

Die Wasserstoffkarte für Deutschland

Thomas Vahlenkamp, Sebastian Overlack, Philipp Hein, Fridolin Pflugmann, Fabian Stockhausen und Maximilian Wirths

Neues Ziel: Klimaneutralität bis 2045. Mit der Verschärfung der Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen rücken klimaneutrale Gase – allen voran Wasserstoff – in ihrer Bedeutung für die deutsche Energiewende verstärkt in den Fokus. Wie kann die dafür notwendige Infrastruktur möglichst rasch und effektiv aufgebaut werden? Eine von McKinsey erstellte Wasserstoffkarte gibt in drei Modellszenarien Aufschluss über den künftigen Bedarf in unserem Land. Diese sowie die neuesten Ergebnisse aus dem Energiewende-Index 2030 werden im Folgenden erläutert.

Seit der letzten Index-Veröffentlichung im vergangenen März sind die Erwartungen an die Energiewende noch einmal deutlich gestiegen: Mit Inkrafttreten des neuen Klimaschutzgesetzes soll Deutschland nun bereits 2045 klimaneutral werden – fünf Jahre früher als geplant. Nach einem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts, das Nachbesserungen an dem Gesetz gefordert hat, werden die Emissionen nun ebenfalls schneller sinken müssen: Bis 2030 soll sich der Treibhausgasausstoß gegenüber 1990 um 65 % statt bisher 55 % reduzieren.

Mit dem „Fit for 55“-Paket hat auch die EU-Kommission im Juli konkretisiert, wie die Energiewende in Europa gelingen soll: Ab 2035 sollen nur noch emissionsfreie Neuwagen zugelassen werden. Im Luft- und Schiffsverkehr will man den Schadstoffausstoß über eine CO₂-Bepreisung und durch die verpflichtende Beimischung von nachhaltigen Kraftstoffen senken. Im Gebäudesektor soll durch die Sanierung von 35 Mio. Gebäuden weniger Energie verbraucht und damit die Emissionsbelastung reduziert werden. Als übergreifendes Ziel hat die EU-Kommission zudem ausgegeben, bis 2030 den Anteil der erneuerbaren Energien (EE) am Energiemix auf 40 % zu erhöhen und den Primärenergieverbrauch um 36 % bis 39 % zu verringern.

Aktueller Stand Energiewende-Index 2030

Effekte aus dem Corona-Jahr wirken noch nach

Weniger Emissionen, geringerer Primär- und Endenergieverbrauch: Der Fortschritt der Energiewende im Jahr 2020 kann sich sehen lassen – allerdings haben in erster Linie die Wirkungen der Corona-Schutzmaßnahmen dazu beigetragen, dass einige



Die aktuelle Entwicklung der Energiewende macht trotz guter Zwischenergebnisse deutlich, dass Deutschland zukünftig auf dekarbonisierte Gase als zusätzlichen Energieträger angewiesen sein wird
Bild: Adobe Stock

Kernziele der Energiewende erreicht oder sogar übertroffen wurden. Bereits im letzten Energiewende-Index wurde der „Corona-Effekt“ auf die Indikatorergebnisse sichtbar, und er schlägt sich auch weiterhin in den aktuellen Resultaten nieder: Insgesamt weist der Energiewende-Index unverändert vier Indikatoren mit stabil realistischer Zielerreichung aus. Ebenfalls unverändert befinden sich sechs Indikatoren auf der Kippe zu einer Verschlechterung, während die Anzahl der Indikatoren mit unrealistischer Zielerreichung von vier auf fünf angestiegen ist. Grund: Der Indikator *Industriestrompreis* blieb in der letzten Veröffentlichung ohne Wertung, da die Datenerhebung vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) auf das Statistische Bundesamt übergang. Nach Anpassung der Berechnung auf die neue Erhebungsmethodik fällt der Indikator nun in die Kategorie „unrealistisch“.

Alles in allem allerdings, so spiegeln die Index-Resultate, haben die Corona-Effekte

keine nachhaltige Trendwende eingeleitet, im Gegenteil. Vieles deutet darauf hin, dass die für die Energiewende positiven Rekordergebnisse aus dem Jahr 2020 mit der Wiederbelebung der Wirtschaft nach dem Ende der Schutzmaßnahmen wieder passé sein werden.

Vier Indikatoren mit stabil realistischer Zielerreichung

Der EE-Anteil am Bruttostromverbrauch übersteigt auch im ersten Halbjahr 2021 mit 43 % deutlich den Zielwert von 37 % (Abb. 1). Ungünstige Witterungsverhältnisse zum Jahresbeginn bei zeitgleichem Anstieg des Stromverbrauchs (4,7 % über dem Vorjahreswert) sorgten zwar für einen leichten Rückgang gegenüber 2020, doch über das Gesamtjahr hinweg wurde bereits ein Anteil von 45 % erreicht. Aktuell also ist es um den EE-Anteil in Deutschland gut bestellt.

Doch der Ausbau der Erneuerbaren stockt. 2020 wurden Windenergieanlagen mit einer Kapazität von 1,4 GW errichtet, von denen

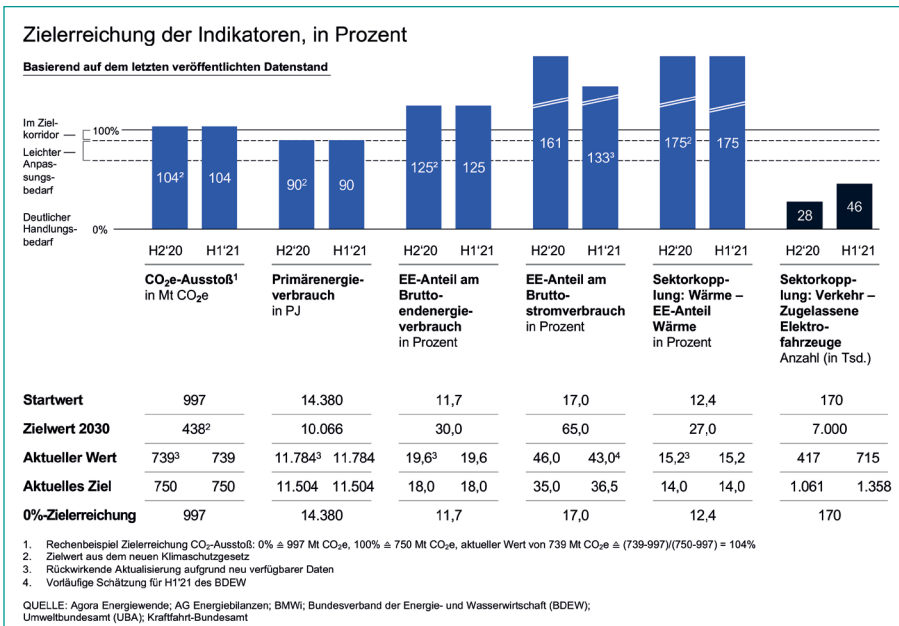


Abb. 1 Umwelt- und Klimaschutz, Wertung H2 2020 und H1 2021

circa 24 % auf den Ersatz von Altanlagen entfallen (Repowering). Zwar stellt dies eine Steigerung um fast die Hälfte gegenüber dem Vorjahr dar, in der Langfristperspektive aber ist es der zweitniedrigste Wert seit 2000. Nichtsdestotrotz plant das Bundesumweltministerium, das Ausbauziel für 2030 von 71 GW auf 95 GW anzuheben – das entspräche einer jährlichen Zubaurate von 4 GW. Besser lief der Ausbau der Photovoltaik auf jetzt knapp

4,9 GW – ein Plus von 22 % gegenüber dem Vorjahr.

In Summe wurden 2020 rund 10 TWh mehr Strom aus Erneuerbaren produziert als im Vorjahr – bei gleichbleibendem Stromverbrauch würde diese Steigerungsrate pro Jahr ausreichen, um das Ziel von 65 % EE-Anteil 2030 zu erreichen. Doch von einem gleichbleibenden oder gar sinkenden Verbrauch, wie von der Politik über Jahre angenommen,

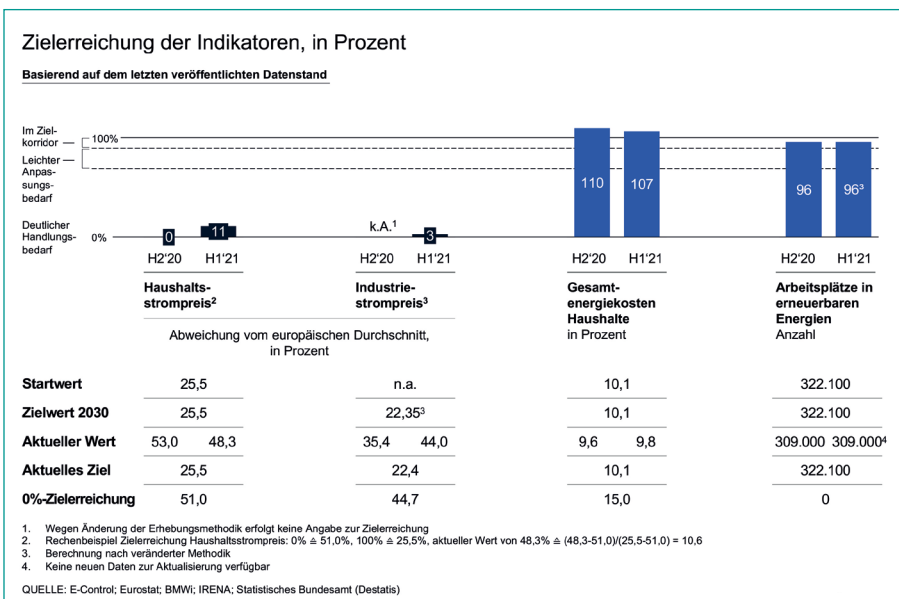


Abb. 2 Wirtschaftlichkeit, Wertung H2 2020 und H1 2021

kann schon lange nicht mehr ausgegangen werden. Die Bundesregierung korrigierte daher im Juli ihre Prognosen dahingehend, dass der Strombedarf 2030 um rund 11 % (64 TWh) höher liegen wird, als ursprünglich geschätzt. Ein überfälliger Schritt: Eine Überarbeitung der Stromverbrauchsprognose war von McKinsey bereits in der ersten Index-Veröffentlichung 2012 angemahnt worden, da sich der Anstieg des Stromverbrauchs schon damals abzeichnete.

Der Anteil der *Gesamtenergiekosten Haushalte* am Gesamtwarenkorb der Verbraucher stieg zuletzt leicht von 9,6 % auf 9,8 %, verbleibt jedoch unterhalb der Zielmarke von 10,1 % (Abb. 2). Damit sinkt die Zielerreichung geringfügig von 110 % auf 107 %.

Der Indikator *Verfügbare Kapazität für Import aus Nachbarländern* liegt mit 209 % sehr deutlich im realistischen Bereich (Abb. 3).

Für den Indikator *Ausfall Stromversorgung* liegen noch keine neuen Daten vor. Nach derzeitigem Stand liegt er mit 12,2 Minuten pro Jahr bei einer Zielerreichung von 113 %.

Sechs Indikatoren realistisch, aber weiterhin auf der Kippe

CO₂e-Ausstoß: Die Treibhausgasemissionen sanken um rund 70 Mio. t – eine Verbesserung von 8,7 % gegenüber dem Vorjahr. Das 2020-Ziel von 750 Mio. t wurde mit den inzwischen erreichten 739 Mio. t sogar übererfüllt. Dies entspricht einem Zielerreichungsgrad von 104 %. Zu einem guten Drittel ist der geringere CO₂e-Ausstoß laut Bundesumweltamt auf den eingeschränkten Verkehr und Energieverbrauch während der Pandemie zurückzuführen. Die Emissionen im Luftverkehr sanken infolge wiederholter Reiseverboten und Beförderungsverboten zeitweise massiv. Gleichwohl waren die Emissionen im Corona-Jahr höher als ursprünglich von Agora Energiewende geschätzt: Diese ging von lediglich 720 Mio. t aus. Dass der tatsächliche Wert nun deutlich darüber liegt, lässt auf einen „Rebound“-Effekt in der zweiten Jahreshälfte schließen, der sich durch die Entwicklung im ersten Quartal 2021 noch einmal bestätigt: Agora Energiewende zufolge sind die Emissionen im Vergleich zum Vorjahreszeitraum um 2 % angestiegen. Durch die jüngst beschlossene Anhebung des Emissionsziels auf -65 % wird der

Reduktionspfad bis 2030 noch steiler: Von nun an müssen pro Jahr 30 Mio. t CO₂ eingespart werden. Dies wird zusätzliche einschneidende Maßnahmen erfordern, denn in den vergangenen zehn Jahren gingen die Emissionen im Schnitt lediglich um 20 Mio. t zurück.

Auch der *Primärenergieverbrauch* ist 2020 statt auf die zunächst geschätzten 11.691 PJ nur auf 11.784 PJ zurückgegangen. Die Zielerreichung liegt daher bei 90 %. Der gleichwohl immer noch gute Wert lässt sich ebenfalls auf die geringere wirtschaftliche Aktivität im Zuge der Pandemiebekämpfung zurückführen. Daher ist nach Abklingen der Corona-Effekte auch hier eine Verschlechterung der Verbrauchsbilanz zu erwarten.

Der *EE-Anteil am Bruttoendenergieverbrauch* stieg von 17 % im Vorjahr auf knapp 20 % im Jahr 2020 an, wodurch die Zielerreichung auf 125 % klettert. Haupttreiber ist neben dem insgesamt geringeren Bruttoendenergieverbrauch während der Pandemie vor allem der EE-Ausbau im Stromsektor.

Sektorkopplung Wärme: Bei der Sektorkopplung kommt Deutschland kaum voran. Der Anteil der Erneuerbaren am Endenergieverbrauch im Bereich Wärme und Kälte stieg 2020 gegenüber dem Vorjahr nur um 0,2 Prozentpunkte auf 15,2 %. Zwar wird das

Ziel damit derzeit noch deutlich übererfüllt. Doch bleibt es beim bisherigen Tempo, wird Deutschland voraussichtlich schon ab dem kommenden Jahr hinter den geplanten Ausbaupfad zurückfallen.

Für die *Arbeitsplätze in erneuerbaren Energien* liegen keine neuen Daten vor, damit verharret der Indikator in seiner Zielerreichung bei 96 %. Da die Daten immer eine gewisse Nachlaufzeit haben, bleibt abzuwarten, wie stark die Beschäftigungslage durch Pandemiefolgen und die wirtschaftlichen Schieflagen von EE-Unternehmen beeinflusst wird.

Ebenfalls unverändert bleibt die *gesicherte Reservemarge* bei einem Zielerreichungsgrad von 109 %. In den kommenden Jahren aber wird die gesicherte Kapazität aufgrund des geplanten Kohle- und Atomausstieges sukzessive schrumpfen. Mit den bereits eingeleiteten Verfahren zur Stilllegung von Steinkohlekraftwerken durch die Bundesnetzagentur ist der Ausstieg in vollem Gange: In der ersten Ausschreibungsrunde 2020 wurden insgesamt 11 Kraftwerke mit einer Kapazität von rund 4,8 GW zur Stilllegung vorgesehen. Anfang 2021 folgten weitere 1,4 GW. Zusammen mit weiteren geplanten Stilllegungen reduziert sich die Leistung fossiler Kraftwerke nach dem jüngsten Leistungsbericht der Übertragungsnetzbetreiber

zwischen 2019 und 2022 von 95,2 GW auf 82,7 GW. Infolgedessen weisen die Betreiber für das Jahr 2022 erstmals eine negative verbleibende Leistung von -7,2 GW aus. Das entspricht einer negativen Reservemarge von -9 % – ein Novum in der jüngeren Geschichte der deutschen Stromversorgung: Zuletzt gab es ernsthafte Engpässe bei der Kraftwerkskapazität in den Wirtschaftswunderjahren. Zwar stünde zum Lastausgleich laut Leistungsbericht aktuell genügend Kapazität im Ausland zur Verfügung – die Frage ist allerdings, wie lange noch.

Fünf Indikatoren mit unrealistischer Zielerreichung

Beim Indikator *Sektorkopplung: Verkehr* zeigt sich ein starker Aufwärtstrend: Durch die deutliche Ausweitung der staatlichen Zuschüsse hat der Verkauf von Elektroautos 2020 spürbar angezogen – die Zielerreichung steigt von 28 % auf 46 %. Über eine halbe Million Fahrzeuge wurden in den vergangenen 12 Monaten zugelassen – mehr als in allen Jahren zuvor zusammen. Und mit Blick auf die „Fit for 55“-Maßnahmen dürfte die Zahl der E-Autos in den nächsten Jahren weiter kräftig steigen. Nichtsdestotrotz bleibt der EE-Anteil im Verkehrssektor mit 7,3 % gering. Um auf dem Zielpfad zu bleiben, müssten heute bereits 1,3 Mio. Fahrzeuge auf deutschen Straßen fahren, aktuell ist es lediglich gut die Hälfte. Neben finanziellen Kaufanreizen für die Konsumenten setzt die Bundesregierung auf regulatorische Instrumente, um der E-Mobilität zum Durchbruch zu verhelfen: 2020 wurde die gesetzliche Treibhausgasminderungsquote, die auf einen stärkeren Erneuerbaren-Einsatz im Verkehr abzielt, von 4 % auf 6 % angehoben. Die Quote verpflichtet die Mineralölwirtschaft zu einer vermehrten Verwendung von nachhaltigem Biokraftstoff, um die Treibhausgasemission zu reduzieren.

Die *Kosten für Netzeingriffe* verfehlen erneut das Ziel von 1 € pro MWh und verbleiben mit aktuell 7,6 € pro MWh bis auf Weiteres in der Kategorie „unrealistisch“.

Leichte Fortschritte vermeldet der *Ausbau Transportnetze*: Mit 1.697 fertiggestellten km verbesserte er sich von 36 % auf 38 %, bleibt allerdings noch immer weit unter dem Jahreszielwert von rund 4.000 km.

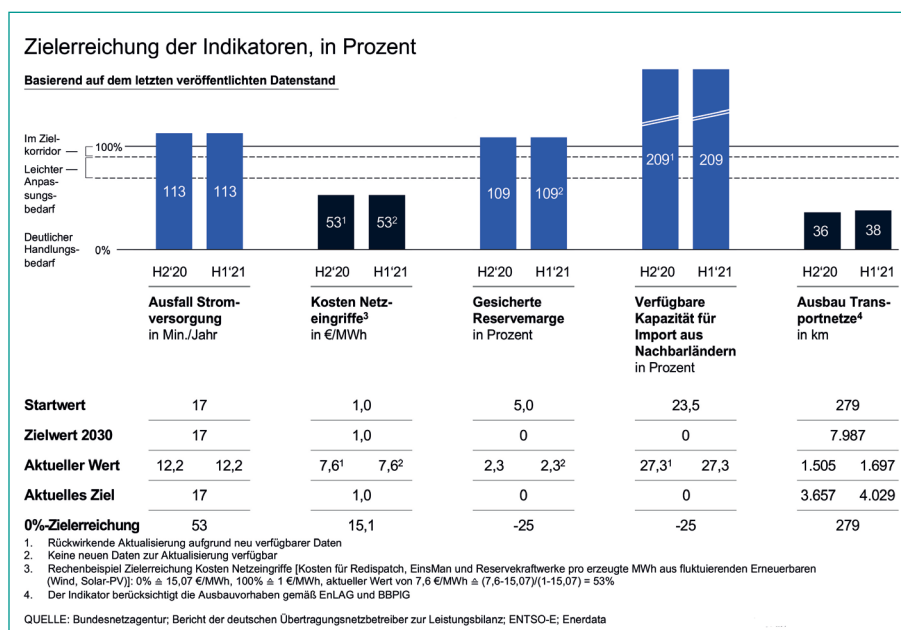


Abb. 3 Versorgungssicherheit, Wertung H2 2020 und H1 2021

Der deutsche *Haushaltsstrompreis* liegt nun rund 48 % über dem europäischen Durchschnitt statt vormals 53 % – die erste Verbesserung des Indikators seit 2019. Ursache hierfür sind jedoch keine gesunkenen Strompreise in Deutschland, sondern Preissteigerungen in anderen Ländern Europas. Für den Indikator allerdings bleibt die Erreichung der Zielmarke von maximal 25 % Abweichung vom europäischen Durchschnitt nach wie vor unrealistisch.

Der *Industriestrompreis* wurde in der letzten Veröffentlichung ohne Zielerreichung ausgewiesen, da es mit der Übergabe der Datenerfassung vom BDEW an das Statistische Bundesamt zu Änderungen in der Erhebungsmethodik gekommen ist. Nach eigenen Angaben des Bundesamts erlaubt die neue Methodik aufgrund ihrer Stichprobengröße und der Zusammensetzung eine wesentlich genauere Darstellung der effektiv gezahlten Steuern, Abgaben und Umlagen, während der BDEW hier teilweise von pauschalen Werten ausgegangen war. Der Energiewende-Index bildet die Änderungen nun in der Weise ab, dass zumindest näherungsweise eine Vergleichbarkeit über die Zeit erhalten bleibt. Angesichts des in der neuen Berechnung jetzt deutlich höher ausgewiesenen Preises (10,93 ct/kWh gegenüber 9,04 ct/kWh in 2019) ist davon auszugehen, dass der Industriestrompreis in Deutschland bisher methodisch unterschätzt wurde. Und auch nach der Erhebungsänderung ist der Industriestrompreis zur zweiten Jahreshälfte 2020 weiter angestiegen – von 10,07 ct/kWh auf 11,22 ct/kWh. Somit kommt der Indikator auf gerade einmal 3 % Zielerreichung.

Wasserstoff als Energieträger der Zukunft

Unzureichende Dekarbonisierung, stockender Ausbau der Erneuerbaren, geringe Sektorkopplung, dazu die noch immer schleppe Ausweitung der Stromnetze: Die aktuelle Entwicklung der Energiewende macht trotz guter Zwischenergebnisse deutlich, dass Deutschland zukünftig auf dekarbonisierte Gase als zusätzlichen Energieträger angewiesen sein wird. Gewinnen lassen sich klimaneutrale Gase durch den Einsatz erneuerbarer Energien (z.B. grüner Wasserstoff, synthetisches Methan) oder

durch Biomasse (z.B. Biomethan). Alternativ kann auch Erdgas durch Technologien wie Kohlendioxidsequestrierung dekarbonisiert werden (blauer Wasserstoff). Im Fokus der Bundesregierung und erster Pilotprojekte steht vor allem der grüne Wasserstoff, der unter Einsatz erneuerbarer Energie mittels Elektrolyse erzeugt wird.

Die Vorteile des alternativen Energieträgers liegen auf der Hand: Produktion und Import von grünem Wasserstoff würden den EE-Anteil am Bruttoenergieverbrauch steigern, während die Nutzung der bestehenden Gasinfrastruktur zum einen das Stromnetz entlastet und zum anderen bei der Sektorkopplung als wichtiger Katalysator dienen kann. Vor allem der Industriesektor – allen voran Stahlproduktion und chemische Industrie – setzt auf das klimaneutrale Gas.

Um die Rolle von Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem genau zu ermitteln, sollten nicht nur Pilotprojekte angestoßen, sondern auch ein Wasserstoffzielbild für 2050 entworfen werden: Welche Verbrauchssegmente werden das grüne Gas in welchen Mengen nachfragen? Wo kann es produziert werden? Über welche Infrastruktur lassen sich Angebot und Nachfrage zusammenbringen? Insbesondere letztere Frage gilt es, zukunftsorientiert zu diskutieren, denn milliardenschwere Investitionen in den Aus- und Umbau lohnen sich nur, wenn ausreichende Mengen zu transportieren sind.

Klar ist schon jetzt: Der Einsatz von Wasserstoff wird an Dynamik gewinnen. Doch Geschwindigkeit und Ausmaß des Umstiegs sind noch ungewiss. Eine Wasserstoffinfrastruktur für Deutschland existiert bis auf vereinzelte Projekte bislang nicht – zukünftige Anforderungen müssen noch definiert werden. Eine erste Richtschnur hierfür ist die im letzten Jahr vom Bundeswirtschaftsministerium veröffentlichte nationale Wasserstoffstrategie. Um jedoch die hierzu notwendigen Entwicklungsschritte planen und dabei die richtigen Förderanreize setzen zu können, gilt es, zunächst den konkreten Wasserstoffbedarf in Deutschland zu ermitteln. Wie gestaltet sich die Nachfrage nach dem alternativen Energieträger in den kommenden Jahrzehnten? McKinsey hat hierzu drei Szenarien modelliert:

- ein Referenzszenario, das von einer Fortschreibung der aktuellen Entwicklung ausgeht;
- ein beschleunigtes Übergangsszenario mit rasch voranschreitender Dekarbonisierung, hauptsächlich getrieben durch politische Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels;
- ein progressives Szenario, das darauf abzielt, durch verstärkten Wasserstoffeinsatz das ehrgeizige 1,5°C-Klimaziel bis 2050 zu realisieren.

Bereits im Referenzszenario, das die aktuelle Entwicklung lediglich fortschreibt, würde der jährliche Wasserstoffbedarf von derzeit knapp 1 Mio. t auf 5,3 Mio. t in 2050 klettern. Im beschleunigten Übergangsszenario steigt die jährliche Nachfrage auf mehr als 10 Mio. t an, im progressiven 1,5°C-Szenario gar auf 14,6 Mio. t. Das entspricht einem Bedarfs-wachstum um das Sieben- bis 18-Fache gegenüber heute.

Die Wasserstoffkarte: Fünf Gebiets-Cluster treiben die Nachfrage

Über die geografische Verteilung des Wasserstoffbedarfs in Deutschland gibt die Wasserstoffkarte Aufschluss, die McKinsey durch die Verknüpfung von Nachfrage- und Geodaten erstellt hat. Die gezielte Betrachtung von Standorten großer Industrieabnehmer und Kraftwerke sowie der geografischen Verteilung von Heizungstypen und Verkehrsströmen (z.B. Lkw-Aufkommen auf deutschen Autobahnen) ermöglicht eine granulare Sicht auf regionale Nachfragemuster. Um eine möglichst realistische Einschätzung zu erhalten, wurden Verbrauchsgruppen teilweise bis auf Postleitzahlenebene heruntergebrochen und die Wasserstoffnachfrage in annähernd 500 Industriefabriken anlagen-spezifisch dem potenziellen Verbrauch zugeordnet.

Für das Jahr 2050 ergibt die Analyse für Deutschland insgesamt fünf Gebiets-Cluster mit jeweils unterschiedlichen Bedarfsprofilen. Abb. 4 zeigt die Verteilung im progressiven 1,5°C-Szenario: Als größten potenziellen Cluster mit rund 3,5 Mio. t weist die Wasserstoffkarte die dicht besiedelte Industrieregion Rhein-Ruhr aus – mit einer CO₂-intensiven Stahl- und Ammoniakproduktion sowie Stromerzeugung und Gebäudeheizung als wichtigsten Treibern der Nachfrage. Auf

Platz zwei folgt das Gebiet Rhein-Main-Neckar (3 Mio. t) mit Ludwigshafen als Standort der Chemieindustrie und dem Frankfurter Flughafen als Luftverkehrszentrum. Jeweils 2 Mio. t werden außerdem in den Clustern Nordwest- und Mitteldeutschland erwartet und weitere 1,5 Mio. t in der Region Oberbayern. Auch in diesen kleineren Clustern sind Stahl- und Energiestandorte, der Luftverkehr sowie die Wärmeerzeugung von Gebäuden in Ballungsgebieten Haupttreiber des künftigen Wasserstoffbedarfs. Außerhalb der fünf Gebiets-Cluster ergibt sich ein Bedarf von 2,6 Mio. t, vor allem für Wärme- und Transportanwendungen.

Zum weiteren Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur haben die Bundesministerien für Wirtschaft und Verkehr im Mai dieses Jahres insgesamt 62 Großprojekte zur Förderung der Erzeugung, Transportinfrastruktur und Nutzung von Wasserstoff ausgewählt, die mit 8 Mrd. € aus Bundes- und Landesmitteln unterstützt werden. Ein Großteil der Projekte verteilt sich auf die drei Cluster Rhein-Ruhr, Nordwest- und Mitteldeutschland, in denen Industrie und Infrastruktur eine zentrale

Rolle spielen. Im Süden Deutschlands liegt der Projektfokus stärker auf der Wasserstoffnutzung im Mobilitätssektor. Das Hauptaugenmerk der Wasserstoffförderung aber liegt auf dem Aufbau der erforderlichen Infrastruktur: Neben Projekten, die den Anschluss an die Nord- und Ostsee vorsehen, soll auch die Verknüpfung der Cluster untereinander vorangebracht werden.

Infrastrukturaufbau: Pipeline schlägt Stromleitung

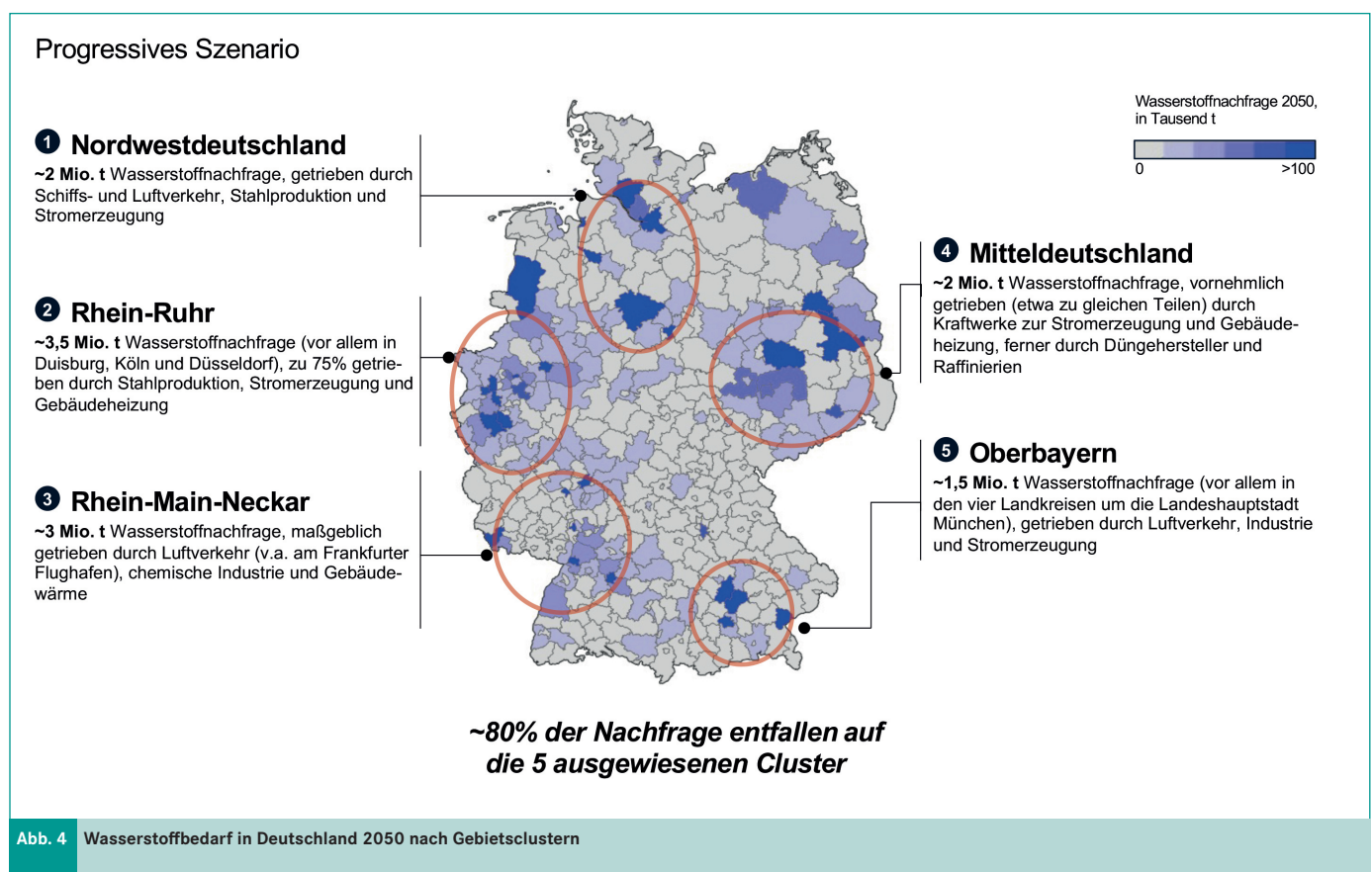
Die Suche nach dem idealen Ausbaupfad für die künftige Wasserstoffinfrastruktur erweist sich als eine der größten Herausforderungen. Denn der Energiesektor in Deutschland ist traditionell durch die Eigenständigkeit seiner Segmente gekennzeichnet: Strom- und Gaserzeugung werden (mit Ausnahme von Kraftwerken zur Verstromung von Gas) unabhängig voneinander geplant und betrieben, eine abgestimmte Gesamtstrategie existiert nicht.

Damit Wasserstoff seine Rolle als Katalysator der Dekarbonisierung erfüllen kann, müssen Strom- und Erdgasinfrastruktur mitein-

ander verknüpft werden. Eine Schlüsselfrage dabei ist, ob Wasserstoff im direkten Umfeld der Stromerzeugung produziert werden soll oder vor Ort bei den Abnehmern. Im ersten Fall müsste eine Pipeline-Infrastruktur bereitgestellt, im zweiten das Stromübertragungsnetz erheblich nachgerüstet werden.

Die zu transportierenden Mengen sind enorm: Im progressiven Szenario müssten bis 2050 rund 14,6 Mio. t Wasserstoff die Verbraucher erreichen. Dies entspricht dem Energiegehalt von annähernd 500 TWh. Zum Vergleich: Die Stromnetze bedienen aktuell eine Nachfrage von 550 bis 600 TWh – mit stark steigender Tendenz infolge der voranschreitenden Elektrifizierung. Diese Größenordnungen machen deutlich, welche Herausforderung es wäre, weitere Kapazitäten in den Stromübertragungsnetzen zusätzlich für Wasserstoffanwendungen bereitzustellen.

Im Erdgassektor sieht das Bild anders aus: Aktuell werden im deutschen Netz knapp unter 1.000 TWh Gas transportiert. Im Gegensatz zum Stromsektor aber geht das zu transportierende Volumen hier kontinuier-



lich zurück, weil Deutschland künftig weitestgehend auf den Einsatz von Erdgas verzichten muss, um bis 2045 klimaneutral zu sein. Die rückläufigen Mengen wiederum eröffnen Spielräume, die Pipelines sukzessive auf Wasserstoff umzurüsten. Hinzu kommt, dass die Umrüstung von existierenden Erdgaspipelines wesentlich schneller realisiert werden kann als der großangelegte Neubau von Stromtrassen.

Insgesamt ergeben die Analysen einen klaren ökonomischen Vorteil für die Pipeline-Lösung. Denn sie zeigen, dass der Wasserstofftransport über Rohrleitungen je nach Größe 30 % bis 90 % günstiger ist als die Nutzung von Stromleitungen, da das Verhältnis der Kosten zur transportierten Energiemenge deutlich besser ausfällt. So kann beispielsweise eine typische Wasserstoff-Pipeline mit 1 m Durchmesser den gleichen Energiegehalt transportieren wie eine 10-GW-Stromübertragungsleitung. Zum Vergleich: Das zentrale Leitungsvorhaben SuedLink, das erneuerbaren Strom vor allem aus Windenergie im Norden zu den Verbrauchszentren im Süden transportieren soll, umfasst gerade einmal 4 GW – weniger als die Hälfte der Kapazität einer durchschnittlichen Pipeline.

Hinzu kommt, dass die Stromübertragungskapazität in Deutschland wegen der vermehrten Erzeugung aus Erneuerbaren

bereits heute an ihre Grenzen stößt. Selbst neue Trassenprojekte wie SuedLink werden diesen Kapazitätsengpass langfristig nicht beseitigen können. Das Pipeline-Netz bleibt daher voraussichtlich die Infrastruktur der Wahl für den Wasserstofftransport.

Fazit

Ob und wie die fünf Gebiets-Cluster in Zukunft mit grünem Wasserstoff versorgt werden können, ist noch offen. Wahrscheinlich aber wird es auf eine Kombinationslösung hinauslaufen, bei der einerseits die heimische Wasserstofferzeugung um Importe zu ergänzen ist, um den schleppenden Erneuerbaren-Ausbau zu kompensieren, und andererseits Strom- und Erdgasnetze parallel genutzt werden, um den rasch wachsenden Wasserstoffbedarf von morgen zu decken.

Aufgabe der Politik wird es sein, die unterschiedlichen Beteiligten aus Energiewirtschaft, Industrie und Gesellschaft im In- und Ausland zusammenzubringen und ein einheitliches Wasserstoffinfrastruktur-Konzept zu entwickeln, das allen Anforderungen gerecht wird. Der Politik fällt hierbei eine zentrale Rolle zu: Denn während bei Erzeugung und Verbrauch in erster Linie ökonomische und technologische Erwägungen das Tempo der Umstellung auf Wasserstoff bestimmen, wird beim Auf- und Umbau der

Infrastruktur die Regulatorik der entscheidende Taktgeber sein. Mit seinen aktuellen Pilotprojekten und der Einbeziehung von Wasserstoff in den Netzentwicklungsplan Gas geht Deutschland bereits in die richtige Richtung. Der Masterplan für die zukünftige Wasserstoffversorgung indessen muss erst noch geschrieben werden.

Dr. T. Vahlenkamp, Senior Partner, McKinsey & Company, Düsseldorf; S. Overlack, Partner, McKinsey & Company, Frankfurt; P. Hein, Associate Partner, McKinsey & Company, Hamburg; Dr. F. Pflugmann, Engagement Manager, McKinsey & Company, Frankfurt; F. Stockhausen, Senior Solution Analyst, McKinsey & Company, Düsseldorf; M. Wirths, Researcher, McKinsey & Company, Düsseldorf.
thomas_vahlenkamp@mckinsey.com

Feedback erwünscht

Der Energiewende-Index bietet alle sechs Monate einen Überblick über den Status der Energiewende in Deutschland. Reaktionen und Rückmeldungen seitens der Leser sind ausdrücklich erwünscht und werden bei der Aktualisierung des Index berücksichtigt, sofern es sich um öffentlich zugängliche Daten und Fakten handelt. Auf der Website von McKinsey besteht die Möglichkeit, den Autoren Feedback zum Thema Energiewende zu geben: www.mckinsey.de/energiewendeindex

NEWS | MAGAZINE | JOBS | MARKTPARTNER | TERMINE



www.energie.de/jobs

Aktuell und spartenübergreifend

Das Portal der Energiewirtschaft

energie.de