

»» Klimaneutralität und Energiesicherheit zusammendenken: Kapazitäten Windkraft bis 2030 verdoppeln, Photovoltaik rund vervierfachen

Nr. 376, 13. April 2022

Autorin: Anke Brüggemann, Telefon 069 7431-1736, anke.brueggemann@kfw.de

Die Erreichbarkeit des deutschen Ziels der Klimaneutralität steht und fällt mit der ausreichenden Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien (EE). Der russische Angriffskrieg auf die Ukraine und die damit einhergehenden Risiken für die Versorgung Deutschlands mit fossilen Energieträgern machen deutlich, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien nicht nur klimapolitisch geboten ist, sondern auch ein wichtiger strategischer Schlüssel für die deutsche Energiesicherheit ist. Vor diesem Hintergrund wird die konsequente Weichenstellung der Politik für mehr Investitionen in erneuerbare Energien noch wichtiger.

Bereits in diesem Jahrzehnt ist ein massiver Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland erforderlich, vor allem von Windkraft und Photovoltaik. Die direkte Elektrifizierung von Teilen des Verkehrs und der Wärmebereitstellung mittels EE-Strom sowie der Einsatz von strombasiertem grünen Wasserstoff und seiner Folgeprodukte im Flug-, Schiffs- und Schwerlastverkehr oder in Teilen der Grundstoffindustrien sind wesentliche Strategien zur Erreichung des Klimaneutralitätsziels in Deutschland, aber auch zur Verringerung der deutschen Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern. Zudem ist eine weitere deutliche Steigerung der Energieeffizienz in allen Wirtschaftssektoren unverzichtbar, um den Flächendruck durch die EE-Stromerzeugung im In- und Ausland zu reduzieren und hohe EE-Anteile an der Stromversorgung überhaupt erreichen zu können.

Die Elektrifizierung und die Herstellung von grünem Wasserstoff werden den deutschen Strombedarf bis 2030 deutlich erhöhen. Nach Plänen der Bundesregierung soll bis 2030 der EE-Anteil an der Bruttostromversorgung von derzeit 41 auf 80 % gesteigert werden. Um dieses Ziel erreichen zu können, müssen die Kapazitäten von Windenergie an Land verglichen mit heute verdoppelt, die von Windenergie auf See und Photovoltaik nahezu vervierfacht werden – und dies innerhalb von weniger als neun Jahren. Diese Zahlen verdeutlichen, vor welcher enormen Kraftanstrengung Deutschland beim Ausbau der erneuerbaren Energien steht. Das gegenwärtige Tempo beim Ausbau der erneuerbaren Energien muss massiv beschleunigt werden.

Die zentrale Herausforderung beim Windkraftausbau liegt in der Flächenbereitstellung und der Sicherung der dafür

notwendigen Akzeptanz in der Bevölkerung. Bei der Solarenergie muss insbesondere viel stärker als bisher das große ungenutzte Potenzial von PV-Dachanlagen erschlossen werden. Hier braucht es zusätzliche Anreize für Hauseigentümer, PV-Anlagen auf bestehenden oder neuen Gebäuden zu errichten.

Um auch bei hohen Anteilen von wetterabhängigen erneuerbaren Energien eine hohe Stromversorgungssicherheit gewährleisten zu können, müssen zudem der Stromnetzausbau beschleunigt, der europäische Stromhandel ausgebaut sowie die Flexibilisierung der Stromnachfrage und der Speicherausbau vorangetrieben werden. Für die Deckung der Residuallast sind außerdem frühzeitig Investitionen in wasserstofffähige Gaskraftwerke anzustoßen.

Strom aus erneuerbaren Energien bildet das Rückgrat des Energiesystems in einem klimaneutralen Deutschland

Um schwerwiegende Folgen für das Leben auf der Erde zu vermeiden, sieht das im Jahr 2015 verabschiedete UN-Klimaschutzabkommen von Paris vor, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf möglichst 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. Immer mehr Staaten stellen sich dieser Aufgabe. Neben der EU haben sich u. a. die G7-Länder – die bedeutendsten Industriationen der westlichen Welt – das Ziel gesetzt, ihre Treibhausgasemissionen (THG) bis spätestens 2050 auf netto null zu reduzieren. Deutschland hat im Juni 2021 im Lichte der Verschärfung des EU-Treibhausgasemissionsziels 2030 und der Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts zum Schutz der Interessen zukünftiger Generationen die im Bundes-Klimaschutzgesetz fixierten nationalen Zielvorgaben noch einmal neu justiert. Demnach sollen die deutschen THG-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 65 % ggü. 1990 reduziert (Stand 2021: -38,7 %¹) und bereits im Jahr 2045 Klimaneutralität erreicht werden, fünf Jahre früher als ursprünglich geplant.

Klimaneutralität erfordert einen weitgehenden Verzicht auf den Einsatz von fossilen Brennstoffen und damit einen grundlegenden Umbau des gegenwärtigen Energiesystems. Vorliegende Langfristszenarien für ein klimaneutrales Deutschland zeigen, dass die Energieversorgung perspektivisch im Wesentlichen auf zwei Energieträgern beruhen wird: auf Strom aus erneuerbaren Energien (EE) und auf grünem Wasserstoff, der aus erneuerbar hergestelltem Strom erzeugt

wird. EE-Strom bildet damit das Rückgrat des zukünftigen Energiesystems. Die direkte Elektrifizierung von Teilen des Verkehrs und der Wärmebereitstellung in Gebäuden und Industrie sowie die indirekte Elektrifizierung durch den Einsatz von grünem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten in schwer direkt elektrifizierbaren Endnutzungsbereichen – wie z. B. im Flug-, Schiffs- und Schwerlastverkehr oder in Teilen der Grundstoffindustrien – sind wesentliche Strategien zur Erreichung des Klimaneutralitätsziels in Deutschland. Elektroautos, Wärmepumpen, die Elektrolyse von Wasserstoff und eine CO₂-arme Industrieproduktion werden den Ausbaubedarf von erneuerbaren Energien im Stromsektor deutlich erhöhen.

Ausbau der erneuerbaren Energien zugleich ein wichtiger Schlüssel für die Energiesicherheit Deutschlands

Der Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine hat die hohe Energieimportabhängigkeit Deutschlands von fossilen Energierohstoffen ins Bewusstsein gerufen. Knapp 70 % des deutschen Primärenergiebedarfs wurden im Jahr 2020 durch Importe gedeckt, wobei dieser Wert seit der Jahrtausendwende nahezu unverändert blieb.² Bis auf die heimische Braunkohle und die erneuerbaren Energien wird die Mehrheit der in Deutschland eingesetzten Energieträger fast vollständig aus dem Ausland bezogen. Bei Mineralöl betrug im Jahr 2020 die Importquote 98 %, bei Erdgas 89 %, bei Steinkohle 93 % und bei Uran 100 %.³ Bei Mineralöl, Erdgas und Steinkohle ist Russland bisher der mit Abstand wichtigste Lieferant: Importe aus Russland machten im Jahr 2020 rund 55 % der gesamten deutschen Erdgasimporte aus, 57 % der Steinkohleimporte und 34 % der Rohölimporte.⁴ Der Blick auf diese Zahlen macht deutlich, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien nicht nur klimapolitisch geboten ist, sondern auch ein wichtiger Schlüssel für die Verringerung der deutschen Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern und damit für die Energieversorgungssicherheit Deutschlands ist. Gerade die Elektrifizierung der Wärmebereitstellung und des Verkehrs auf Basis erneuerbarer Energien kann mittelfristig einen großen Beitrag zur Reduzierung der Importabhängigkeit von fossilen Brennstoffen leisten.

Das Jahr 2030 stellt einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg zur Klimaneutralität in Deutschland dar. Welche Weichenstellungen sind im Stromsektor bis dahin notwendig, um das deutsche Treibhausgasminderungsziel für 2030 und perspektivisch das Langfristziel der Klimaneutralität erreichen zu können? Wie viel EE-Strom wird bis 2030 benötigt und wie kann dieser Bedarf sicher gedeckt werden? Antworten hierzu kann der Vergleich von Studien liefern, in denen mögliche Transformationspfade für ein klimaneutrales Deutschland bis 2045 beschrieben werden. Im Rahmen der vorliegenden Analyse werden folgende Studien in den Vergleich einbezogen:

- Von *Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität beauftragte Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“* (veröffentlicht im April 2021, erstellt von Prognos, Öko-Institut und Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie): Die Studie erhebt den Anspruch, einen aus Kostensicht und unter Berücksichtigung der Umsetzbarkeit optimierten Transformationspfad zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 abzubilden.
- Von der *Deutschen Energieagentur (dena)* im Oktober 2021 veröffentlichte Studie *„dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität“* (erstellt in Zusammenarbeit mit einem Gutachter-

Team bestehend aus mehr als zehn Instituten sowie Einbezug der Expertise von Vertretern aus Wirtschaft und Politik): Gemäß den Studienautoren beschreibt das Hauptszenario „100 Prozent Klimaneutralität“ (KN100) als robust und möglich erachtete Transformationspfade. Bei der Auswahl der Technologiepfade wurde keine Kostenoptimalität vorausgesetzt. Der aus den gewählten Technologiepfaden resultierende Energiebedarf wird jedoch kostenoptimal gedeckt.

- Vom *Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI und der Boston Consulting Group (BCG))* im Oktober 2021 veröffentlichte Studie *„Klimapfade 2.0“* (unter Einbezug der Expertise von rund 80 Unternehmen und Industrieverbänden): Nach Angaben der Autoren werden in der Studie die nach heutigem Wissensstand volkswirtschaftlich kostengünstigsten Transformationspfade abgebildet.

In allen ausgewählten Studien werden mit den abgebildeten Transformationspfaden sowohl das deutsche THG-Minderungsziel 2030 (-65 % ggü. 1990) als auch Netto-Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 erreicht. Im Folgenden werden der Einfachheit halber die Bezeichnungen Agora, dena und BDI verwendet, um die Ergebnisse der jeweiligen Studien zu diskutieren. Aktuelle energie- und klimapolitische Festlegungen der Bundesregierung werden bei der Analyse ebenfalls berücksichtigt.

Trotz unterschiedlicher Annahmen und Akzente hinsichtlich der Technologieausrichtung in den betrachteten Transformationspfaden lässt sich mit Blick auf die notwendige Entwicklung im Stromsektor bis zum Jahr 2030 wesentliche Gemeinsamkeiten ableiten:

Substanzielle Steigerung der Energieeffizienz unverzichtbar für hohe Anteile erneuerbarer Energien im Stromsektor

Alle drei Studien setzen eine deutliche Senkung des Endenergieverbrauchs bis 2030 voraus – also der Energiemenge, die bei den Verbrauchern als Strom, Wärme, Brenn- oder Kraftstoff zum Einsatz kommt. Verglichen mit dem Vor-Corona-Jahr 2019 sieht die dena mit 21 % die größten realisierbaren Energieeinsparpotenziale bis 2030, gefolgt von Agora mit 17 % und BDI mit 12 %. Die energetische Gebäudesanierung und effizientere Geräte und Industrieanlagen sind wichtige Ansatzpunkte für die Reduzierung des Energieverbrauchs. Einen maßgeblichen Beitrag zur Senkung der Energienachfrage wird auch die Elektrifizierung von Teilen der Wärmebereitstellung und des Verkehrs leisten. Hintergrund ist, dass die Nutzung von Strom in vielen Anwendungsbereichen – wie z. B. in Form von Elektromobilität und Wärmepumpen – eine deutlich bessere Umwandlungseffizienz im Vergleich zu den fossilen Alternativen aufweist.⁵ Durch Senkung des Energieverbrauchs können schneller höhere Anteile erneuerbarer Energien an der Energieerzeugung erreicht und damit die Dekarbonisierung des Energiesektors beschleunigt werden. Gleichzeitig führen Effizienzsteigerungen in der Summe zu geringeren Zubaubedarfen für regenerative Energieträger im Stromsektor und reduzieren damit den Flächendruck, der insbesondere mit dem Ausbau von Windenergie an Land und PV-Freiflächenanlagen in Deutschland einhergeht.

Aus der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Januar 2022 vorgelegten „Eröffnungsbilanz Klimaschutz“ geht hervor, dass das Ministerium für die Erreichung des THG-Minderungsziels 2030 eine Absenkung des

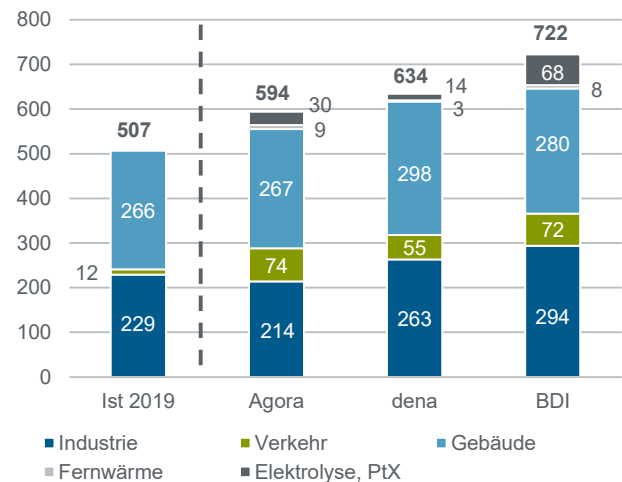
Endenergieverbrauchs von 20 bis 25 % für erforderlich hält.⁶ Angesichts der Tatsache, dass der Endenergieverbrauch in Deutschland zwischen 2008 und 2019 nur um 2 % zurückgegangen ist,⁷ wird deutlich, dass das gegenwärtige Tempo der Steigerung der Energieeffizienz in allen Sektoren des Energieverbrauchs erheblich beschleunigt werden muss. Dabei ist auch der Herausforderung zu begegnen, dass erzielte Effizienzgewinne durch technische Energieeffizienzverbesserungen in der Vergangenheit zu großen Teilen durch Energie-mehrverbräuche resultierend aus Wirtschaftswachstum, steigende Verkehrsleistung, veränderten Lebens- und Konsumgewohnheiten sowie Bevölkerungswachstum kompensiert wurden.⁸

Strombedarf steigt bis 2030 durch Elektrifizierung um bis zu 40 % an

Da die direkte Elektrifizierung von Teilen des Verkehrs und der Wärmebereitstellung eine vergleichsweise kostengünstige Option zur THG-Minderung ist, nimmt sie in allen Szenarien eine wichtige Rolle ein. Entsprechend steigt in allen Transformationspfaden der inländische Strombedarf bis 2030 deutlich an (Grafik 1). Elektrische Wärmepumpen gewinnen bei der Wärmebereitstellungen in Gebäuden und batterieelektrische Fahrzeuge im Straßenverkehr zunehmend an Bedeutung. In der Industrie entstehen neue Strombedarfe durch Elektrifizierung der Prozesswärmebereitstellung und den Einstieg in die strombasierte Dampferzeugung. Dabei wirkt die angenommene verbesserte Energieeffizienz in den Verbrauchssektoren in allen Studien dämpfend auf den Anstieg der Stromnachfrage. Darüber hinaus trägt auch der Hochlauf der inländischen Wasserstoffproduktion mittels Elektrolyse zum vermehrten Strombedarf bei. Insgesamt bewegt sich in den betrachteten Transformationspfaden der berechnete Nettostrombedarf im Jahr 2030 in einer Bandbreite von 594 bis 722 TWh. Verglichen mit dem Jahr 2019 bedeutet dies einen Anstieg um 17 bis 42 %. Der Nettostrombedarf bildet den Verbrauch durch Stromnutzungen bei den Letztverbrauchern ab. Werden zusätzlich Stromverbräuche bei der Energieumwandlung in den Kraftwerken sowie Netz- und Speicherverluste berücksichtigt, bewegt sich der berechnete Bruttostrombedarf im Jahr 2030 in den Szenarien zwischen 640 und 790 TWh. Zum Vergleich: Das BMWK rechnet bis 2030 mit einem Bruttostrombedarf von rund 750 TWh und liegt damit mit seiner Schätzung innerhalb der Bandbreite der betrachteten Studien.⁹

Die große Schwankungsbreite der Nettostrombedarfe zwischen den einzelnen Szenarien ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen zu den realisierbaren Energieeffizienzpotenzialen, dem Grad der Elektrifizierung in den einzelnen Verbrauchssektoren sowie der unterstellten inländischen Wasserstoffproduktion. Agora und BDI sehen beispielsweise in ihren Szenarien die Notwendigkeit, die Anzahl der zugelassenen vollelektrischen Pkw von derzeit rund 0,6 auf 14 Mio. bis 2030 zu steigern. Dena kalkuliert mit einem Bestand von 9,1 Mio. Elektrofahrzeugen. Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung wurde jüngst die Zielmarke von 15 Mio. vollelektrischen Pkw ausgegeben. Bei den elektrischen Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung in Gebäuden gehen Agora und BDI von einem erforderlichen Anstieg von derzeit gut 1,2 auf 6 Mio. Einheiten bis 2030 aus. Mit 4,1 Mio. Wärmepumpen rechnet die

Grafik 1: Nettostrombedarf* 2030 in Deutschland (in TWh)



*Der Nettostrombedarf bildet den Verbrauch durch Stromanwendungen bei den Endverbrauchern ab (ohne Kraftwerkseigenverbrauch, Übertragungs- und Netzverluste). Unter der Rubrik Gebäude ist der gesamte Strombedarf der privaten Haushalte und der Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen subsumiert.

Quellen: BDEW, Agora, dena, BDI, eigene Berechnungen.

dena auch hier mit einem geringeren realisierbaren Ausbautempo. Auffällig ist darüber hinaus, dass der BDI im Vergleich zu den beiden anderen Studien mit einem deutlich höheren Strombedarf in der Industrie bis Ende dieses Jahrzehnts rechnet (294 TWh versus 214/263 TWh). Berücksichtigt wird dabei vom BDI auch der zusätzliche Strombedarf durch den Betrieb von Batteriefabriken, die als industrielle Großverbraucher in Deutschland in den nächsten Jahren neu hinzukommen (Strombedarf 2030: 15 TWh).

Deutliche Unterschiede zwischen den Studien gibt es auch bezüglich des notwendigen inländischen Strombedarfs für die Herstellung von grünem Wasserstoff und seiner Folgeprodukte. Dass die BDI-Studie auch hier den größten Strombedarf ausweist (68 TWh versus 30/14 TWh), ist im Wesentlichen auf die Annahme zurückzuführen, dass der im Jahr 2030 in Deutschland benötigte grüne Wasserstoff komplett inländisch erzeugt wird. Hingegen unterstellen Agora und dena aus Wirtschaftlichkeitsgründen Importquoten von 70 bzw. 85 %, wodurch der Strombedarf für die Erzeugung von Wasserstoff größtenteils im Ausland anfallen würde. Daraus lässt sich schließen, dass die Autoren der BDI-Studie im Gegensatz zu Agora und dena nicht davon ausgehen, dass es gelingt, in weniger als neun Jahren nennenswerte Importstrukturen für grünen Wasserstoff, inkl. der dafür in den Lieferländern notwendigen EE-Erzeugungs- und Elektrolysekapazitäten sowie der Transportinfrastruktur, aufzubauen. Agora geht im Jahr 2030 von einer inländischen Elektrolysekapazität zur Herstellung von grünem Wasserstoff in Höhe von 10 GW aus, welches der neuen Zielsetzung der Bundesregierung gemäß Koalitionsvertrag entspricht. Die dena-Studie plant noch mit 5 GW. BDI macht in seiner Studie keine explizite Angabe zu den notwendigen inländischen Elektrolysekapazitäten. Abgeleitet aus den Angaben zu den im Inland produzierten Wasserstoffmengen, lässt sich jedoch ein erforderlicher Kapazitätsaufbau von rund 20 GW bis 2030 berechnen. Darüber hinaus sieht der BDI im Gegensatz zu Agora und dena zusätzlich eine – wenngleich geringe – Inlandsproduktion von wasserstoffbasierten synthetischen Brenn- und Kraftstoffen im Jahr 2030 vor (z. B. Methanol, synthetisches Kerosin). Die Herstellung von grünem Wasserstoff sowie seiner Folgeprodukte ist mit hohen Energie-

umwandlungsverlusten verbunden und entsprechend stromintensiv. Dies ist auch ein wichtiger Grund dafür, dass der BDI im Studienvergleich in der Summe den höchsten inländischen Nettostrombedarf im Jahr 2030 veranschlagt (722 TWh).

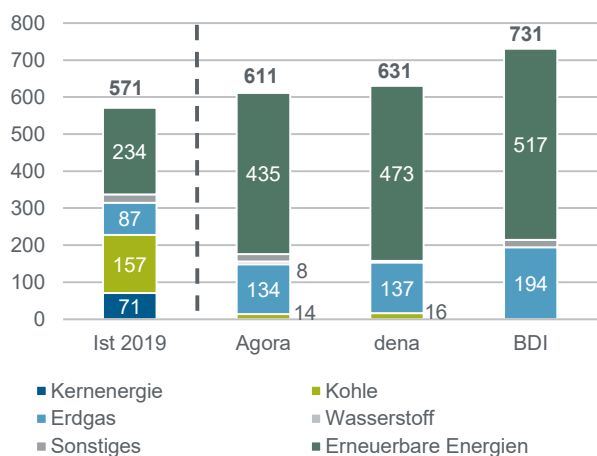
Insgesamt erwarten die vorliegenden Szenarien im Jahr 2030 einen inländischen Bedarf an grünen Wasserstoff und seinen Folgeprodukten in Höhe von rund 64 bis 100 TWh. Dies schließt auch die stoffliche Nutzung im Industriesektor ein (z. B. Einsatz von synthetischem Ammoniak im Chemiesektor). Die größten Bedarfe stellen sich allerdings in allen Studien erst nach 2030 ein. Bis 2030 geht es vor allem darum, den Markthochlauf von grünem Wasserstoff anzustoßen sowie die Produktions- und Transportkapazitäten im In- und Ausland aufzubauen.

Bereits bis 2030 massiver Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromversorgung erforderlich

Der Dekarbonisierung des Stromsektors kommt eine Schlüsselrolle zu. Einerseits produziert dieser mit Strom den wichtigsten Energieträger, der für die Dekarbonisierung der anderen Wirtschaftssektoren benötigt wird. Gleichzeitig ist er aktuell einer der größten Emittenten von Treibhausgasemissionen in Deutschland. Rund 45 % der aktuellen Stromerzeugung in Deutschland basiert noch auf die Verbrennung von fossilen Energieträgern.¹⁰ Nur wenn der Strom klimafreundlich produziert wird, können die mit der Elektrifizierung und der Nutzung von Wasserstoff erhofften positiven Klimaschutzeffekte erzielt und die Energiesicherheit durch Verringerung der Energieimportabhängigkeit von fossilen Energieträgern erhöht werden. Der Szenarienvergleich zeigt, dass der Stromsektor bereits mit Blick auf 2030 vor einem großen Umbruch steht:

- **EE-Stromerzeugung bis 2030 mindestens verdoppeln:** Um das Klimaschutzziel für das Jahr 2030 erreichen und den steigenden Strombedarf decken zu können, muss die Nettostromerzeugung aus erneuerbaren Energien von rund 234 TWh im Jahr 2019 auf 435 bis 517 TWh im Jahr 2030 gesteigert werden (Grafik 2). Der Handlungsdruck für den Ausbau der erneuerbaren Energien wird auch dadurch erhöht, dass die letzten drei Atomkraftwerke bis Ende dieses

Grafik 2: Nettostromerzeugung* 2030 in Deutschland (in TWh)



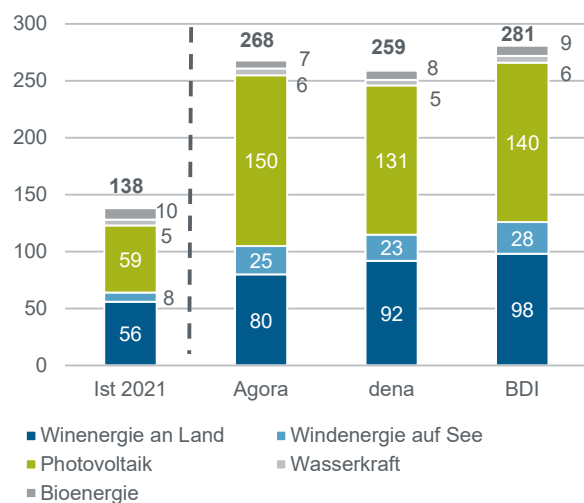
* Ohne Speicher und Stromaustauschsaldo mit dem Ausland; Die Nettostromerzeugung ist die von Stromerzeugungsanlagen abgegebene elektrische Energie, also die Bruttostromerzeugung abzüglich der Kraftwerkseigenverbräuche.

Quellen: AG Energiebilanzen, Agora, dena, BDI, eigene Berechnungen.

Jahres vom Netz gehen und deren Stromproduktion kompensiert werden muss. Auf Kernenergie entfielen im vergangenen Jahr noch rund 12 % der Stromerzeugung.¹¹ Gemessen am Bruttostromverbrauch halten die Studienautoren einen Anstieg des EE-Anteils bis 2030 von derzeit 41 auf 68 % (dena, BDI) bis 69 % (Agora) für erforderlich.¹² Die Bundesregierung strebt mit 80 % einen noch deutlich höheren EE-Anteil am Bruttostromverbrauch an. Bezogen auf den vom BMWK im Jahr 2030 erwarteten Bruttostrombedarf muss zur Zielerreichung des 80 %-Anteils die EE-Stromerzeugung im Jahr 2030 auf rund 600 TWh gesteigert werden.¹³ Damit liegt der EE-Strombedarf nochmals 16 bis 38 % höher als die in den Transformationspfaden zugrunde gelegten EE-Stromerzeugungsmengen. Ein Erklärungsgrund für das ehrgeizigere Ziel der Bundesregierung könnte sein, dass bereits deutlich früher als bislang geplant Treibhausgasneutralität im Stromsektor erreicht werden soll. Der aktuelle Entwurf zur Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2023) sieht vor, dass ab dem Jahr 2035 der Strom nahezu vollständig aus erneuerbaren Energien stammen soll.¹⁴ Damit soll der EE-Ausbau konsequent auf den 1,5-Grad-Klimaschutzpfad ausgerichtet werden. Mit Blick auf die aktuellen Verwerfungen auf den Energierohstoffmärkten lässt sich mit einem höheren EE-Anteil zudem schneller die Energieimportabhängigkeit von fossilen Energieträgern bei der Stromerzeugung verringern.

- **Wind und Sonne dominieren die EE-Stromerzeugung:** Um den steigenden EE-Strombedarf bedienen zu können, wird in den betrachteten Transformationspfaden rund eine Verdopplung der gegenwärtigen installierten elektrischen EE-Gesamtleistung in Deutschland bis 2030 für notwendig gehalten (Grafik 3). Mit Blick auf die verfügbaren EE-Potenziale und die günstigsten Stromgestehungskosten wird erwartet, dass der zusätzlich benötigte EE-Strom überwiegend aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen kommen wird. Die in Deutschland installierte PV-Leistung steigt in den Szenarien von aktuell 59 GW auf 131 bis 150 GW. Bei Windenergie an Land wird ein Anstieg der Kapazität von derzeit 56 GW auf 80 bis 98 GW bis 2030 angenommen, bei Windkraft auf See von aktuell 8 GW auf 23 bis 28 GW.

Grafik 3: Installierte elektrische EE-Leistung 2030 in Deutschland (in GW)



Quellen: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, Agora, dena, BDI.

Das Wasserkraftpotenzial in Deutschland gilt als bereits weitgehend ausgeschöpft. Alle drei Studien sehen daher lediglich den Erhalt der bestehenden Wasserkraftkapazitäten vor. Biomasse verliert bei der Stromerzeugung tendenziell an Bedeutung, deutlicher zu sehen ist diese Entwicklung allerdings erst nach 2030. Das in Deutschland begrenzt verfügbare Biomassepotenzial wird bei Agora und BDI auf lange Sicht vorrangig in der Industrie eingesetzt, allein die dena-Studie sieht auch im Jahr 2045 in annähernd gleichem Umfang wie heute den Einsatz von Biomasse in der Stromerzeugung vor.

- **EE-Ausbautempo sofort und massiv beschleunigen:** Da die Bundesregierung verglichen mit den betrachteten Transformationspfaden ein anspruchsvolleres EE-Ausbauziel bis 2030 verfolgt, plant der Bund entsprechend einen höheren Zubaubedarf bei Windkraft und Solarenergie ein. Gemäß des von der Bundesregierung im April 2022 vorgelegten „Osterpakets“ zur Beschleunigung des EE-Ausbaus soll die installierte Leistung von Windenergie an Land bis 2030 auf 115 GW gesteigert werden, bei Windenergie auf See auf 30 GW und bei Photovoltaik auf 215 GW.¹⁵ Bemerkenswert ist insbesondere der im Vergleich zu den Szenarien starke weitere Zubaubedarf der Solarenergie.

Die Ausbauziele machen deutlich, vor welcher enormen Kraftanstrengung Deutschland beim Ausbau der erneuerbaren Energien steht: Die Kapazitäten von Windenergie an Land sollen verglichen mit dem Stand von Ende 2021 verdoppelt, die von Windenergie auf See und Photovoltaik nahezu vervierfacht werden – und dies innerhalb von weniger als einem Jahrzehnt. Mit dem bisherigen Ausbautempo der Erneuerbaren sind die Ziele nicht zu erreichen. So wurden in den letzten fünf Jahren im Durchschnitt nur 2,4 GW Windkraftanlagen an Land pro Jahr zugebaut. In den verbleibenden neun Jahren bis 2030 müsste zur Zielerreichung die durchschnittliche jährliche Zubaurate rund 6,5 GW betragen (Grafik 4). Bei Photovoltaik müsste ab jetzt pro Jahr durchschnittlich 17,3 GW Solarkapazität ausgebaut werden. In den vergangenen fünf Jahren waren es im Schnitt 3,6 GW (Grafik 5). Bedenklich ist, dass gerade der Ausbau der Windenergie an Land – das bisherige Zugpferd der Energiewende – in den letzten Jahren ins Stocken geraten ist. Bei Windenergie auf See ist im Jahr 2021 kein einziges neues Windrad ans Netz gegangen. Allein bei der Photovoltaik war in den letzten Jahren ein kontinuierlicher Anstieg bei den jährlichen Ausbauraten zu verzeichnen.

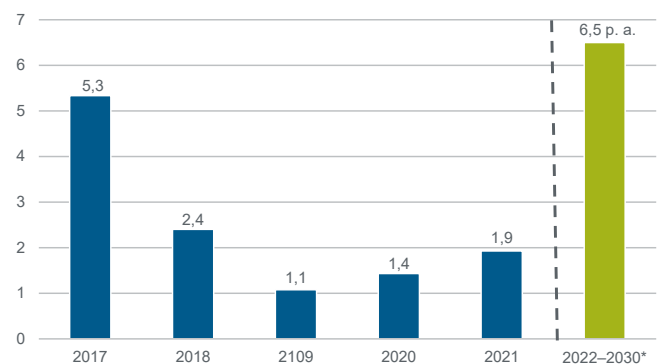
THG-Minderungsziel 2030 macht früheren Kohleausstieg als geplant notwendig

Der Ausstieg aus der Kohleverstromung ist ein zentraler Baustein zur Bekämpfung der globalen Klimakrise. Das im Jahr 2020 beschlossene Kohleausstiegsgesetz sieht vor, die Kohleverstromung in Deutschland schrittweise zu verringern und bis spätestens Ende 2038 ganz zu beenden. Im Jahr 2021 entfielen noch gut 28 % der Stromproduktion auf die Verbrennung von Kohle (Braunkohle 19 %, Steinkohle 9 %).¹⁶ Alle betrachteten Transformationspfade kommen zum Ergebnis, dass zur Erreichung des verschärften THG-Minderungsziels 2030 der Kohleausstieg beschleunigt werden muss. Agora und BDI halten einen vollständigen Kohleausstieg bereits bis 2030 für erforderlich. Auch bei der dena spielt Kohle für die Stromproduktion im Jahr 2030 verglichen mit heute nur noch eine geringe Rolle. Kohlekraftwerke sollen aber bis mindestens 2035 noch im Netz bleiben und vor allem eine Backup-Funktion für

die Aufrechterhaltung einer sicheren Stromversorgung übernehmen.

Die Bundesregierung strebt gemäß Koalitionsvertrag einen beschleunigten Kohleausstieg idealerweise bis 2030 an und hält auch angesichts der derzeitigen Debatte um die Energiesicherheit Deutschlands an diesem Ziel fest.¹⁷ Allerdings ist damit zu rechnen, dass ein deutlich früherer Kohleausstieg unter dem Vorbehalt der Gewährleistung einer weiterhin hohen Stromversorgungssicherheit steht und auch von den Fortschritten beim Ausbau der erneuerbaren Energien abhängig sein dürfte. Diskutiert wird zudem, Kohlekraftwerke, die neu vom Netz gehen, für eine Übergangszeit in der Reserve zu halten, die nur bei einem drohenden Stromversorgungsengpass zum Einsatz kämen.

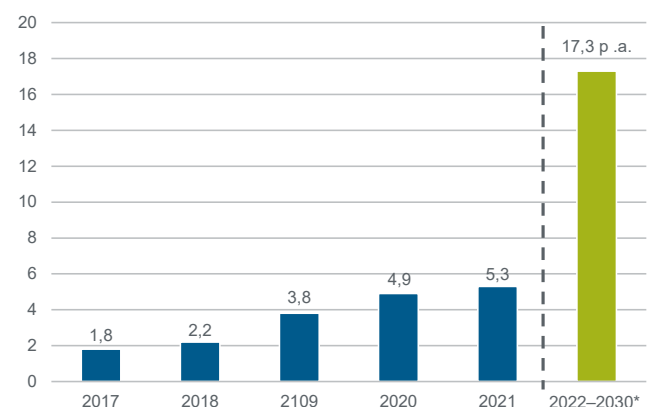
Grafik 4: Bruttozubau Windenergie an Land in den letzten fünf Jahren und benötigter jährlicher Zubau bis 2030 für nationales Ausbauziel (in GW)



* Vereinfachte Berechnungsweise: Die Differenz aus Ausbauziel 2030 und Anlagenbestand zum 31.12.2021 wurde gleichmäßig auf die Jahre 2022-2030 verteilt, ohne Berücksichtigung des Ersatzbedarfs für alte Windkraftanlagen, die zwischenzeitlich vom Netz gehen. Entwurf der EEG-Novelle sieht anwachsende jährliche Ausbauraten auf bis zu 10 GW vor.

Quellen: BWE, BMWK, eigene Berechnungen.

Grafik 5: Bruttozubau Photovoltaik in den letzten fünf Jahren und benötigter jährlicher Zubau bis 2030 für nationales Ausbauziel (in GW)



* Vereinfachte Berechnungsweise: Die Differenz aus Ausbauziel 2030 und Anlagenbestand zum 31.12.2021 wurde gleichmäßig auf die Jahre 2022-2030 verteilt, ohne Berücksichtigung des Ersatzbedarfs für alte Photovoltaikanlagen, die zwischenzeitlich vom Netz gehen. Entwurf der EEG-Novelle sieht anwachsende jährliche Ausbauraten auf bis zu 22 GW vor.

Quellen: Agora, BWS, BMWK, eigene Berechnungen.

Das jüngst von der EU beschlossene Embargo gegen russische Steinkohleimporte, welches im August 2022 in Kraft treten soll, dürfte keine Auswirkung auf die Stromversorgung

sicherheit Deutschlands haben. Wie das BMWK in seinem „Fortschrittsbericht Energiesicherheit“ vom März 2022 mitteilte, wird ein Großteil der Betreiber von Kraftwerken bis zum Frühsommer gänzlich auf russische Steinkohle verzichten bzw. stark reduzieren. Steinkohleimporte können in wenigen Monaten vollständig durch andere Lieferländer ersetzt werden. Es gibt einen gut funktionierenden Weltmarkt. Zudem könnten Braunkohlekraftwerke bei einer verringerten Stromproduktion mittels Steinkohle einspringen.

Ausbau von wasserstofffähigen Gaskraftwerken weiterhin erforderlich ...

In allen betrachteten Transformationspfaden kommt Erdgas eine wichtige Brückenfunktion auf dem Weg zu einer klimaneutralen Stromversorgung zu. Da ein vorgezogener Kohleausstieg nicht schnell genug durch den Ausbau der erneuerbaren Energien kompensiert werden kann, nimmt in allen Szenarien die Stromproduktion mittels Erdgas bis 2030 deutlich zu (von 87 TWh im Jahr 2019 auf 134 bis 194 TWh im Jahr 2030). Erdgas gilt im Allgemeinen als weniger klimaschädlich als Kohle. Der Anteil von Erdgas an der Stromerzeugung würde dadurch von derzeit 15 %¹⁸ auf 22 bis 26 % bis 2030 ansteigen. Die in Deutschland installierte Gaskraftwerksleistung betrug Ende 2021 rund 30 GW.¹⁹ Agora und dena gehen davon aus, dass für einen vorgezogenen Kohleausstieg eine Kapazität steuerbarer Gaskraftwerke von insgesamt 43 GW bzw. 47 GW bis 2030 notwendig ist. Die vom BDI erstellte Studie rechnet sogar damit, dass aus Gründen der Versorgungssicherheit Gaskraftwerke mit einer installierten Leistung von insgesamt 74 GW benötigt werden. Mit Blick auf das Langfristziel der Klimaneutralität im Jahr 2045 sind sich jedoch alle Akteure darin einig, dass neue Gaskraftwerke so gebaut werden müssen, dass sie später auch komplett mit klimafreundlichem Wasserstoff betrieben werden können. Bei Agora werden bereits im Jahr 2030 geringe Strommengen mithilfe von grünem Wasserstoff hergestellt (8 TWh). Bei dena und BDI ist erst ab Ende der 2030er-Jahre der schrittweise Einsatz von Wasserstoff in der Stromproduktion vorgesehen.²⁰ 2045 sind mit Wasserstoff betriebene Gaskraftwerke vor allem Back-up-Kraftwerke, die in sonnen- und windschwachen Zeiten mit geringer EE-Stromproduktion eingesetzt werden.

... Aktuelle Gaspreiskrise und geopolitische Unsicherheiten erfordern jedoch eine Neubewertung der Rolle von Erdgas als Brückentechnologie

Die aktuellen hohen Gaspreise sowie die hohe Energieimportabhängigkeit Deutschlands von russischen Erdgasimporten werden sicherlich zu einer Neubewertung der Rolle des Erdgases als Brückentechnologie auf dem Weg zu einer klimaneutralen Stromversorgung führen. Mit Blick auf das THG-Minderungsziel 2030 und zur Deckung der Spitzenlast am Strommarkt wird man allerdings auf den weiteren Zubau von Gaskraftwerken mittelfristig nicht verzichten können. Darauf deuten die Ergebnisse der Transformationsstudien hin. Jedoch sollten Maßnahmen ergriffen werden, um den Erdgasverbrauch bei der Stromerzeugung möglichst gering zu halten. Konkrete Anknüpfungspunkte, die auch bereits auf politischer Ebene diskutiert werden, sind:

- Verstärkte Anstrengungen zur Hebung von Energieeffizienzpotenzialen in allen Verbrauchssektoren können den Strombedarf für die Elektrifizierung und damit den Ausbaubedarf von Stromerzeugungskapazitäten deutlich reduzieren.

- Verglichen mit den betrachteten Transformationsstudien stellt das von der Bundesregierung vorgesehene höhere EE-Ausbauziel von 80 % am Bruttostromverbrauch den größten Hebel zur Reduktion des Erdgasbedarfs bei der Stromerzeugung dar.
- Auch könnten Erdgaskraftwerke früher auf grünen Wasserstoff umgestellt werden. Dafür müsste allerdings der Markthochlauf von grünem Wasserstoff deutlich beschleunigt werden. Um neue Abhängigkeiten zu vermeiden, sollte dessen Bezug von Anfang an diversifiziert gestaltet werden.
- Neben einer weiteren Steigerung der Energieeffizienz kann auch die Flexibilisierung der Stromnachfrage die Einsatzzeiten von Gaskraftwerken verringern. Durch eine zeitliche Verschiebung der Stromnachfrage entsprechend des Angebots von EE-Strom können Nachfragespitzen in Zeiten geringer EE-Stromerzeugung reduziert und entsprechend die Einsatzzeiten von Gaskraftwerken vermindert werden. Flexibilitätspotenziale bieten z. B. die strombasierte Wärmebereitstellung durch Einsatz von Wärmepumpen in Kombination mit Wärmespeichern oder das zeitgesteuerte Laden von Elektroautos.
- Schließlich wird es auch darum gehen, möglichst schnell die Bezugsquellen von Erdgas zu diversifizieren, um zu starke Abhängigkeiten von einzelnen Lieferländern zu reduzieren.

Um kurzfristig den Gasverbrauch in der Stromerzeugung zu reduzieren, wird als weitere Option die Laufzeitverlängerung der drei noch bestehenden Atomkraftwerke in der Öffentlichkeit diskutiert. Nach Abwägung von Nutzen und Risiken sprechen sich BMWK und das Bundesministerium für Umwelt und Verbraucherschutz dagegen aus. Gemäß Analyse der beiden Ministerien wäre der Mehrwert einer Laufzeitverlängerung auch angesichts der aktuellen Gaskrise sehr begrenzt, und dies zum Preis sehr hoher Kosten, verfassungsrechtlicher und sicherheitstechnischer Risiken. Ein Substitution von Erdgas in der Stromerzeugung würde kaum stattfinden, da Gaskraftwerke bei sehr hohen Gaspreisen aktuell ohnehin nur selten zur reinen Stromerzeugung eingesetzt werden. Etwaige Stromversorgungsengpässe könnten zudem durch Aktivierung von Steinkohlekraftwerken in der bereits vorhandenen Netzreserve sowie durch Verlängerung der Sicherheitsbereitschaft von bereits vom Netz genommenen Braunkohlekraftwerken überbrückt werden.²¹

Deutschland wird bis 2030 zum Nettostromimporteur

Alle drei Transformationspfade zeigen, dass Deutschland im Jahr 2030 auf den Nettoimport von Strom aus anderen europäischen Ländern angewiesen sein wird – auch wenn nur zu geringen Anteilen (3 bis 7 % des inländischen Nettostrombedarfs 2030). Dies stellt einen Paradigmenwechsel im Vergleich zur gegenwärtigen Situation dar: seit 2003 hat Deutschland durchgängig mehr Strom exportiert als importiert – auch begünstigt durch Überkapazitäten im fossilen Kraftwerkspark.²²

Maßnahmen zur Gewährleistung einer hohen Stromversorgungssicherheit vorantreiben

Entscheidend für die Versorgungssicherheit und die Stabilität des Stromsystems ist, dass neben dem Vorhandensein von ausreichenden Stromerzeugungskapazitäten zu jeder Zeit Stromnachfrage und Stromangebot im Einklang stehen. Deutschland verfügt im internationalen Vergleich weiterhin

über eine hohe Versorgungssicherheit im Stromsektor. Der steigende Anteil dezentraler EE-Erzeugungsleistung und die Abschaltung von Atomkraftwerken hatten bislang keine negativen Auswirkungen auf die Stromversorgungsqualität in Deutschland.²³ Um die Auswirkungen der grünen Transformation auf die Sicherheit der Stromversorgung stets genau im Blick zu haben, führt die Bundesnetzagentur ein kontinuierliches Monitoring durch. Darüber hinaus hat der Gesetzgeber in den vergangenen Jahren bereits eine Vielzahl von Absicherungsinstrumenten entwickelt, damit in möglichst allen Engpasssituationen ausreichend gesicherte Kraftwerkskapazität zur Verfügung steht. Dazu gehört die Netzreserve zur Überwindung von möglichen Engpässen im Stromnetz sowie die Kapazitätsreserve und Sicherheitsbereitschaft, um Versorgungssicherheit selbst in außergewöhnlichen und nicht vorhersehbaren Extremsituationen zu garantieren. Dazu werden bestehende (meist fossile) Erzeugungsanlagen, Speicher oder Lasten außerhalb des Strommarkts vorgehalten und bei Bedarf auf Anweisung der Übertragungsnetzbetreiber eingesetzt.

Mit zunehmender Stromeinspeisung von wetterabhängigen, fluktuierenden erneuerbaren Energien und dem Rückgang konventioneller Kraftwerksleistung bedarf es weiterer Maßnahmen, um stets Stromnachfrage und -angebot in Einklang bringen zu können:

- **Stromnetzausbau in Deutschland – sowohl auf Übertragungs- als auch Verteilnetzebene – beschleunigen:** Der Ausbau des Übertragungsnetzes ist u. a. erforderlich, um Windstrom aus Nord- und Ostdeutschland in die verbrauchsstarken Regionen in Süd- und Westdeutschland transportieren zu können. Um eine Überlastung der Stromnetze durch Aufnahme des dezentral erzeugten EE-Stroms zu verhindern, ist zudem der Ausbau auf regionaler Verteilnetzebene voranzubringen.
- **Europäischen Stromhandel ausbauen:** Der grenzüberschreitende Stromhandel kann dazu beitragen, wetterbedingte Schwankungen von Wind- und Solarstrom sowie unterschiedliche länderbezogene Lastprofile über Europa hinweg besser auszugleichen (z. B. Nutzung norwegischer Wasserkraft bei Windflaute in Deutschland). Dadurch sind in der Summe deutlich weniger Stromerzeugungskapazitäten in Europa erforderlich, als wenn jedes Land autark seine Versorgungssicherheit gewährleisten müsste. Grundlage hierfür ist allerdings der Ausbau einer grenzüberschreitenden Netzinfrastruktur in Europa.
- **Flexibilisierung der Stromnachfrage zum Ausgleich schwankender EE-Stromerzeugung vorantreiben (Laststeuerung):** Wie bereits oben ausgeführt, können durch eine zeitliche Verschiebung der Stromnachfrage entsprechend des Angebots von EE-Strom zum einen Belastungsspitzen im Stromnetz in Zeiten geringer EE-Stromerzeugung reduziert und zum anderen Abregelungen von EE-Anlagen bei Erzeugungsspitzen erneuerbarer Energien verringert werden.
- **Einsatz von Energiespeichern forcieren:** Mit Speichern kann ein Teil des überschüssigen produzierten Stroms aus volatilen erneuerbaren Energien aufgenommen und in Zeiten mit hoher Energienachfrage wieder bereitgestellt werden. Sie bieten also die Möglichkeit, Erzeugung und Verbrauch zeitlich zu entkoppeln. Zu nennen sind hier z. B. Stromspeicher, wie zentrale Großbatteriespeicher oder

Heimspeicher in Kombination mit PV-Anlagen in Haushalten. In manchen Szenarien sind Power-to-Heat-Technologien (z. B. mit Strom betriebene Großwärmepumpen) in Kombination mit Wärmespeichern und -netzen zentrale Elemente für die Aufnahme von überschüssigen EE-Strom.

- **Regelbare Reservekraftwerke als Backup vorhalten:** Für die Deckung der Residuallast und die Sicherung der Netzstabilität müssen auch langfristig regelbare Reservekraftwerke vorgehalten werden. In den betrachteten Transformationspfaden übernehmen vornehmlich Gaskraftwerke diese Rolle, in denen im Zeitverlauf in steigenden Anteilen grüner Wasserstoff eingesetzt wird (siehe oben).

Bei allen beschriebenen Maßnahmen ist festzustellen, dass das derzeitige Marktumfeld und der regulatorische Rahmen bisher nicht die erforderliche Dynamik erzeugen, um entsprechende Investitionen bzw. Aktivitäten in ausreichendem Ausmaß anzustoßen. Es bedarf hierfür wie schon beim Ausbau der erneuerbaren Energien weiterer politischer Weichenstellungen.

Zum Schluss ein Blick auf die Kosten

Das zentrale Steuerungsinstrument für den EE-Ausbau im Stromsektor ist das im Jahr 2000 in Kraft getretene und seitdem mehrfach novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Kernelemente des EEG sind der Einspeisevorrang von EE-Strom ins Stromnetz sowie die garantierte Einspeisevergütung für den eingespeisten Strom – in der Regel für 20 Jahre. Diese Grundprinzipien bieten den Investoren in neue Erneuerbare-Energien-Anlagen eine hohe Planungs- und Investitionssicherheit. Die entstehenden Förderkosten durch die über dem Börsenstrompreis liegende EEG-Vergütung wurden bislang von den Energieversorgern als „EEG-Umlage“ auf den Strompreis umgelegt und von den Stromverbrauchern getragen. Ab 1. Juli 2022 wird die EEG-Umlage abgeschafft und die EEG-Förderkosten vollständig aus dem Bundeshaushalt getragen. Angesichts der derzeit hohen Energiepreise soll dies zu einer spürbaren Entlastung von Letztverbrauchern bei den Stromkosten führen sowie auch die Elektrifizierung wie z. B. der Wärmebereitstellung attraktiver machen.

Für 2022 gehen Prognosen aus dem Oktober 2021 von EEG-Förderkosten in Höhe von insgesamt rund 20 Mrd. EUR aus.²⁴ Angesichts der mittlerweile stark gestiegenen Börsenstrompreise dürften die tatsächlichen EEG-Förderkosten geringer ausfallen. In den kommenden Jahren wird mit einem weiteren fallenden Trend der EEG-Förderausgaben gerechnet. Für diese Entwicklung gibt es im Wesentlichen drei Gründe:²⁵

- EEG-Anlagen der frühen Jahre, die noch eine vergleichsweise hohe Einspeisevergütung erhalten haben, erreichen seit 2021 nach und nach das Ende ihrer 20-jährigen Förderdauer. Der Kostenrucksack des EEG wird dadurch immer geringer.
- Steigende CO₂-Preise im europäischen Emissionshandel für fossile Stromerzeugungsanlagen stabilisieren den Börsenstrompreis auf einem höheren Niveau. Damit erzielen erneuerbare Energien an der Strombörse höhere Markterlöse und die notwendige Fördersumme im EEG sinkt. Aktuell führen auch die stark gestiegenen Preise für fossile Energieträger zu höheren Strompreisen und damit zu einem geringeren EEG-Förderbedarf.

- Die Stromgestehungskosten von EEG-Neuanlagen sind in den letzten Jahren deutlich gesunken, entsprechend sind die EEG-Vergütungssätze stark zurückgegangen (Beispiel Einspeisevergütung PV-Anlage bis 10 kWp: 57 ct/kWh im Jahr 2004, aktuell 6,6 ct/kWh). Im Gegensatz zu früheren Jahren führt daher auch ein deutlich beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien nicht zu nennenswerten EEG-Kostensteigerungen. Neu installierte Anlagen haben in den letzten Jahren nur etwa ein Prozent der Kosten der EEG-Umlage ausgemacht.

Die Höhe des Endkundenpreises wird neben dem Einkaufspreis im Stromhandel von vielfältigen Faktoren – u. a. staatliche Komponenten wie Abgaben und Steuern – beeinflusst. Hier sind folgende Grundlinien erkennbar: Die Einsparung durch die Abschaffung der EEG-Umlage dürfte mittelfristig zum Teil durch höhere Umlagen für den Stromnetzausbau und das Vorhalten von Reservekraftwerken kompensiert werden. An der Strombörse hat der EE-Ausbau eine preissenkende Wirkung. Am Strommarkt kommen zuerst die Erzeugungsanlagen mit den geringsten variablen Kosten zum Zug („Merit-Order“). Da EE-Anlagen in der Regel keine Brennstoffe benötigen (Ausnahme Biomasse), sind deren variablen Kosten nahe null und verdrängen damit immer häufiger Spitzenlastkraftwerke mit höheren Brennstoffkosten aus dem Markt, wie z. B. Steinkohle- und Gaskraftwerke. Preisrisiken können sich ergeben, wenn es in den nächsten zehn Jahren nicht gelingt, den Wegfall von Atomstrom und Kohlekraftwerken durch einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien zu kompensieren – zumal auch mit einer steigenden Stromnachfrage durch die Elektrifizierung der Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie zu rechnen ist. Sollte eine Ökostromlücke entstehen, müssten zum Ausgleich vermehrt teurere fossile (Reserve)Kraftwerke einspringen oder Strom importiert werden.

Fazit und Handlungsbedarf

Die Erreichbarkeit des Ziels der Treibhausgasneutralität steht und fällt mit der ausreichenden Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien. Dabei ist bereits in diesem Jahrzehnt ein massiver Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland erforderlich, vor allem von Windkraft und Photovoltaik. Die zentrale Herausforderung liegt in der Flächenbereitstellung und der Sicherung der dafür notwendigen Akzeptanz in der Bevölkerung. Um hohe EE-Anteile an der Stromerzeugung erreichen zu können und den Flächendruck durch den EE-Ausbau zu reduzieren, ist zudem eine deutliche Senkung des Energieverbrauchs in Deutschland unverzichtbar.

Der russische Angriffskrieg auf die Ukraine hat zu erheblichen Risiken für die Energieversorgungssicherheit Deutschlands und zu stark steigenden und stärker fluktuierenden Preisen bei den fossilen Energieträgern geführt. Vor diesem Hintergrund wird die konsequente Weichenstellung der Politik für mehr Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz noch wichtiger – für die Energiesicherheit Deutschlands, aber auch um einer unsicherheitsbedingten

Investitionszurückhaltung bei der notwendigen Transformation Richtung Klimaneutralität entgegenzuwirken.

Das Tempo beim Ausbau der erneuerbaren Energien muss massiv beschleunigt werden. Handlungsbedarf besteht vor allem in den folgenden Bereichen:

- **Windenergie:** Der wichtigste Grund für den stockenden Ausbau von Windenergie an Land ist, dass raumplanerisch zu wenig Flächen für die Windenergienutzung ausgewiesen werden. Wichtige Gründe hierfür sind u. a. pauschale Mindestabstände einzelner Bundesländer zur Wohnbebauung, Widerstände in der lokalen Bevölkerung sowie großzügige Abstandsregelungen zu Wetterradar- und Navigationsanlagen im Luftverkehr. Gemäß Koalitionsvertrag plant die Bundesregierung die gesetzliche Verankerung des Ziels, dass 2 % der Landesfläche für die Windenergienutzung bereitgestellt werden müssen. Derzeit stehen faktisch laut Angaben des BMWK nur 0,5 % der Landesfläche für die Windenergienutzung zur Verfügung. Um hier voranzukommen, bedarf es auch der Kooperationsbereitschaft der Bundesländer und der lokalen Bevölkerung. Bei Windenergie auf See gilt es ebenfalls Lösungen für Nutzungskonflikte zu finden, insbesondere mit militärischen Nutzungen (z. B. Übungsgebiete von Kriegsschiffen, U-Boote und Kampfflugzeugen).
- **Photovoltaik:** Das große Potenzial für PV-Dachanlagen wird bei weitem noch nicht ausgeschöpft – dies gilt insbesondere in den Städten. Hier braucht es zusätzliche Anreize für Hauseigentümer, PV-Anlagen auf bestehenden oder neuen Gebäuden zu errichten. Gemäß Koalitionsvertrag soll eine PV-Pflicht für gewerbliche Neubauten festgeschrieben werden, bei privaten Neubauten soll es zur Regel werden.
- **Stromversorgungssicherheit:** Für die Gewährleistung einer hohen Stromversorgungssicherheit müssen der Stromnetzausbau beschleunigt, der europäische Stromhandel ausgebaut sowie die Flexibilisierung der Stromnachfrage und der Speicherausbau vorangetrieben werden. Für die Deckung der Residuallast sind außerdem frühzeitig Investitionen in wasserstofffähige Gaskraftwerke anzustoßen.
- **Planungs- und Genehmigungsverfahren:** Die aktuell langen Planungs- und Genehmigungsverfahren bei Infrastrukturvorhaben gefährden die Erreichung der Klimaziele. Planungs- und Genehmigungsverfahren müssen daher deutlich beschleunigt werden, dies gilt insbesondere beim Windkraft- und Stromnetzausbau. Auch bundeseinheitliche Vorgaben für den Artenschutz können den EE-Ausbau erleichtern.

<https://twitter.com/KfW>

Oder abonnieren Sie unseren kostenlosen E-Mail-Newsletter, und Sie verpassen keine Publikation: <https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Service/KfW-Newsdienste/Newsletter-Research/>

¹ Vgl. Umweltbundesamt, BMWK (2022), Gemeinsame Pressemitteilung von 15.03.2022 „Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent“, zugegriffen über: <https://www.umweltbundesamt.de/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-stiegen-2021-um-4-5-prozent>.

² Vgl. BMWK, Zahlen und Fakten: Energiedaten (Stand 20.01.2022).

³ Vgl. ebenda.

- ⁴ Vgl. Agora Energiewende (2022), Energiesicherheit und Klimaschutz vereinen – Maßnahmen für den Weg aus der fossilen Energiekrise.
- ⁵ Vgl. Ariadne-Projekt, Pathfinder, zugegriffen über: <https://pathfinder.ariadneprojekt.de/> (Stand 09.02.2022).
- ⁶ Vgl. BMWK (2022), Eröffnungsbilanz Klimaschutz, zugegriffen über: [Eröffnungsbilanz Klimaschutz \(bmwi.de\)](#).
- ⁷ Vgl. BMWK, Zahlen und Fakten: Energiedaten (Stand 20.01.2022).
- ⁸ Vgl. Brüggemann, A. (2018), [Wie energieeffizient ist Deutschland?](#), Fokus Volkswirtschaft Nr. 213, KfW Research.
- ⁹ Vgl. Gesetzentwurf der Bundesregierung (2022), Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weitere Maßnahmen im Stromsektor (Stand 06.04.2022), zugegriffen über: [Microsoft Word - 04 EEG 2023.docx \(bmwi.de\)](#).
- ¹⁰ Vgl. AG Energiebilanzen e.V. (AGEB), Strommix 2021 (Datenstand März 2022), zugegriffen über: [STRERZ_2021\(Febr2022\)_web_1.xlsx \(ag-energiebilanzen.de\)](#).
- ¹¹ Vgl. ebenda.
- ¹² Stand 2021: vgl. AG Energiebilanzen (2022), a. a. O.; BDI-Wert überschlägig berechnet, da in der Studie keine explizite Angabe dazu.
- ¹³ Vgl. Gesetzentwurf der Bundesregierung (2022), a. a. O..
- ¹⁴ Vgl. ebenda.
- ¹⁵ Vgl. ebenda.
- ¹⁶ Vgl. AG Energiebilanzen e.V. (2022), a. a. O..
- ¹⁷ Vgl. Ergebnis des Koalitionsausschusses vom 23. März 2022, Maßnahmenpaket des Bundes zum Umgang mit den hohen Energiekosten, zugegriffen über: [massnahmenpaket-des-bundes-zum-umgang-mit-den-hohen-energiekosten.pdf \(bmwi.de\)](#).
- ¹⁸ Vgl. AG Energiebilanzen e.V. (2022), a. a. O..
- ¹⁹ BDEW (2022), Die Energieversorgung 2021 – Jahresbericht.
- ²⁰ Vgl. VDMA (2021), Vergleich Nationaler Klimastudien.
- ²¹ Vgl. BMWK/BMUV (2022), Prüfung des Weiterbetriebs von Atomkraftwerken aufgrund des Ukraine-Kriegs, zugegriffen über: [Microsoft Word - Prüfung Laufzeitverlängerung_final \(bmwi.de\)](#).
- ²² Vgl. BDEW (2021), Stromerzeugung und -verbrauch (Daten und Grafiken), zugegriffen über: [20211210_D_Stromerzeugung1991-2021.pdf \(bdew.de\)](#).
- ²³ Vgl. Bundesnetzagentur (2020), Pressemitteilung vom 23.08.2021 „Versorgungsunterbrechungen Strom 2020“, zugegriffen über: [Bundesnetzagentur - Presse - Versorgungsunterbrechungen Strom 2020](#).
- ²⁴ Vgl. BMWi (2021), EEG-Umlage 2022: Fakten & Hintergründe.
- ²⁵ Vgl. Agora Energiewende (2021), Das Ende der EEG-Umlage ist zum Greifen nah, zugegriffen über: [Blog - Das Ende der EEG-Umlage ist zum Greifen nah \(agora-energiawende.de\)](#).