

Wie Deutschland zur Wasserstoffrepublik werden kann

Thomas Vahlenkamp, Sebastian Overlack, Fridolin Pflugmann, Thorben Ipers, Emil Hosius und Christian Kauth

Am Einsatz von Wasserstoff führt kein Weg vorbei, wenn Deutschland klimaneutral werden soll. Die Bundesregierung will den Markthochlauf bis spätestens 2030 erreichen. Am Beispiel der Industrieregion Rhein-Ruhr zeigen die Autoren, wie die Wasserstoffwende gelingen kann und was es dazu braucht. Im Anschluss daran präsentieren sie die neuesten Ergebnisse im Energiewende-Index.

Gute Nachrichten aus dem Stromsektor: In den ersten drei Monaten 2023 wurden fast 200.000 Solaranlagen mit einer Leistung von 2,7 GW errichtet – rund 36 % mehr als im Vorjahreszeitraum. Damit hat Deutschland reelle Chancen, das Zubauziel von 9 GW im Jahresverlauf zu erreichen. Ebenfalls erfreulich sind die Fortschritte bei der Windkraft: Mit 1,6 GW sind bereits zur Jahresmitte 2023 fast zwei Drittel (65 %) der im Vorjahr insgesamt installierten Leistung ans Netz gegangen.

Mit den positiven Trends am grünen Strommarkt rücken zugleich aber die Industrien in den Fokus, die nicht direkt elektrifiziert werden können: Raffinerien, Stahl- und Chemieunternehmen oder auch die Luftfahrt. Sie müssen andere Pfade beschreiten, um ihre Dekarbonisierungsziele zu erreichen. Und Wasserstoff spielt dabei eine zentrale Rolle.

Der Weg zur Wasserstoffwirtschaft

Noch steckt die Wasserstoffwirtschaft hierzulande in den Kinderschuhen. Aber das soll sich ändern: Die Pläne der Bundesregierung sind ambitioniert, und vielerorts wird bereits an Projekten gearbeitet. Was jetzt nötig ist, damit Deutschland tatsächlich zur Wasserstoffrepublik werden kann, zeigen wir in dieser Ausgabe unseres Energiewende-Index, gefolgt von der aktuellen Entwicklung der Indikatoren.

Die ambitionierten Pläne der Politik

Im Juli 2023 präsentierte die Bundesregierung ihre Neuauflage der Nationalen Wasserstoffstrategie, die drei Jahre zuvor entwickelt worden war. Darin veranschlagt sie für das Jahr 2030 einen Bedarf an grünem (oder zumindest kohlenstoffarmem) Wasserstoff von 1,2 bis 2,2 Mio. t – zusätzlich zur bestehen-



Die Wasserstoffstrategie der Bundesregierung ist eine wichtige Weichenstellung auf dem Weg zur Wasserstoffrepublik Deutschland. Jetzt gilt es, die ambitionierten Ziele in die Tat umzusetzen

Bild: Adobe Stock

den Nachfrage nach grauem Wasserstoff von rund 1,6 Mio. t. Um diesen Bedarf zu decken, sollen Elektrolyseure mit einer Leistung von 10 GW errichtet werden. Für den Transport plant das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz einen massiven Ausbau des Wasserstoffnetzes: 1.800 km Pipelines sollen hierfür bis 2028 neu gebaut oder umgerüstet werden.

Das Gros der Wasserstoffnachfrage will man über Importe bedienen. Hierzu hat Deutschland im August 2022 bereits erste Abkommen mit Bezugsländern wie etwa Kanada geschlossen, weitere sollen folgen. In einem „Doppelauktionsmodell“ soll zudem im Rahmen der Initiative „H2Global“ über langfristige Verträge Wasserstoff auf dem Weltmarkt gesichert und national an die Meistbietenden zu wirtschaftlichen Preisen versteigert werden. Die Differenz zwischen Einkaufs- und

Abgabepreis wird dabei durch einen staatlichen Fördermechanismus ausgeglichen. Ausgeschrieben werden drei Derivate von grünem Wasserstoff: Ammoniak, Methanol und E-Kerosin. Ursprünglich waren Fördergelder in Höhe von 900 Mio. € über zehn Jahre vorgesehen – zu wenig im Vergleich zu den geplanten Volumina. Das hat auch das BMWK realisiert und bereitet nun zusätzliche Ausschreibungen mit einem Volumen von 3,5 Mrd. € vor.

Weitere Mittel aus dem Fördertopf für wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischen Interesse (IPCEI) beginnen langsam zu fließen: Mit rund 8 Mrd. € aus Bund und Ländern sollen 62 Großprojekte aus den Bereichen Produktion, Transport und Anwendungen unterstützt werden; davon sind voraussichtlich mindestens 3 Mrd. € allein schon in der Stahlbranche allokiert. Darüber hinaus setzt der Staat auf ambitionierte Treibhausgasquo-

ten (THG-Quoten) für den Transport und auf die Bepreisung von fossilen Energieträgern über den Emissionshandel.

Mit diesen Plänen hofft die Politik, den Markthochlauf von Wasserstoff bis 2030 erst auf nationaler Ebene und dann durch grenzübergreifende Anbindung zu realisieren.

Was es jetzt braucht: Ein Zielbild für mehr Planungssicherheit

Anschubfinanzierungen sind ein wichtiger Schritt, reichen allein jedoch nicht aus, um der Wasserstoffwirtschaft hierzulande zum Durchbruch zu verhelfen. Was die Beteiligten – Produzenten, Lieferanten und Abnehmer – außerdem brauchen, ist ein klares und verlässliches Bild darüber, mit welchen Volumen- und Preisentwicklungen sie in Zukunft rechnen können. Andernfalls könnte der Wasserstoffausbau zum Henne-Ei-Problem werden: Ohne konkrete Nachfrageerwartungen keine Investitionen in Produktion und Transport; ohne Versorgungssicherheit und wirtschaftliche Preise wiederum keine Abnahmegarantien. Die Unsicherheit der Akteure zeigt sich bereits in der Praxis:

- Betreiber von Gaskraftwerken könnten ihre Anlagen technisch auf den Einsatz von Wasserstoff vorbereiten und umsteigen, sobald entsprechende Turbinentechnologien marktreif sind. Allerdings entstünden ihnen dadurch Mehrkosten in Höhe von 10 bis 20 % gegenüber herkömmlichen Kraftwerken. Solche Investitionen lohnen sich nur, wenn Wasserstoff absehbar in ausreichender Menge und zu akzeptablen Kosten verfügbar ist. Aktuell gibt es diese Gewissheit nicht.
- Industriebetrieben, die auf Wasserstoff setzen wollen, fehlt es oft an der Planbarkeit von Lieferwegen und damit an der Grundlage für seriöse Investitionsentscheidungen. Typische Fragen, die bislang unbeantwortet bleiben, sind: Soll in eine eigene Wasserstoff-Produktionsanlage investiert werden oder gibt es eine Anbindung an eine Pipeline – und wenn ja, wann?

Diesen Zustand der Unwägbarkeit gilt es rasch zu beenden – durch die Entwicklung eines umfassenden Zielbilds für die Wasserstoffwirtschaft in Deutschland, gemeinsam erarbeitet von den Entscheidungsträgern in

Unternehmen und Politik. Und je konkreter das Zielbild, desto größer die Handlungssicherheit: Der grundsätzliche Wasserstoffbedarf sollte darin ebenso enthalten sein wie belastbarere Kostenabschätzungen, Zahlungsbereitschaften, erwartete Nachfragemengen und Transportwege – laufend angepasst an die jeweils aktuellen Bedingungen.

Wie notwendig ein gemeinsames Zielbild ist, zeigen allein schon die divergierenden Vorstellungen zum künftigen Wasserstoffbedarf in Deutschland: Während der von der Bundesregierung eingesetzte Nationale Wasserstoffrat ab 2040 bis 2050 mit einer jährlichen Nachfrage von 30 bis 40 Mio. t rechnet, gehen andere Prognosen von geringeren Volumina aus: So schätzt etwa eine Studie des Forschungszentrums Jülich aus dem Jahr 2021 den Bedarf 2050 auf nur 10 bis 15 Mio. t. Ein wesentlicher Grund für die Abweichung ist die unterschiedliche Einschätzung der Rolle des Wärmesektors, den der Wasserstoffrat als einen Haupttreiber der künftigen Nachfrage sieht. Angesichts der aktuellen politischen Bestrebungen (Stichwort Wärmepumpe) liegt hingegen der Fokus bei Gebäudeheizungen derzeit auf der Elektrifizierung. Damit dies allerdings in der Fläche gelingt, braucht es vor allem den massiven Ausbau von grüner Stromerzeugung sowie von Transport- und Verteilnetzen – gerade Letzteres ist alles andere als gesichert.

Der Pionier auf dem Weg zur Wasserstoffrepublik wird aller Voraussicht nach eher nicht der Wärmesektor sein, sondern vielmehr die Industrie. Denn gerade hier gibt es zahlreiche Anwendungen, die nicht direkt elektrifiziert werden können, z.B. Hochtemperaturprozesse oder die Hochöfen in der Stahlherstellung. Wie ein mögliches Wasserstoffzielbild für diesen Sektor aussehen könnte, zeigt unsere Analyse der Industrien entlang des Rheins.

Wasserstoffzielbild für die Industrie: Beispiel Rheinschiene

Die Industrieregion zwischen Karlsruhe und Duisburg bildet den größten potenziellen Wasserstoffcluster in Deutschland. In dem Gebiet befinden sich zahlreiche Großunternehmen, die den alternativen Energieträger nutzen könnten. Wie gestaltet sich das Wasserstoffzielbild für diesen industriellen Ballungsraum?

Grundsätzlicher Wasserstoffbedarf. Treiber des Wasserstoffbedarfs sind neben dem hohen Strom- und Wärmeverbrauch der Unternehmen vor allem die CO₂-intensiven Stahl- und Chemieproduktionen. Über alle Industrien hinweg (neben Stahl- und Chemiewerken u.a. auch Raffinerien und Energieerzeuger) entstünde in der Region bis 2030 ein Bedarf von 1 Mio. t – abhängig von den regulatorischen Vorgaben, die noch in Kraft treten, sowie von der technischen „Readiness“ der Anlagen, Wasserstoff beizumischen oder grauen durch grünen zu ersetzen. Bis 2050 dann könnte sich der Bedarf auf 3,5 Mio. t noch einmal mehr als verdreifachen. Die tatsächliche Nachfrage richtet sich allerdings auch danach, inwieweit Produktion und Transport gesichert sind und ob sich der Wasserstoffeinsatz für die Unternehmen rechnet.

Kosten und Preise der Erzeuger. Ein wichtiges Kriterium für potenzielle Abnehmer sind die Preise, zu denen sie Wasserstoff beziehen können. Zwar rechnen die Erzeuger mit sinkenden Kosten, vor allem für Elektrolyseure. Aktuell ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Preise für die Produktion von Wasserstoff in Deutschland 2030 auf etwa 6,50 bis 8,50 €/kg belaufen werden. Grund dafür sind zum einen hohe Opportunitätskosten für den Einsatz von grünem Strom: Würde dieser nicht für grünen Wasserstoff verwendet, könnte er zu höheren Preisen direkt im Strommarkt verkauft werden. Zum anderen sind (neben den reinen Produktionskosten) zusätzliche Aufwendungen für die Speicherung einzupreisen, da industrielle Abnehmer auf eine konstante Verfügbarkeit angewiesen sind.

Billiger könnte grüner Wasserstoff aus Nordafrika über Pipelines oder aus fernen Regionen über Schifftransport importiert werden, da die Stromproduktion aus Wind- und oder Solarenergie in vielen Ländern günstiger ist. Zwar fallen auf beiden Transportwegen zusätzliche Kosten an: beim Pipelineimport durch die Leitungsnutzung und Speicherung, beim Schifftransport durch die erforderliche Umwandlung des Wasserstoffs in Ammoniak und wieder zurück. Dennoch ist importierter grüner Wasserstoff mit etwa 3,50 bis 5,50 €/kg voraussichtlich günstiger als national produzierter. Blauer Wasserstoff aus den USA oder Norwegen könnte sogar schon für 2,50 bis 3 €/kg bezogen werden.

Zahlungsbereitschaft der Abnehmer und erwartete Nachfragemengen. Die im Folgenden von uns kalkulierte Zahlungsbereitschaft der Unternehmen ergibt sich aus den fossilen Alternativen (z.B. Erdgas oder Kohle) und den damit verbundenen Emissionskosten (angenommener Preis 2030: 150 € pro t CO₂). Darüber hinaus sind einige wenige Abnehmer bereit, eine „grüne“ Prämie zu zahlen, da sie mit einer positiven Klimabilanz ihrer Produkte bei den Endkunden höhere Preise durchsetzen können. Berücksichtigt werden außerdem regulatorische Auflagen, die den Einsatz klimaneutraler Energieträger in einigen Industrien vorschreiben. Entsprechend unterschiedlich fällt die Zahlungsbereitschaft in den verschiedenen Industrien aus:

- **Hohe Zahlungsbereitschaft.** Der Markt für national hergestellten Wasserstoff ist begrenzt auf Abnehmer mit hoher Zahlungsbereitschaft. Dazu zählen primär Raffinerien, die nach der neuen EU-Richtlinie RED III ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um 25 % reduzieren müssen. Dabei wird zum Teil auch der Einsatz von strombasierten erneuerbaren Kraftstoffen wie Wasserstoff verpflichtend. Die rechnerische Zahlungsbereitschaft der Unternehmen liegt entsprechend hoch bei 8 bis 10 €/kg. Rund 100 kt grauer Wasserstoff wird bereits für die Raffinerien entlang des Rheins auf Erdgasbasis produziert; dieser könnte ersetzt werden. Wie hoch die Wasserstoffnachfrage der Branche am Ende tatsächlich ausfällt, unterliegt jedoch noch regulatorischer Unsicherheit: Denn bislang ist die neue EU-Richtlinie nicht im deutschen Recht verankert.
- **Mittlere Zahlungsbereitschaft.** Für Abnehmer mittlerer Zahlungsbereitschaft lohnt sich der Import von blauem und zum Teil auch grünem Wasserstoff. Hierzu zählt vor allem die chemische Industrie (die teilweise ebenfalls von der neuen EU-Richtlinie für erneuerbare Energien betroffen ist), aber auch die Stahlbranche: Dort könnte der Einsatz von Wasserstoff in sog. Direktreduktionsanlagen hohe CO₂-Kosten für den herkömmlichen kohlebasierten Prozess im Hochofen vermeiden. Zudem ließen sich beim Verkauf geringfügige Preisprämien für CO₂-reduzierten Stahl erzielen. Faktoren wie diese führen insgesamt zu einer rechnerischen Zahlungsbereitschaft von 3 bis 5 €/kg. Das potenzielle Nachfragevolumen liegt in dieser Käufergruppe bei rund 500 kt.

- **Geringe Zahlungsbereitschaft.** Für manche Industrien rechnet sich der Umstieg ohne weitere finanzielle Anreize kaum, da selbst der relativ günstige blaue Wasserstoff aus dem Ausland noch teurer wäre als konventionelle fossile Energieträger einschließlich ihrer CO₂-Kosten. Beispiel Gaskraftwerke: Viele sind technisch bereits heute in der Lage, geringe Mengen Wasserstoff durch Beimischung zusammen mit Erdgas zu verarbeiten. Wirtschaftlich gesehen aber dürfte dieser rechnerisch nicht mehr als 2 €/kg kosten, wenn sich die Umstellung finanziell lohnen soll. Der Bedarf der Unternehmen aus diesem Segment beläuft sich voraussichtlich auf 400 kt und steht damit bis 2030 für rund 40 % der Wasserstoffnachfrage entlang des Rheins.

Transportnetz. Neben der Nachfrageentwicklung spielt der Ausbau des Transportnetzes eine zentrale Rolle für den Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft. Große Abnehmer im Ruhrgebiet könnten schon durch die Umrüstung von rund 500 km bestehenden Pipelines und einige neu gebaute Leitungen bedient werden. Um allerdings die Industriebetriebe entlang des Rheins bis nach Karlsruhe zu erreichen, müssten deutlich mehr als 1.000 km Pipelinetz umgerüstet bzw. neu verlegt werden. Die Investitionskosten dafür bewegen sich bereits im einstelligen Milliardenbereich, wenn auch nur 20 bis 30 % der Leitungen neu zu bauen sind und das Gros durch Umrüstung bestehender Pipelines erschlossen werden kann. Trivial sind Projekte dieser Dimension nicht: Die Umrüstung könnte rasch an Grenzen stoßen, wenn die Pipelines weiterhin benötigt werden, um die Gasnachfrage zu bedienen. Und ein Neubau lässt sich nicht von heute auf morgen realisieren: Planungs-, Genehmigungs- und Bauzeiten ziehen sich in der Regel über viele Jahre.

So gelingt die Umsetzung: drei Erfolgsfaktoren

Für alle potenziellen Wasserstoffcluster gilt: Besteht erst einmal ein einheitliches Verständnis über die Bedarfe, Zahlungsbereitschaften und Preise, wäre der Grundstein für den Markthochlauf gelegt. Wie gut sich das Zielbild anschließend realisieren lässt, hängt dann insbesondere von drei Erfolgsfaktoren ab:

Strategisches Sourcing. Je nach Bedarf und Zahlungsbereitschaft sollte die Beschaffung von Wasserstoff strategisch geplant werden – unter Berücksichtigung der Herkunftsländer, Preisentwicklungen und möglicher Transportwege. Bei Importen steht Deutschland zudem im Wettbewerb mit anderen Staaten. Es gilt daher, sich die erforderlichen Mengen frühzeitig auf dem Weltmarkt zu sichern, ohne sich von einzelnen Produktionsländern abhängig zu machen.

Langfristige Verträge zur sicheren Bereitstellung. Aus dem entwickelten Zielbild ergeben sich spezifische Volumina und Preispunkte, die eine solide Grundlage für konkrete Vertragsverhandlungen bilden. Anbieter, Netzbetreiber und Abnehmer können darauf aufbauend schrittweise ihre Bedingungen für langfristige Verträge aushandeln. Hierzu kann das Förderprojekt „H2Global“ weiterentwickelt werden.

Finanzielle Anreize. Ein konkretes Zielbild versetzt schließlich auch die Politik in die Lage, gezielte Anreize für die Produktion und Nutzung von Wasserstoff zu setzen. Industrien, für die der Einsatz von Wasserstoff eher unwirtschaftlich ist, könnten für den Umstieg incentiviert werden. Und das zu vertretbaren Kosten: Um z.B. einen Wasserstoffpreis von 4 €/kg für alle potenziellen Abnehmer entlang des Rheins wirtschaftlich attraktiv zu machen, müssten pro Jahr weniger als 2 Mrd. € zur Unterstützung aufgebracht werden – eine vergleichsweise geringe Summe gemessen an den 2022 aus dem EEG-Konto getätigten Auszahlungen in Höhe von fast 14 Mrd. €. Worauf es für die Unternehmen vor allem ankommt: Alle Investitionen in Wasserstofftechnologien benötigen eine Absicherung der Wirtschaftlichkeit über die Lebenszeit der Anlage. Hierzu könnte mittelfristig z.B. eine Indexierung über einen (derzeit noch nicht vorhandenen) Weltmarktpreis für Wasserstoff erfolgen.

Fazit

Die Wasserstoffstrategie der Bundesregierung ist eine wichtige Weichenstellung auf dem Weg zur Wasserstoffrepublik Deutschland. Jetzt gilt es, die ambitionierten Ziele in die Tat umzusetzen. Noch aber sind die Initiativen der Akteure wenig aufeinander abgestimmt und künftige Nachfrage- und Angebotsvolumina nur vage umrissen.

Erfolgsentscheidend ist daher ein von Politik und Industrie erarbeitetes kohärentes Zielbild, um das Thema gemeinsam voranzutreiben und dem Markt eine Starthilfe zu geben. Unentbehrlich ist insbesondere ein konkreter Überblick über zukünftige Nachfragevolumina und Preise in den größten deutschen Wasserstoffregionen. Ebenso ist strategisch zu planen, welche Quellen für die Beschaffung genutzt werden und wie die Transportnetzwerke auszugestaltet sind.

Andere Länder machen es vor: In Österreich haben die größten Unternehmen, unterstützt von der Regierung, eine gemeinsame Wasserstoffplattform etabliert, um Markt und Infrastruktur zu stärken und Importmöglichkeiten zu sichern. Die Anforderungen der Industrie dienen dabei als Grundlage, um großvolumige Einfuhrverträge aufzusetzen.

Deutschland könnte sich daran orientieren. Mit einem klaren Zielbild vor Augen wird es auch hier möglich sein, frühzeitig langfristige Verträge abzuschließen, Investitionsentscheidungen zu treffen und sich auf dem internationalen Markt sowohl Wasserstoff als auch notwendige Schlüsseltechnologien für dessen Einsatz zu sichern. In Anbetracht der zunehmenden ökonomischen und ökologischen Bedeutung des alternativen Energieträgers sollten Wirtschaft und Politik den Zug keinesfalls verpassen. Und mit dem Schulterschluss aller Beteiligten könnte Deutschland schon in wenigen Jahren zur Wasserstoffrepublik werden.

Energiewende-Index: Die Indikatoren im Überblick

Die insgesamt 15 Indikatoren im aktuellen Energiewendeindex zeigen gegenüber der letzten Erhebung vom März keine massiven Verschiebungen: Fünf Indikatoren sind nach wie vor unrealistisch in ihrer Zielerreichung, vier befinden sich weiterhin auf der Kippe und sechs Indikatoren verbleiben in der Kategorie „realistisch“.

Zielerreichung für fünf Indikatoren unrealistisch

Der Indikator *Sektorkopplung Verkehr* verbessert sich wieder leicht von 42 auf 44 % (Abb. 1). Im April 2023 gab es in Deutschland insgesamt knapp 2 Mio. Elektrofahrzeuge, doch es hätten bereits 4,2 Mio. sein müssen, um noch im Plan zu bleiben. Grund ist, dass die Zulas-

sungskurve, die 2020/21 noch steil angestiegen war, seither stark abgeflacht ist. Ab jetzt müsste es pro Halbjahr 1 Mio. Neuzulassungen geben, um das 2030er-Ziel von 15 Millionen E-Autos zu erreichen; bislang wurde jedoch nicht einmal die Marke von 400.000 Neuzulassungen pro Halbjahr überschritten.

Die *Kosten für Netzeingriffe* sind seit unserer letzten Erhebung von knapp 22 € pro MWh auf über 24 € pro MWh gestiegen und damit weiter denn je von den angestrebten 1 € pro MWh entfernt (Abb. 2). Und die Chancen, aus der 0 %-Zielerreichung aufzusteigen, stehen schlecht: 2022 summierten sich die Netzeingriffskosten auf mehr als 4,2 Mrd. € – eine Verdopplung gegenüber dem ohnehin schon sehr hohen Vorjahresniveau. Hauptgrund dafür ist die Kostenexplosion für Redispatchmaßnahmen infolge der Energiepreiserhöhung: Lagen die Kosten im Jahr 2021 noch bei 590 Mio. € (wovon allein 400 Mio. € auf das letzte Quartal fielen), betrug sie 2022 mit knapp 2,7 Mrd. € nahezu das Fünffache.

Weit hinter den Zielen zurück bleibt auch der Indikator *Ausbau Transportnetze*. Trotz leichter Verbesserung in der Zielerreichung auf 41 % verläuft der Netzausbau mit zuletzt 453 km immer noch deutlich schleppender als geplant (knapp 550 km pro Halbjahr). Die

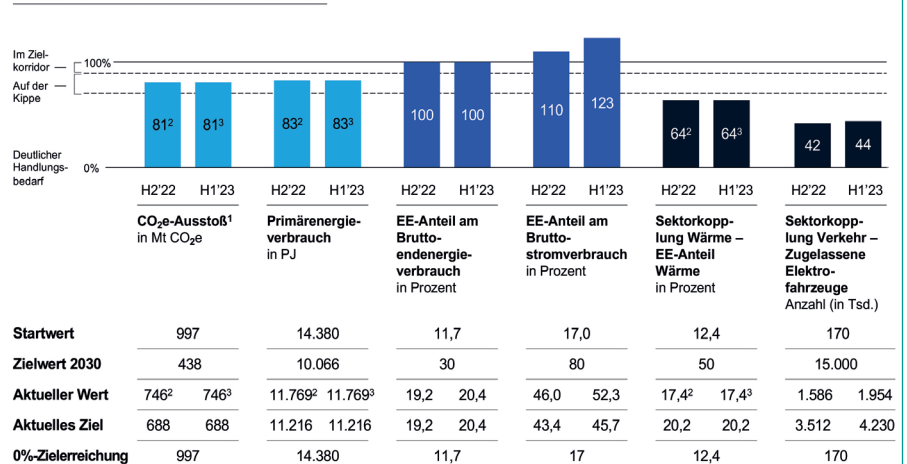
Gesamtlänge beträgt jetzt 2.458 km und damit weniger als die Hälfte der angestrebten 5.553 km. Fortschritte gibt es immerhin bei den Genehmigungsverfahren: Wurden in den Jahren 2019 bis 2021 pro Halbjahr nur rund 150 km genehmigt, waren es 2022 im gleichen Zeitraum fast 500 km. Dies lässt auf eine Beschleunigung des Ausbaus hoffen. Allerdings werden auch die Zielwerte für die Jahre ab 2025 aufgrund neuer Bauprojekte für Transportnetze stärker ansteigen.

Der Anteil der *Gesamtenergiekosten Haushalte* am Warenkorb der Verbraucher sank leicht von 12,9 auf 12,7 %. Grund hierfür ist der um 3 % langsamere Anstieg der Energiepreise in den letzten 12 Monaten gegenüber der allgemeinen Inflationsrate (6,4 %). Dabei gleichen die stark sinkenden Mineralölpreise (-12,8 %) die weiter steigenden Preise für Haushaltsenergie (+14,0 %) nahezu aus – und auch dort ist die Teuerungsrate seit ihrem Höchststand Ende 2022 von +47% deutlich gesunken. Dennoch entwickeln sich die Energiekosten für Privathaushalte weiterhin unbefriedigend: Die Zielerreichung des Indikators steigt nur geringfügig von 43 % auf 47 % und bleibt damit unrealistisch (Abb. 3).

Für den Indikator *Sektorkopplung Wärme* wurden neue Daten veröffentlicht. Der EE-Anteil am Endenergieverbrauch im Bereich

Zielerreichung der Indikatoren, in Prozent

Basierend auf dem letzten veröffentlichten Datenstand



1. Rechenbeispiel Zielerreichung CO₂e-Ausstoß: 0% = 997 Mt CO₂e, 100% = 688 Mt CO₂e, aktueller Wert von 746 Mt CO₂e = (746-997)/(688-997) = 81%
2. Rückwirkende Aktualisierung aufgrund neu verfügbarer Daten
3. Keine neuen Daten zur Aktualisierung verfügbar

QUELLE: AG Energiebilanzen; BMWK; Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW); Umweltbundesamt (UBA); Kraftfahrt-Bundesamt; Agora Energiewende

McKinsey & Company

Abb. 1 Umwelt- und Klimaschutz, Wertung H2 2022 und H1 2023

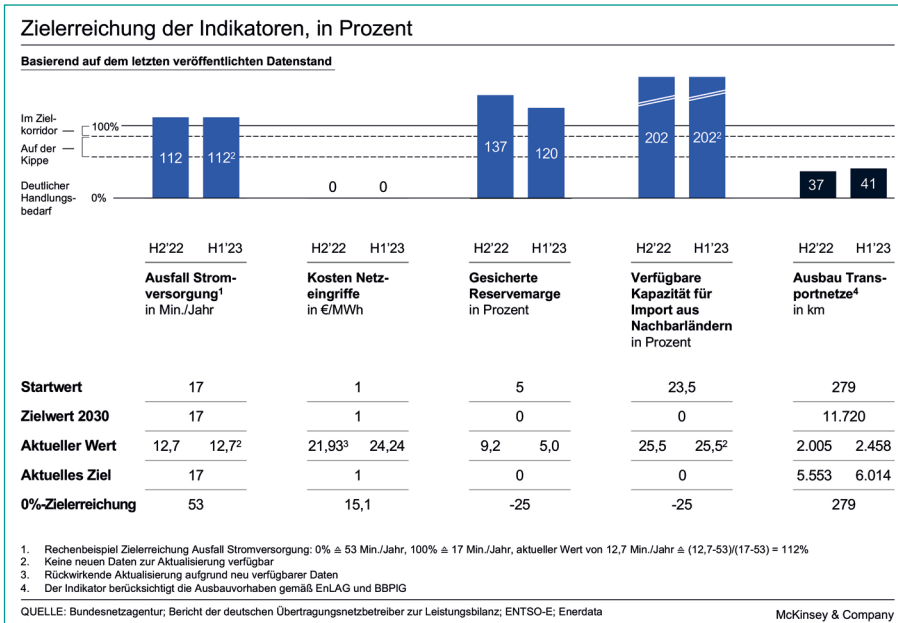


Abb. 2 Versorgungssicherheit, Wertung H2 2022 und H1 2023

Wärme und Kälte liegt danach im Jahr 2022 bei 17,4 % und damit 1,5 Prozentpunkte über dem Vorjahreswert. Um auf dem Zielpfad von 50 % in 2030 zu bleiben, hätte er allerdings bereits auf 20,2 % steigen müssen. Die aktuelle Zielerreichung verharret bei 64 %. Mit dem Gebäudeenergiegesetz will die Bundesregierung das Tempo nun merklich erhöhen.

Vier Indikatoren auf der Kippe

Der deutsche *Haushaltsstrompreis* liegt (Stand Juni) 31 % über dem europäischen Durchschnitt – im Dezember 2022 waren es noch 28,5 %. Grund dafür ist, dass die sinkenden Großhandelspreise im Ausland oft schneller an die Endkunden weitergereicht wurden und die hiesige Strompreisbremse weniger Wirkung entfaltet hat als erwartet. Mit den nied-

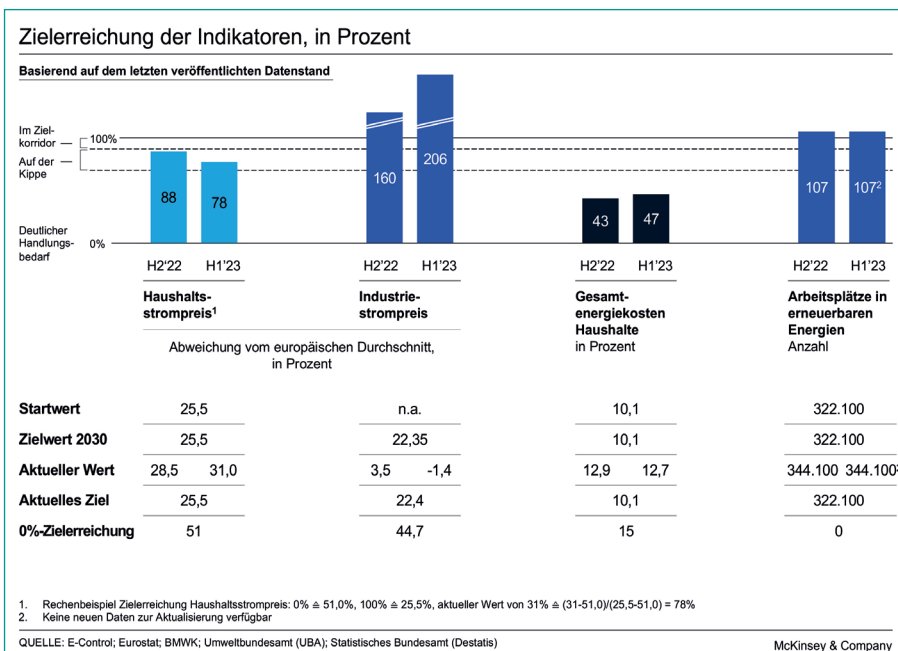


Abb. 3 Wirtschaftlichkeit, Wertung H2 2022 H1 2023

rigen Preisen im Großhandel steigt zudem der Anteil der Steuern und Gebühren, die in Deutschland vergleichsweise hoch sind. Die Zielerreichung des Indikators verschlechtert sich dadurch von 88 auf 78 %.

Der *CO₂-Ausstoß* liegt nach den letzten Hochrechnungen für 2022 bei 746 Mt und damit 14 Mt unter dem Vorjahr. Das Reduktionstempo reicht allerdings noch nicht, um das 2030er-Ziel zu erreichen. Um die Emissionen auf die angestrebten 438 Mt zu drücken, ist ab jetzt eine Reduktion um 44 Mt pro Jahr nötig. Mit 81 % Zielerreichung steht der Indikator deshalb weiter auf der Kippe.

Der *Primärenergieverbrauch* liegt nach der neuen Hochrechnung für 2022 bei 11.769 PJ, was einer Zielerreichung von 83 % entspricht.

Die *gesicherte Reservemarge* verschlechtert ihre Zielerreichung nach dem Abschalten der letzten Kernkraftwerke im vergangenen April deutlich um 17 %. Zugleich wurde die Methodik zur Betrachtung der fluktuierenden Erneuerbaren überarbeitet, um die zeitliche Überschneidung mit der Last besser berücksichtigen zu können: Ab jetzt werden die Last und die Einspeisung aus Wind- und Solarenergie integriert über die „Residuallast“ (Last abzüglich EE-Einspeisung) betrachtet und mit der gesicherten Kapazität verglichen. Eine Zielerreichung von 100 % liegt dann vor, wenn erwartet werden kann, dass die gesicherten Kapazitäten die Residuallast entsprechend den gesetzlichen Vorgaben in 99,94 % der Zeit voll decken können. Nach der neuen Methodik fällt die Reservemarge nun von 9,2 % in 2022 auf 5,0 % in 2023. Ursache hierfür ist vor allem der Kernkraftausstieg. Die erwartete Stilllegung von Kohlekraftwerken wird die Reservemarge schon 2024 weiter drastisch verschlechtern, daher bleibt der Indikator auf der Kippe.

Sechs Indikatoren mit stabil realistischer Zielerreichung

Der *EE-Anteil am Bruttostromverbrauch* ist gegenüber dem zweiten Halbjahr 2022 von 46 auf 52,3 % gestiegen und liegt auch deutlich über dem in der ersten Vorjahreshälfte (49 %). Das ist der höchste Wert seit Beginn der Energiewende. Die Zielerreichung verbessert sich von 110 auf 123 %. Haupttreiber war jedoch nicht der verstärkte EE-Ausbau, sondern der Rückgang des Stromverbrauchs

um 7 % im Zuge der Energiekrise. Tatsächlich sank die Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien trotz Ausbau um 1 % aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen.

Der *Industriestrompreis* hat sich ungeachtet gestiegener Stromkosten weiter verbessert. Das liegt in der Berechnungsmethodik des Indikators begründet, der die deutsche Strompreisentwicklung im Vergleich zum europäischen Durchschnitt abbildet: Steigen also die Preise im europäischen Ausland stärker als in Deutschland, verbessert sich der Indikator. In der aktuellen Erhebung liegt der deutsche Industriestrompreis sogar 1,4 % unter dem Europa-Mittel, während er im Vorhalbjahr noch 3,5 % darüber gelegen hatte. Damit steigt seine Zielerreichung auf 206 %. Ursache hierfür ist allerdings lediglich, dass die Preissteigerungen im Ausland (+20 %) weiterhin höher ausfallen als in Deutschland (+15 %). Zu berücksichtigen ist außerdem, dass der Indikator nur den Vergleich mit Europa zeigt, nicht jedoch mit dem Rest der Welt. Dort entwickelten sich die Strompreise deutlich moderater, während

sie für die europäische Industrie infolge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine stark angezogen haben. Der Indikator spiegelt demnach nicht die verminderte Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands infolge der überproportional gestiegenen Energiepreise gegenüber den Regionen außerhalb Europas wider.

Der *EE-Anteil am Bruttoendenergieverbrauch* betrug zuletzt 20,4 % und verbessert sich damit weiter leicht. Sein Zielerreichungsgrad liegt unverändert bei 100 %.

Für die übrigen drei Indikatoren *Ausfall Stromversorgung*, *verfügbare Kapazität für Import aus Nachbarländern* und *Arbeitsplätze*

in erneuerbaren Energien wurden keine neuen Werte veröffentlicht. Sie verbleiben daher in ihrer bisherigen Kategorie der stabil realistischen Zielerreichung.

Dr. T. Vahlenkamp, Senior Partner, McKinsey & Company, Düsseldorf; S. Overlack, Partner, McKinsey & Company, Frankfurt; Dr. F. Pflugmann, Associate Partner, McKinsey & Company, Frankfurt; T. Ipers, Fellow Senior Associate, McKinsey & Company, Düsseldorf; E. Hosius, Capabilities and Insights Analyst, McKinsey & Company, Düsseldorf; C. Kauth, Junior Capabilities and Insights Analyst, 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

Bremerhavener Forschungsprojekt zeigt Potenzial von Wasserstofftechnologien in der Industrie

Die Energiewende erfordert einen beschleunigten Aufbau der Wasserstoffwirtschaft. Aber welches Potenzial und welche Grenzen hat die Nutzung der Wasserstofftechnologien in der Industrie? Das wurde im EFRE-geförderten Projekt „Wasserstoff – grünes Gas für Bremerhaven“ zwei Jahre lang untersucht.

Erforscht wurde der Einsatz von Wasserstofftechnologien in der Energieversorgung, als alternativer Antrieb in der Mobilität und Logistik, z.B. für Gabelstapler, und im Bereich der E-Fuels. Außerdem wurde ein Wasserstoffbackofen entwickelt und in Betrieb genommen. Trotz pandemiebedingter Lieferengpässe sind die Wissenschaftler zufrieden mit dem Projektverlauf und ihren Ergebnissen.

„Das Hauptziel war, Wasserstofftechnologie in der Produktion, Speicherung und Anwendung bis zur Markteinführung und Wirtschaftlichkeit zu entwickeln, um so die Energiewende voranzutreiben“, sagt Gesamtprojektleiter Prof. Dr. Carsten Fichter von der Hochschule Bremerhaven. Unternehmen sollte so aufgezeigt werden, dass Wasserstofftechnologien ausfallsicher betrieben werden und eine Alternative zu herkömm-

licher Technik darstellen können. Dies war in allen Teilstudien der Fall. Dennoch zeigte sich im Projektverlauf, dass es weiterer Entwicklungen bedarf und die Infrastruktur ausgebaut werden müsste, um vollständig auf diese Form der Energieversorgung umstellen zu können.

Um zu untersuchen, ob Wasserstoff auch in der Lebensmittelproduktion als Alternative zu konventionellen Energieträgern genutzt werden kann, wurde in einer weiteren Teilstudie ein Wasserstoffofen am Beispiel der Backwarenindustrie entwickelt und erprobt. Die Hauptaufgabe bestand darin eine Brennkammer und ein Luftführungssystem zu entwickeln, welche die relevanten Temperatur- und Feuchtigkeitsprofile für die Herstellung von Backwaren optimal übertragen. Außerdem wurde ein umfangreiches Sicherheitskonzept erstellt und durch eine zertifizierte Stelle abgenommen. Das zweijährige Projekt „Wasserstoff – grünes Gas für Bremerhaven“ wurde vom Land Bremen sowie aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) mit rund 20 Mio. € gefördert. Die Ergebnisse fließen in zahlreiche Anschlussprojekte.

Den vollständigen Abschlussbericht gibt es unter hs-bremerhaven.de