoffnachfrage stehen Elektrolyse, Import aus Nordafrika und Russland sowie Dampfreformierung mit und ohne CCS/U als Investitionsoption zur Verfügung.

Die Wasserstoffversorgung in Deutschland erfolgt bis 2030 mittels Dampfreformierung und Elektrolyse, wobei Elektrolyse-Leistung ausschließlich im Rahmen der in der deutschen Wasserstoffstrategie formulierten Mindestleistung von 5 GW zugebaut werden.

Auf Grund mangelnder Akzeptanz für CCS-Technologien wird die Dampfreformierung mit CCS für Deutschland in beiden Szenarien nicht zugelassen.

Im einzelstaatlichen Teilaufarkieszenario steigt die Elektrolyse-Leistung in Deutschland bis 2050 auf 48 GW (Produktion: 197 TWh). Es werden 197 TWh Wasserstoff aus Russland sowie den europäischen Nachbarländern importiert. Im gesamteuropäischen Handelsszenario beträgt die Elektrolyse-Leistung 34 GW (Produktion: 116 TWh, Import: 774 TWh).

2050 machen Elektrolyseure 12 bis 19 % des deutschen Brutto-Stromverbrauchs aus (6 bis 12 % in 2040). Der Ausbau der Elektrolyse-Leistung ist mit einem Anstieg der Windleistung auf 145 GW bis 2040 und 185 GW bis 2050 verbunden. Der Brutto-Stromverbrauch

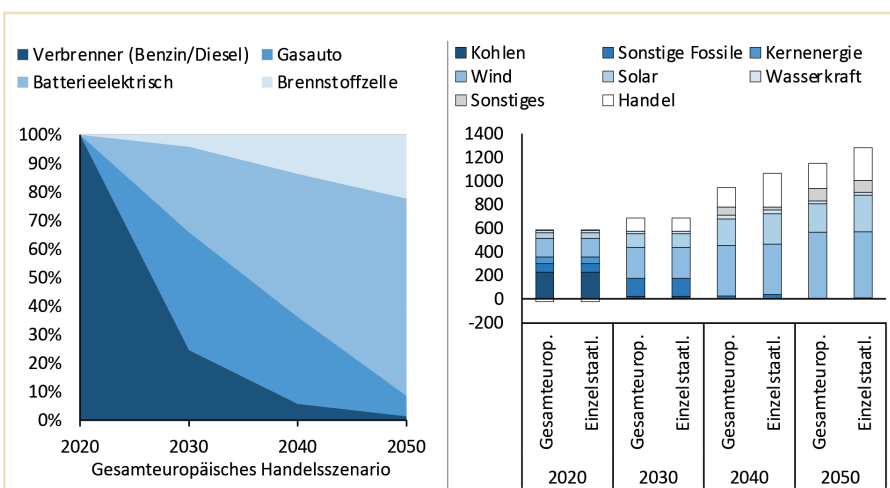


Abb. 2 Entwicklung des deutschen Flottenbestands im Straßenpersonenverkehr (links) sowie der Netto-Stromerzeugung inkl. Handel (in TWh) in Deutschland (rechts)

in Deutschland steigt über 944 bis 1.062 TWh in 2040 auf 1.149 bis 1.283 TWh im Jahr 2050 (siehe Abb. 2).

Auf gesamteuropäischer Ebene wird Wasserstoff bis 2030 vorwiegend mittels Dampfreformierung hergestellt. Dampfreformierung mit CCS wird ausschließlich als Brückentechnologie genutzt.

Bereits bis 2030 werden in Europa etwa 40 GW Elektrolyse-Leistung zugebaut. Bis 2050 steigt die Elektrolyse-Leistung in beiden Szenarien auf 450 GW an.

Europaweit besteht eine hohe Korrelation zwischen Regionen mit hohen Windpotenzialen (on/offshore) und Zubau an Elektrolyse-Leistung. Für andere regenerative Energieträger besteht diese Korrelation nicht. In Analogie zum innerdeutschen Wasserstofftransport führt dies zum Transport von Wasserstoff aus den Windüberschussregionen in die Winddefizitregionen.

Der Import von Wasserstoff aus Nordafrika und Russland variiert zwischen 390 und 1.435 TWh. Im Szenario „gesamteuropäischer Handel“ steigt die Importquote von Wasserstoff auf 49 % an. Im Szenario „einzelstaatliche Teilautarkie“ wird der Wasserstoffimport bis zur erlaubten Obergrenze von 20 % der europäischen Wasserstoffnachfrage genutzt.

Energieinfrastruktur

Zur Verbindung von Wasserstoffnachfrage und -versorgung wird in Deutschland der

überwiegende Teil des bestehenden Gasfernleitungsnetzes auf reinen Wasserstoff umgestellt. Das nicht umgestellte Gasnetz wird für den Transport grüner Gase (Biogas, synth. Gas) weiter genutzt.

In Europa beträgt der zusätzliche grenzüberschreitende Neubaubedarf für reine Wasserstoffnetze bis zu 10 %. Über 90 % des 2050 bestehenden Wasserstofftransportnetzes beruhen auf umgestellten Gasleitungen.

Die Wasserstoffleitungen mit der größten Kapazität und zeitgleich der höchsten Auslastung sind überwiegend in Zentraleuropa verortet. Die Länder Deutschland, Niederlande und Belgien werden zu einer „Drehscheibe“ für den Wasserstofftransport in Europa (siehe Abb. 3).

In Südeuropa wird im gesamteuropäischen Handelsszenario Wasserstoff aus Nordafrika importiert. Der Transport nach Zentraleuropa erfolgt primär über umgestellte Gasnetze in Italien. Auch ein Teil des in Griechenland aus Nordafrika importierten Wasserstoffs wird über Italien nach Zentraleuropa transportiert.

Wasserstoff wird neben Strom zu einem Pfeiler des klimaneutralen Energiesystems

Von heute bis 2050 ist stark davon auszugehen, dass die Bedeutung von Wasserstoff und die Kopplung von Strom zu Wasserstoff ansteigen werden. In Deutschland ist ein immenser Anstieg der Wasserstoff-Nachfrage auf über 800 TWh möglich, bei einem Brutto-

Stromverbrauch von etwa 1.200 TWh. Bis zu einem Fünftel von letzterem wird für die Elektrolyse von Wasserstoff verwendet werden.

Ein signifikanter Teil der in Deutschland und Europa bestehenden Erdgas-Pipelines wird auf Wasserstoff umgestellt. Wasserstoff wird damit Erdgas weitestgehend verdrängen und neben Strom zum maßgeblichen Energieträger des klimaneutralen Energiesystems 2050 werden.

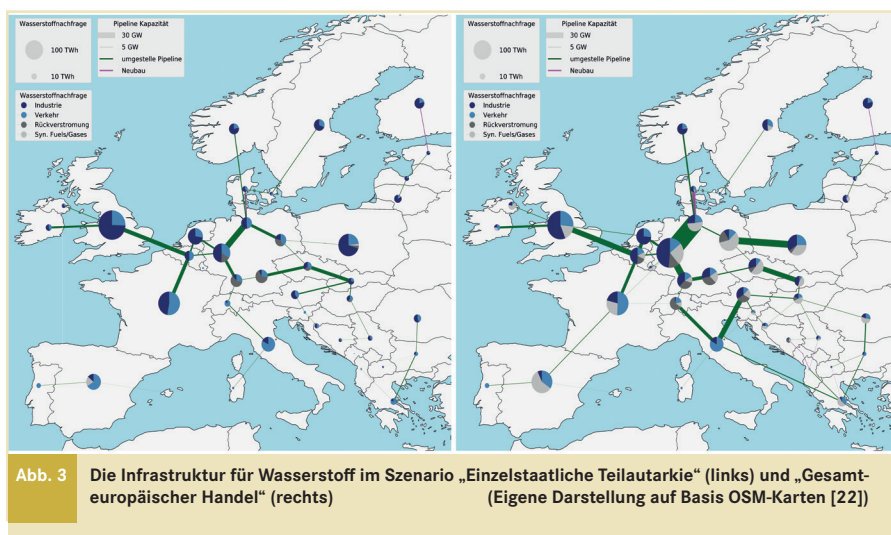
In Deutschland und Europa erfolgt der marktgetriebene Zubau von Elektrolyseuren primär in Regionen mit hohen Windenergiepotenzialen. Für den erfolgreichen Aufbau von Elektrolyse-Leistung in Deutschland ist somit ein zeitgleicher Ausbau der Windenergie erforderlich. In der Praxis ist zudem davon auszugehen, dass sowohl die regionale Nachfrage nach Wasserstoff als auch der steuernde Eingriff der Energiepolitik für einen Zubau von Elektrolyseleistung in den windschwachen Regionen sorgen wird.

Aufgrund der vergleichsweise hohen Kosten der Umwandlungskette wird Wasserstoff bis 2030 nicht zur Rückverstromung eingesetzt. In der Langfristperspektive 2050 und unter der Bedingung der vollständigen Dekarbonisierung kommt dann die Rolle von Wasserstoff als wichtiger Energiespeicher für das Stromsystem zum Tragen. Dann steht Wasserstoff in Deutschland für die Rückverstromung bereit, um in Zeiten mit geringer Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien – insbesondere im Winter – die Stromnachfrage zu bedienen.

Wasserstoff aus Nordafrika und Russland erleichtert die kostengünstige Dekarbonisierung in Europa, da in diesen Regionen günstige Produktionsbedingungen für Wasserstoff herrschen. Europa wird somit seine Rolle als Energie-Importeur beibehalten.

Fazit und Ausblick: Den „Green Deal“ gemeinsam anpacken

Die Ergebnisse der Szenarioanalyse verdeutlichen, dass die Vorteile des Energieträgers Wasserstoff überwiegen, wenn dessen Erzeugung, Verteilung und Verwendung gemeinsam von Strom- und Gaswirtschaft sowie in enger Kooperation der Nationalstaaten und auf europäischer



Ebene geplant werden. Es wird ebenso ersichtlich, dass über 2030 hinaus hohe Investitionen in Elektrolyse, erneuerbare Energien und Infrastruktur erforderlich sind, um das Dekarbonisierungsziel der EU zu erreichen.

Insbesondere benötigt Europa die Entwicklung eines Marktes für Wasserstoff und die Umstellung der Gasnetze auf Wasserstoff. Über 2030 hinaus bedarf es eines weiteren Ausbaus der Stromnetze insbesondere in den Süden Deutschlands bzw. die Mitte Europas sowie einer integrierten Infrastrukturplanung für Strom und Gas, für die heute die politischen und regulatorischen Weichen zu stellen sind.

Der European Green Deal steht für den europäischen Anspruch, eine sichere und zugleich klimaneutrale Rohstoff- und Energieversorgung als Basis für Wohlstand zusammen zu denken und gemeinsam zu planen.

Mit einem europäischen Markt für Wasserstoff und einem starken Ausbau der erneuerbaren Energien den Green Deal zum Erfolg zu bringen – das ist ein höchst ambitioniertes Vorhaben.

Wir hoffen, in dieser Kooperation von Übertragungs- und Fernleitungsnetzbetreibern einen wichtigen Schritt in diese Richtung getan zu haben und freuen uns auf den weiteren wirtschaftlichen und politischen Diskurs zum Thema Wasserstoff.

Quellen

- [1] Brown, T. et al.: Synergies of sector coupling and transmission reinforcement in a cost-optimised, highly renewable European energy system. In: *Energy*, Vol. 160, p. 720-739. 2018.
- [2] PyPSA-Eur-Sec: A Sector-Coupled Open Optimisation Model of the European Energy System: <https://github.com/PyPSA/pypsa-eur-sec>
- [3] PyPSA Atlite. Stand 02.11.2020. <https://github.com/PyPSA/atlite>
- [4] Kotzur, L. et al.: A modeler's guide to handle complexity in energy system optimization. 2020. Stand 04.11.2020. <https://arxiv.org/abs/2009.07216v2>
- [5] ENTSO-G: The European Natural Gas Network 2015, Brussels 2015.
- [6] Kunz, F. et al.: Electricity, Heat, and Gas Sector Data for Modeling the German System. Hrsg.: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. Berlin, Dresden, Essen 2017.
- [7] Eigene Annahme basierend auf [20] und [21].
- [8] BMWi: Die nationale Wasserstoffstrategie. Hrsg.: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Berlin 2020.
- [9] EC: A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. Hrsg.: European Commission (EC). Brüssel 2020.
- [10] Bundesverband Windenergie: Windenergie in Europa. Stand 02.11.2020. <https://www.windenergie.de/themen/zahlen-und-fakten/europa/>
- [11] BCG, Prognos: Klimapfade für Deutschland. Hrsg.: The Boston Consulting Group (BCG) und Prognos i. A. d. Bundesverbandes der Deutschen Industrie e. V. (BDI). Basel/Berlin/Hamburg/München, 2018.
- [12] EC: EU Reference Scenario 2016. Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050. Hrsg.: European Commission (EC). Luxemburg, 2020.
- [13] Umweltbundesamt: Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018). Dessau-Roßlau, 2020.

[14] Prognos, Fraunhofer ISI, GWS, iinas: Energie-wirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050. Hrsg.: Prognos AG, Fraunhofer ISI, GWS, iinas, i. A. d. Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). 2020.

[15] United Nations: World Population Prospects 2019. Stand 16.09.2020. <https://population.un.org/wpp/>

[16] International monetary Fund: World Economic Outlook Database. Stand 16.09.2020. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2020/April>

[17] dena: dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Hrsg.: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Berlin 2018.

[18] Kranzl, L. et al.: Hotmaps – Heating & Cooling outlook until 2050, EU-28. Stand 02.11.2020. https://www.hotmaps-project.eu/wp-content/uploads/2018/05/Hotmaps_D5-2_v16_2019-03-01.pdf

[19] Fraunhofer ISI, ISE. Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland (2019).

[20] van Wijk A.: Hydrogen, the Bridge between Africa and Europe, Delft 2019.

[21] Gas for Climate, Navigant (2019): The optimal role for gas in a net-zero emissions energy system

[22] © OpenStreet Map – Mitwirkende: <https://www.openstreetmap.org/copyright>

[23] EEA: EEA greenhouse gas – data viewer. Stand 02.11.2020. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

U. Janischka, Dr. A. Bublit, Dr. N. Sun, TransnetBW GmbH, Stuttgart; B. Güth, Dr. N. Bosnjak, C. Rößler, ONTRAS Gas-transport GmbH, Leipzig; Dr. M. Wobben, Dr. A. Pankiewicz, Dr. R. Beestermöller, Dr. R. Flatau, S. Schleicher, O. Wohak, M. Labmayr, d-fine GmbH, Frankfurt/Main Hydrogen2050@d-fine.de



VIRTUELLE ENERGIE-EVENTS

- > Webinare
- > Online-Messen
- > Showrooms



Hier informieren!

