



Dokumentation

Zur Deckung des zusätzlichen Strombedarfs durch erneuerbare Energien im Zuge der Energiewende

Zur Deckung des zusätzlichen Strombedarfs durch erneuerbare Energien im Zuge der Energiewende

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 – 026/22
Abschluss der Arbeit: 09.03.2022
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft und Verkehr, Landwirtschaft und Ernährung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Fragestellung	4
2.	Hintergrund	4
2.1.	Klimaschutzziele	4
2.2.	Zusätzlicher Strombedarf	5
2.3.	Rolle von Wasserstoff	6
3.	Studienlage	6
3.1.	Ausbau erneuerbarer Energien	7
3.2.	Schaffung von Flexibilitäten	9
3.3.	Energieeffizienz und Senkung des Energieverbrauchs	10
3.4.	Netzausbau	12
3.5.	Weitere Faktoren	14
4.	Fazit	16

1. Fragestellung

Die Dokumentation beschäftigt sich mit dem durch die Energiewende entstehenden **zusätzlichen Strombedarf**, der aus der Transformation der Energiewirtschaft von fossilen Energieträgern auf eine nachhaltige Energieversorgung mit erneuerbaren Energien folgt. Die Wissenschaftlichen Dienste wurden ferner danach gefragt, ob und inwieweit Deutschland zukünftig den Strombedarf auch durch einen etwaigen **Wasserstoffhochlauf** durch erneuerbare Energien decken kann.

2. Hintergrund

2.1. Klimaschutzziele

In Deutschland besteht weitgehende Einigkeit darüber, dass die Energiewende notwendig ist, um die klimapolitischen Ziele aus dem Pariser Klimaabkommen erreichen zu können. Siehe hierzu etwa folgende Studien:

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut, [Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann](#), Stand: April 2021;

Umweltbundesamt, CLIMATE CHANGE 08/2021, [Strommarkt und Klimaschutz: Transformation der Stromerzeugung bis 2050](#), Abschlussbericht, Stand: Februar 2021;

Dena, Abschlussbericht. [Dena-Leitstudie](#). Aufbruch Klimaneutralität. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, 2021;

Boston Consulting Group (BCG), Klimapfade 2.0, [Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft](#), Oktober 2021;

Öko-Institut e. V., [Wie Deutschland bis 2045 klimaneutral wird](#), 2021.

Deutschland hat – wie die Europäische Union – das Pariser Abkommen ratifiziert und unternimmt Anstrengungen zur **Reduzierung des CO₂-Ausstoßes**.¹ Zur Erreichung einer möglichst klimaneutralen Energiebeschaffung ist insbesondere der Ausstieg aus fossilen Energieträgern von Bedeutung. Das **Kohleausstiegsgesetz** sieht daher vor, den Einsatz von Kohle bis 2030 stark zu reduzieren. Bis spätestens 2038 soll vollständig auf Braun- und Steinkohle verzichtet werden.²

1 Themenseiten der Bundesregierung zum Thema [Klimaschutz](#); vgl. auch den Koalitionsvertrag 2021 zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP. [Mehr Fortschritt wagen](#), S. 59; vgl. auch die Themenseiten des Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: [Unsere Energiewende: sicher, sauber, bezahlbar](#); vgl. auch Umweltbundesamt, [Treibhausgas-Emissionen in Deutschland](#).

2 § 2 Abs. 2 Kohleausstiegsgesetz vom 08.08.2020 (BGBl. I S. 1818), zuletzt geändert durch Artikel 3b des Gesetzes vom 03.12.2020 (BGBl. I S. 2682).

Die aktuelle Krisensituation durch die Invasion Russlands in der Ukraine könnte zu einer Neubewertung führen. So wird etwa diskutiert, den Kohleausstieg zu verschieben, um so mögliche Gaslieferungsengpässe ausgleichen zu können.³

Zudem steht die Entscheidung zum **Ausstieg aus der Kernenergie** zur Debatte, deren Nettostromerzeugung 2021 bei über 13 % lag.⁴ Mit der 13. Atomgesetznovelle hatte der Gesetzgeber festgelegt, dass der Atomausstieg schrittweise bis Ende 2022 erfolgt.⁵

Im **Koalitionsvertrag von 2021** hat sich die neue Bundesregierung umweltschutzpolitische Ziele gesetzt. Unter anderem soll der Kohleausstieg nun idealerweise bereits bis 2030 erfolgen und die Bundesrepublik bis 2045 treibhausgasneutral Energie gewinnen. In allen Sektoren, also Strom, Wärme und Verkehr, soll eine Umstellung auf erneuerbare Energien erfolgen. In den Bereichen, in denen eine Elektrifizierung nicht möglich ist, soll grüner Wasserstoff eingesetzt werden.⁶ Insofern geht die Bundesregierung von einem erhöhten Bruttostrombedarf von 680-750 Terawattstunden (TWh) im Jahr 2030 aus.⁷

2.2. Zusätzlicher Strombedarf

In einer **dekarbonisierten Energieversorgung** spielt Strom aus nicht-fossilen Quellen eine zentrale Rolle. An die Stelle fossiler Brenn- und Treibstoffe tritt Strom aus erneuerbaren Energien. Dieser fungiert als zentraler Energieträger für Wärmeerzeugung, Mobilität und auch die Erzeugung von Wasserstoff. Im Rahmen der Energiewende wird Strom den weitaus größten Anteil am gesamten Energiesystem einnehmen, der sich auf 80-95 % des Gesamtenergiebedarfs belaufen soll. Einen weiteren Beitrag werden nachhaltig angebaute Biokraftstoffe, Biogas, feste Biomasse, Solarthermie oder Geothermie leisten.

Energy Watch Group, [100% Erneuerbare Energien bis 2030](#), Klimaschutz – Versorgungssicherheit – Wirtschaftlichkeit, 2021, S. 3.

Wie hoch der **zusätzliche Strombedarf** insbesondere mit Blick auf die Elektrifizierung vieler Bereiche sein wird, ist Gegenstand kontroverser Diskussionen. Die Spannbreiten reichen für das Jahr 2050 von rund 450 bis hin zu 800 TWh pro Jahr.⁸ Aktuelle Prognosen gehen von einem schnellen Anstieg des Strombedarfs aus:

3 Vgl. dazu statt vieler Stern, [ROHSTOFFLIEFERUNGEN, Kohle- oder Atomenergie statt russischem Gas?](#), 28.02.2022.

4 Fraunhofer ISE, [Nettostromerzeugung in Deutschland 2021](#): Erneuerbare Energien witterungsbedingt schwächer. Kreisdiagramm (2021).

5 § 7 des 13. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes vom 31.07.2011 (BGBl I S. 1704).

6 Koalitionsvertrag (Fn. 1), S. 26.

7 Koalitionsvertrag (Fn. 1), S. 56.

8 Fraunhofer IWES (2015), [Wie hoch ist der Stromverbrauch in der Energiewende?](#) Energiepolitische Zielszenarien 2050 – Rückwirkungen auf den Ausbaubedarf von Windenergie und Photovoltaik, S. 1.

„Im Zielszenario 1 steigt der Bruttostromverbrauch von 595 TWh im Jahr 2018 auf **658 TWh im Jahr 2030** (+11 %). Haupttreiber für den Anstieg des Stromverbrauchs sind der Verkehrssektor, die elektrischen Wärmepumpen in Gebäuden und Wärmenetzen, die Erzeugung von Elektrolyse-Wasserstoff sowie die Produktion von Batterien. Die gesteigerte Stromeffizienz und der rückläufige Kraftwerkseigenverbrauch dämpften den Anstieg des Stromverbrauchs. Zu einem Rückgang des Stromverbrauchs kommt es auch im Bereich der sonstigen Umwandlung (Bergbau, Kokereien, Raffinerien, Öl- und Gasförderung).“

Fraunhofer ISI et al., [Entwicklung des Bruttostromverbrauchs bis 2030](#), 22.10.2021, S. 2.

2.3. Rolle von Wasserstoff

Die Wasserstoffstrategien Deutschlands und der EU sehen einen Hochlauf von **grünem Wasserstoff** vor. Dieser ermöglicht es, die CO₂-Emissionen vor allem in den Bereichen Industrie und Verkehr, hier insbesondere Luft-, Schiffs- und Fernlastverkehr, deutlich zu verringern. Die Herstellung CO₂-freien Wasserstoffs durch Elektrolyse benötigt aber einen ganz erheblichen Energieeinsatz.

Vgl. zu den Einsatzbereichen die Themenseiten zu „Wasserstoff“ des [Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie](#) und des [Bundesministeriums für Bildung und Forschung](#).

Um den Markthochlauf von **grünem Wasserstoff** zu erreichen, hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz das Ausbauziel für Elektrolyseure bis 2030 gegenüber dem bisherigen Ziel auf 10 Gigawatt (GW) verdoppelt.

Pressemitteilung vom 13.01.2022, [Eröffnungsbilanz Klimaschutz](#), S. 20.

Gleichwohl wird ein **hoher Importbedarf** an grünem Wasserstoff bestehen bleiben. So rechnet die Studie von strategy&⁹ damit, dass der Wasserstoffbedarf im Jahr 2030 bei 90 bis 110 TWh liegt. In Deutschland können 14 TWh grüner Wasserstoff hergestellt werden, so die Studie. Die restlichen 76-96 TWh müssten importiert werden.

Strategy&, [Laying the foundations of a low carbon hydrogen market in Europe, How hydrogen can succeed as a cornerstone of the clean energy transition](#), 2021, S. 24.

3. Studienlage

Im Folgenden wird der Forschungsstand zur **Deckung des Strombedarfs durch Erneuerbare Energien** in Deutschland dokumentiert, wobei aufgrund der umfangreichen Datenlage kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden kann. Neben Studien von öffentlichen Forschungsinstituten finden sich in offenen Quellen zu diesem Thema vor allem auch Studien von privaten Einrichtungen, die strategisch auf den Ausbau erneuerbarer Energien ausgerichtet sind.

9 Beratungsunternehmen, das Teil des PwC-Netzwerks ist, <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/about/history.html>.

Ob und inwieweit der steigende Strombedarf durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann, ist abhängig von verschiedenen Faktoren. Politik, Wissenschaft und Gesellschaft diskutieren insofern immer wiederkehrende Ansätze, insbesondere sind hier der **Ausbau erneuerbarer Energien** (siehe unter 3.1.) und die Schaffung von Flexibilitäten (siehe unter 3.2.) aber auch die Steigerung der **Energieeffizienz** (siehe unter 3.3.) bzw. die **Senkung des Energieverbrauchs** (siehe unter 3.3.) zu nennen. Als Rückgrat der Energiewende wird zudem der **Netzausbau** bezeichnet (siehe unter 3.4.). Zahlreiche weitere Faktoren spielen darüber hinaus eine Rolle (siehe hierzu im Überblick unter 3.5).

3.1. Ausbau erneuerbarer Energien

Einen zentralen Baustein der Energiewende stellt der Ausbau erneuerbarer Energien dar, wie – statt vieler – etwa die Leitstudie der dena¹⁰ betont:

„Erneuerbare Energien sind neben der Energieeffizienz der zweite entscheidende Baustein zum Erreichen der Klimaziele.“

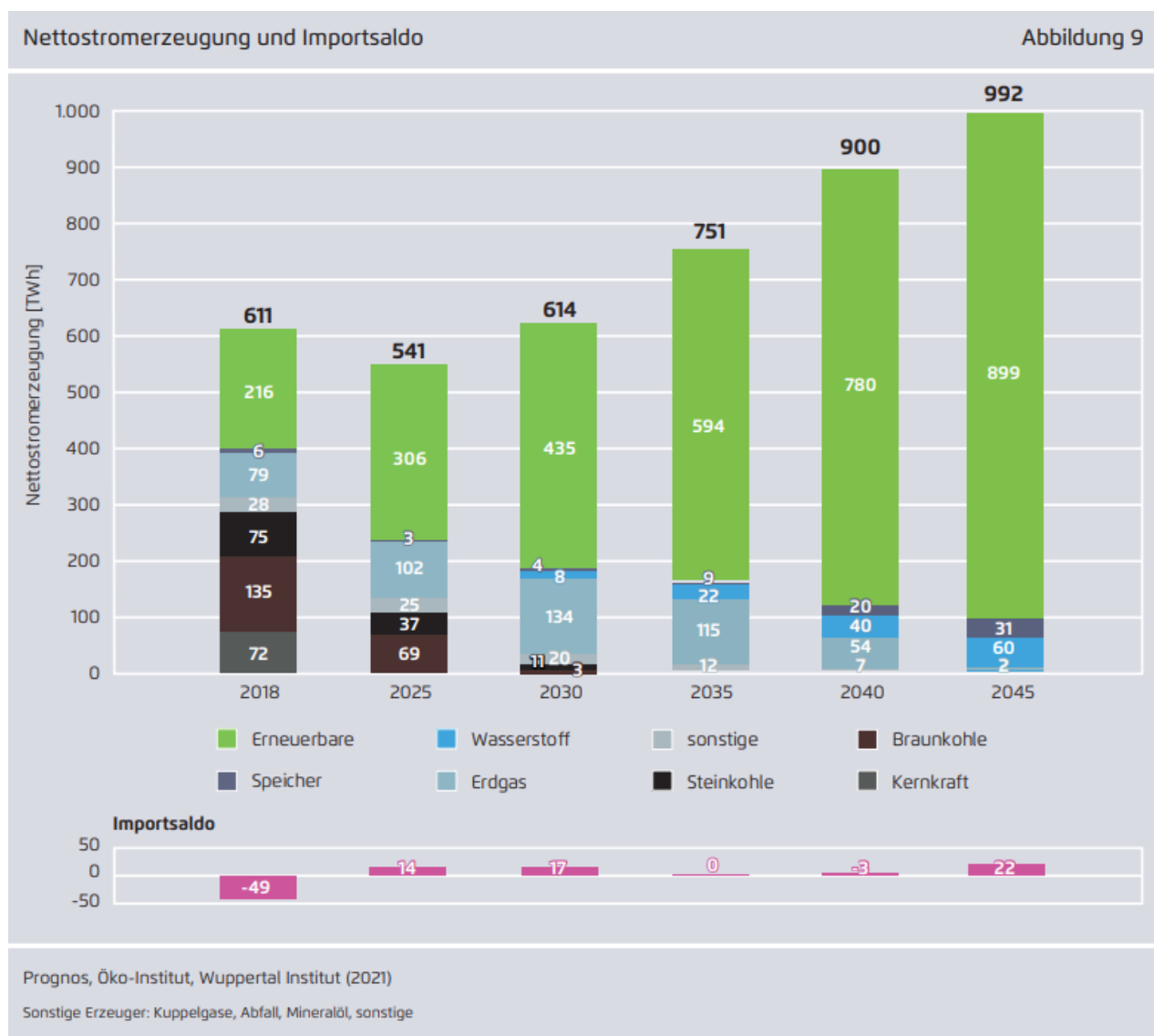
dena-Leitstudie, [Integrierte Energiewende](#), Stand: Juli 2018, S. 23.

Die im Auftrag von „Agora Energiewende“¹¹ erarbeitete Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ hält eine **Umstellung** auf erneuerbare Energien in dem folgenden Szenario für **möglich**:

„Die Erzeugung in Deutschland erfolgt im Jahr 2045 – und somit um fünf Jahre früher als im Szenario Klimaneutrales Deutschland 2050 – vollständig klimaneutral, das Stromsystem basiert dann zu 100 Prozent auf Erneuerbaren Energien. Erneuerbare Energien inklusive Wasserkraft und Biomasse decken dann 89 Prozent des Stromverbrauchs direkt, 6 Prozent entfallen auf Gaskraftwerke, die aus Erneuerbaren Energien erzeugten Wasserstoff als Brennstoff nutzen. Die restlichen 5 Prozent werden durch zwischengespeicherten oder importierten Strom gedeckt.“

10 „Die Deutsche Energie-Agentur (dena) versteht sich als unabhängiger Treiber und Wegbereiter der Energiewende“, <https://www.dena.de/ueber-die-dena/unsere-mission/>.

11 „Agora Energiewende erarbeitet wissenschaftlich fundierte und politisch umsetzbare Wege, damit der Weg in Richtung Klimaneutralität gelingt“, <https://www.agora-energiewende.de/>.



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut, [Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann](#), Stand: April 2021, S. 23, Grafik auf S. 24.

Hierfür ist nach Auffassung der Autoren ein **stärkerer Zubau** von Windenergie und Photovoltaik nötig:

„Um den Strombedarf der Klimaneutralität bereits im Jahr 2045 zu decken, ist deshalb ein schnellerer und stärkerer Ausbau der Windenergie und Photovoltaik in den Jahren nach 2030 erforderlich. Die im Jahr 2045 benötigte installierte Leistung von Photovoltaikanlagen beträgt 385 Gigawatt. [...] Auch für die Windkraft sind nochmals höhere Ausbaukorridore notwendig. Für Windenergie an Land ist im Jahr 2045 eine Erzeugungskapazität von 145 Gigawatt erforderlich, und der Ausbau von Windenergie auf See auf 70 Gigawatt muss auf das Jahr 2045 vorgezogen werden.“

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut, [Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann](#), Stand: April 2021, S. 16.

Allerdings wird nach Auffassung etwa des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) angesichts der tiefgreifenden Transformation des Stromversorgungssystems **kein 1:1 Ersatz wegfallender Kapazitäten** notwendig werden, sondern die Deckung der Residuallast¹², an der sich die Dimensionierung der steuerbaren gesicherten Leistung orientieren müsse.

BDEW, Fakten und Argumente, [Versorgungssicherheit Strom](#), Stand: 30.09.2021, S. 18.

Eine große Herausforderung stellt im Hinblick auf den Ausbau erneuerbarer Energien die **Flächenbereitstellung** dar sowie die hierfür **notwendige Akzeptanz** in der Bevölkerung.

Fraunhofer ISI, [Langfristigkeitsszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3](#), Stand: Mai 2021, S. 6.

3.2. Schaffung von Flexibilitäten

Das Energiewirtschaftssystem wird in Zukunft verstärkt Stromangebot und -nachfrage ausgleichen und auf Lastschwankungen reagieren müssen. Um Erzeugung und Verbrauch bestmöglich aufeinander abzustimmen und eine sichere Stromversorgung zu gewährleisten, gewinnen **Flexibilitätsoptionen** an Bedeutung. Hierzu gehören zahlreiche Themen wie flexible Verbraucher, (Batterie-)Speichertechnologien, Lastmanagement aber auch sektorenübergreifende Techniken wie die Umwandlung von Strom etwa in Wärme (sogenanntes Power-to-heat).

Fraunhofer ISE, BBH, Fraunhofer IEE, [Neues Strommarktdesign](#), Stand: November 2021;

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), [100 Prozent erneuerbare Energien für Deutschland](#): Koordinierte Ausbauplanung notwendig, Stand: Juli 2021, S. 24ff.;

BDEW, Fakten und Argumente, [Versorgungssicherheit Strom](#), Stand: 30.09.2021, S. 18;

Dena-Leitstudie, [Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050](#). Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen, Stand: Juli 2018, insbesondere S. 8, 24;

Siehe auch Agora Energiewende, Themenseite [Flexibilität](#), und Agentur für Erneuerbare Energien, [100 Prozent Erneuerbare – Geht das?](#).

Um fossile Brennstoffe wie Gas, Kohle und Benzin möglichst umfassend zu ersetzen, bedarf es insbesondere eines Energieaustauschs mittels **Sektorenkopplung**, also der Vernetzung aller Sektoren (Strom, Wärme und Verkehr) der Energiewirtschaft und Industrie. Durch Sektorenkopplung kann die Energie effizienter genutzt und zur richtigen Zeit am richtigen Ort eingesetzt werden.

¹² Die Residuallast beschreibt die zu deckende Last, die nach Abzug wetterabhängig einspeisender erneuerbarer Energien verbleibt und durch steuerbare gesicherte Leistung erbracht werden muss.

Deloitte, [Durch Sektorenkopplung zu einer dekarbonisierten und nachhaltigen Ökonomie](#), Stand: November 2020, S. 8.

Ausgangspunkt der Sektorenkopplung ist wiederum der Stromsektor, aus dem die Energie aus erneuerbarer Erzeugung für alle Sektoren generiert wird. Gleichwohl bleiben Bereiche, die nicht ohne weiteres ohne fossile Energieträger auskommen, etwa die Zementherstellung, die Stahlproduktion oder der Flugverkehr sowie die interkontinentale Schifffahrt. Insofern müssen **neue Technologien** etwa für wasserstoffbasierte Herstellungsprozesse entwickelt werden.

Fraunhofer ISI, [Langfristigkeitsszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3](#), Stand: Mai 2021, S. 11.

3.3. Energieeffizienz und Senkung des Energieverbrauchs

Der Endenergieverbrauch muss durch **Energieeffizienzmaßnahmen** in allen Sektoren **gesenkt** werden, damit die Versorgung jederzeit gesichert ist.

„Eine ambitionierte Energieeffizienzstrategie und eine Senkung des Endenergieverbrauchs in Deutschland sind zwingend erforderlich, um die Energiewendeziele und die wirtschaftspolitischen Ziele für eine reduzierte Abhängigkeit von Importen und Energiepreisen zu erreichen.“

Dena-Leitstudie, [Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050](#). Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen, Stand: Juli 2018, S. 25.

Vgl. auch Dena: Abschlussbericht. [Dena-Leitstudie](#). Aufbruch Klimaneutralität. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, 2021.

So sollen nach Auffassung der Dena-Leitstudien Energieeffizienzmaßnahmen in der **Industrie** bis 2050 Effizienzgewinne von 26-33% erreichen können:

Dena-Leitstudie, [Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050](#). Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen, Stand: Juli 2018, S. 42;

Dena, Abschlussbericht. [Dena-Leitstudie](#). Aufbruch Klimaneutralität. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, 2021, S. 134ff.

Zudem verfügt der **Gebäudebestand** über erhebliche Effizienzpotenziale, die es zu heben gilt. Um die Sanierungsrate im Gebäudebestand zu erhöhen, müssen hohe Investitionen getätigt werden, um die aktuelle Sanierungsrate erheblich zu erhöhen.¹³

Dena, [Gebäudereport 2022](#), Stand: November 2021 S. 2, 85.

13 Vgl. BMWK, Themenseite [Energieeffizienzstrategie Gebäude](#).

Dena, Abschlussbericht. [Dena-Leitstudie](#). Aufbruch Klimaneutralität. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, 2021, S. 102 ff.,

Energy Watch Group, [100% Erneuerbare Energien bis 2030](#), Klimaschutz – Versorgungssicherheit – Wirtschaftlichkeit, 2021, S. 3.

Im **Verkehrssektor** ist die Nutzungseffizienz zu steigern. Dies setzt insbesondere den Ausbau und die Neugestaltung des ÖPNV sowie der Fußgänger- und Fahrradwege und des regionalen Güterverkehrs voraus. Zudem sind neue Mobilitätsstrategien erforderlich, um das Verkehrsaufkommen zu senken, Mobilität zu bewahren, beziehungsweise auszubauen und gleichzeitig den Endenergieverbrauch im Verkehrssektor zu senken. Diskutiert werden neben Elektromobilität auch andere schadstofffreie Antriebstechnologien:

Vgl. Agora Energiewende, Themenseite [Verkehr](#).

Dena, Abschlussbericht. [Dena-Leitstudie](#). Aufbruch Klimaneutralität. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, 2021, S. 160ff.,

Verein Deutscher Ingenieure e.V. und VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informatik e.V., [Klimafreundliche Nutzfahrzeuge](#), Stand: Januar 2022.

Die Energiewende wird stark durch **gesellschaftliche Verhaltensweisen** beeinflusst. Je nach Verhalten der Gesellschaft kann die Energiewende unterschiedlich schnell und effizient umgesetzt werden. Dies betont die

Fraunhofer-Studie „[Wege zu einem Klimaneutralen Energiesystem](#). Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen“, Stand: November 2021, S. 22,

Die Autoren unterscheiden zwischen vier Szenarien: 1. Beharrung (starker Widerstand gegen Einsatz neuer Techniken), 2. Inakzeptanz (mangelnde Akzeptanz für Ausbau großer Infrastrukturen), 3. Suffizienz (Verhaltensänderung in der Gesellschaft, merkliche Minderung des Energieverbrauchs) und 4. Referenz (keine wesentlichen weiteren, die Zielerreichung fördernden oder erschwerenden Randbedingungen). Im Szenario Suffizienz ist der Energiebedarf verglichen mit den anderen Szenarien deutlich niedriger, wie sich aus der folgenden Grafik¹⁴ ergibt:

14 Fraunhofer-Studie „[Wege zu einem Klimaneutralen Energiesystem](#). Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen“, Stand: November 2021), S. 22

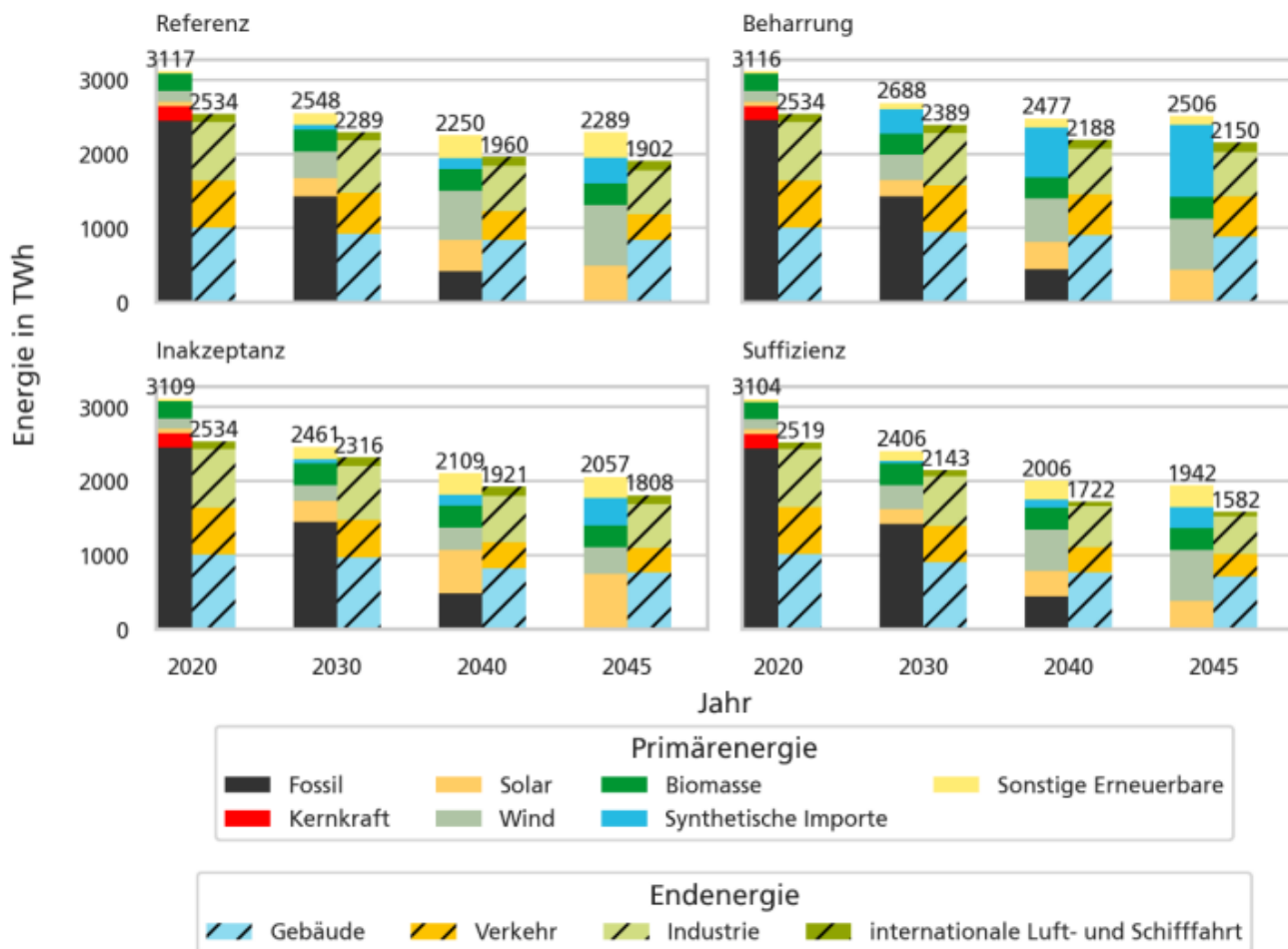


Abbildung: Primär- und Endenergie aller Szenarien bis zum Jahr 2045 in TW

3.4. Netzausbau

Der Ausbau der Übertragungsnetze, die als Rückgrat der Energiewende bezeichnet werden, stellt einen zentralen Aspekt für das Gelingen der Energiewende dar.

vgl. etwa Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Themenseite [Ein Stromnetz für die Energiewende](#);

Wenn die steigenden Mengen erneuerbarer Energien die Netzkapazitäten übersteigen, müssen Anlagen für erneuerbare Energien abgeschaltet werden und grüner Strom geht ungenutzt verloren. Notwendig sind daher ein schnellerer **Netzausbau** und die Weiterentwicklung der Netztechnik, einschließlich der **Digitalisierung** der Verteilnetze. Hierauf weisen zahlreiche Studien hin, so etwa die dena-Leitstudie (2018):

„Die Stromübertragungsnetze müssen über die aktuellen Netzentwicklungsplanungen hinaus deutlich verstärkt und ausgebaut werden, um die zukünftig immer größeren Mengen erneuerbaren Stroms integrieren zu können und die Ausweitung des EU-Strombinnenmarkts zu ermöglichen.“

Dena-Leitstudie, [Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050](#). Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen, Stand: Juli 2018, S. 32.

Bereits die dena-Verteilnetzstudie (2012) ermittelte für das Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz bundesweit einen Um- und Ausbaubedarf von über **150.000 Kilometern**:

[Dena-Verteilnetzstudie](#), Ausbau- und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030. Stand: 11.12.2012; siehe auch das dazugehörige [Factsheet](#).

Die Notwendigkeit des Netzausbaus ist inzwischen im **Bundesbedarfsplangesetz**¹⁵ für zahlreiche einzelne Vorhaben gesetzlich festgestellt. Um Genehmigungsverfahren zu beschleunigen, legt der Gesetzgeber im Bundesbedarfsplangesetz verbindlich fest, welche Ausbaumaßnahmen notwendig sind. Diese Vorhaben liegen im überragenden öffentlichen Interesse und sind für die öffentliche Sicherheit erforderlich.

Übersicht aller Vorhaben auf der Internetseite der Bundesnetzagentur unter [Netzausbau.de](#).

Gleichwohl **hinkt** der Netzausbau dem Bedarf hinterher, wie der Bundeswirtschaftsminister in seiner „Eröffnungsbilanz Klimaschutz“ im Januar 2022 deutlich machte:

„Auf Übertragungs- und Verteilnetzebene lahmte der notwendige Netzausbau. Mit Stand 3. Quartal 2021 befinden sich laut Bundesnetzagentur von den vordringlichen Ausbauprojekten nach dem Gesetz über den Bundesbedarfsplan und dem Energieleitungsausbaugesetz mit einer Länge von etwa 12.241 km erst 1.848 km in Betrieb und weitere 675 km im Bau. Insgesamt 9.718 km sind noch vor bzw. im Genehmigungsverfahren.“

Pressemitteilung vom 13.01.2022, [Eröffnungsbilanz Klimaschutz](#), S. 17.

Dabei berücksichtigen aktuell weder die Netzplanung auf deutscher noch auf europäischer Ebene die Möglichkeit der Vollversorgung mit erneuerbaren Energien. Insbesondere auf **europäischer Ebene** bedarf es nach Auffassung des DIW einer **neuen nachhaltig ausgerichteten Infrastrukturplanung**.

DIW, [100 Prozent erneuerbare Energien für Deutschland](#): Koordinierte Ausbauplanung notwendig, Stand: Juli 2021.

Auch die dena-Netzstudie III kommt zu dem Ergebnis, dass es nicht mehr ausreicht, die Infrastrukturen für Strom, Gas und perspektivisch Wasserstoff unabhängig voneinander zu planen.

¹⁵ Bundesbedarfsplangesetz vom 23.07.2013 (BGBl. I S. 2543; 2014 I S. 148, 271), zuletzt geändert durch Artikel 3 Absatz 4 des Gesetzes vom 02.06.2021 (BGBl. I S. 1295).

Vielmehr müssen **alle Sektoren** einbezogen werden, um passende Energieinfrastrukturen für ein klimaneutrales Energiesystem zu planen.

dena-Netzstudie III, Abschlussbericht, [Stakeholderdialog zur Weiterentwicklung der Planungsverfahren für Energieinfrastrukturen auf dem Weg zum klimaneutralen Energiesystem](#), Stand: Januar 2022; siehe auch [Publikationsdetails](#) mit Beigutachten.

3.5. Weitere Faktoren

Zahlreiche weitere Faktoren spielen bei der Umstellung des Energieversorgungssystems eine Rolle und sind zu berücksichtigen, um **Versorgungssicherheit** und **Wirtschaftlichkeit** zu gewährleisten. Hier sind etwa auch die **europäische Vernetzung** zum Strommengenaustausch und der **internationale Handel** erneuerbarer Energien zu nennen. Diese werden perspektivisch weiter an Bedeutung zunehmen.

Fraunhofer ISE, BBH, Fraunhofer IEE, [Neues Strommarktdesign](#), Stand: November 2021, S. 70;

Dena-Leitstudie, [Integrierte Energiewende](#), Stand: 2018, S. 35;

vgl. Agentur für Erneuerbare Energien: [100 Prozent Erneuerbare – Geht das?](#)

Gleichwohl existieren auch Stimmen, die die Versorgungssicherheit nicht hinreichend gesichert sehen. Der **Bundesrechnungshof** kritisiert, dass es an entwickelten Szenarien fehlt, welche aktuelle Entwicklungen und bestehende Risiken abbilden. Weiter wird kritisiert, dass es keine Untersuchungen eines „Worst-Case“-Szenarios gäbe, was passieren würde, wenn mehrere Faktoren zusammentreffen, die die **Versorgungssicherheit** gefährden.

Bericht nach § 99 der Bundeshaushaltsordnung zur Umsetzung der Energiewende im Hinblick auf die Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit bei Elektrizität, [BT-Drs. 28689](#), 31.03.2021, S. 4.

Unter gewissen Voraussetzungen sehen zahlreiche Studien dagegen die Versorgungssicherheit durchaus als gesichert an. So äußert sich etwa der BDEW:

„Das BMWi-Gutachten ‚Angemessenheit der Ressourcen‘ zur Bewertung der Versorgungssicherheit in Deutschland geht für den Zeitraum von 2020 bis 2030 von einem Zubau von gasbasierten KWK-Kapazitäten [Kraft-Wärme-Kopplung] in Höhe von rd. 15 GW aus. Erfolgt dieser Zubau, dann ist in den Berechnungen der Gutachter die Versorgungssicherheit mit der dann vorhandenen steuerbaren gesicherten Leistung gewährleistet. [...]

Um das hohe Niveau der Versorgungssicherheit auch mit dem Ausstieg aus der Kohle- und der Kernenergienutzung aufrecht zu erhalten, bedarf es politischer Maßnahmen. Diese müssen gleichzeitig den Ausbau der Erneuerbaren Energien, den Aus- und Umbau der Energienetzinfrastruktur, den ausreichenden Ausbau von KWK-Anlagen und den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft sicherstellen.“

BDEW, Fakten und Argumente, [Versorgungssicherheit Strom](#), Stand: 30.09.2021, S. 18 und 22.

So wird derzeit der **Einsatz moderner Gaskraftwerke** diskutiert, die perspektivisch auf Wasserstoff oder andere nicht-fossile Brennstoffe umgestellt werden können, also „H2-ready“ sind. Die Gewinnung von Strom aus Erdgaskraftwerken soll allerdings lediglich als Brückentechnologie eingesetzt werden: Die Stromerzeugung aus Gaskraftwerken verursacht zwar niedrigere Treibhausgasemissionen als der Einsatz fossiler Brennstoffe wie Kohle, langfristig wird aber eine vollständige Dekarbonisierung angestrebt.

Vgl. Koalitionsvertrag 2021 zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP. [Mehr Fortschritt wagen](#), S. 61;

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI), Analyse, [Auswirkungen des Koalitionsvertrags auf den Stromsektor 2030](#), 06.12.2021;

vgl. zur Diskussion: Tagesschau, 06.12.2021, „[Ohne Gaskraftwerke kein Kohleausstieg?](#)“.

Angesichts aller zur Absicherung der Versorgungssicherheit notwendigen Maßnahmen wird die **Bezahlbarkeit** von Elektrizität kritisch gesehen. Ferner sind die Strompreise in Deutschland für Privathaushalte aktuell europaweit die höchsten. Die staatlich beeinflussten Energiepreisbestandteile bedrohen nach Auffassung vieler die Akzeptanz für die Energiewende und die Wettbewerbsfähigkeit. Kürzlich hat die Bundesregierung daher im Rahmen eines Entlastungspakets beschlossen, etwa die EEG-Umlage abzuschaffen.

Deutscher Bundestag, [Plenarprotokoll 20/19](#), 27.02.2022, 1354 (A).

Gleichwohl sieht etwa die International Renewable Energy Agency (IRENA), dass die geplante Energiewende sich durchaus auch **ökonomisch lohne**:

IRENA (2020), [Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050](#) (Edition: 2020).

Zudem werden Ansätze diskutiert, um die Akzeptanz energiewendebedingter Maßnahmen zu steigern. Laut der Dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“ kann die Klimawende auch ökonomischer gestaltet werden, indem die Bevölkerung bzw. zumindest betroffene Bevölkerungsgruppen stärker eingebunden werden. Bürgerinnen und Bürger könnten etwa durch eigene Anlagen zur Energieerzeugung, -speicherung oder -umwandlung finanziell durch Energiewendeprojekte profitieren. Gleichzeitig würden so die Energiebeiträge reduziert werden und die Teilhabe führte zu einer größeren Akzeptanz in der Bevölkerung.

dena-Leitstudie, [Aufbruch Klimaneutralität](#), Stand: Oktober 2021, S. 41.

4. Fazit

Die Energiewende wird durch **zahlreiche Faktoren** beeinflusst, die auch für das Gelingen der Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien bei steigendem Strombedarf von Bedeutung sind. Unter Berücksichtigung des weiteren **Fortschritts** und einer steigenden gesellschaftlichen **Akzeptanz** gehen Studien davon aus, dass die Transformation der Energiewirtschaft abhängig von Faktoren wie der Energienachfrage, der Sektorenkopplung, der Entwicklung neuer Technologien in den Bereichen Wandler, Speicherung, Verteilung, Nutzung und Systemintegration und Verhaltensanpassungen möglich ist. So heißt es etwa in der dena-Leitstudie:

„Mit erhöhten Anstrengungen in allen Sektoren lassen sich die Ziele von Paris erreichen. Eine Minderung der Treibhausgasemissionen um 80 Prozent und auch um 95 Prozent bis 2050 ist grundsätzlich erreichbar. Dies setzt aber deutlich weiter gehende Maßnahmen als bisher geplant in allen Sektoren voraus, befördert durch ein hohes Engagement aller Beteiligten, passende politische Rahmenbedingungen sowie einen Diskurs über die Verteilung der Kosten der Energiewende.“

dena-Leitstudie, [Integrierte Energiewende](#), Stand: Juli 2018, S. 6.

Gleichwohl werden auch große **Unsicherheitsfaktoren** gesehen:

„Naturgemäß bestehen große Unsicherheiten bezüglich technologischer Fortschritte, Kosten und gesellschaftlicher Akzeptanz für einzelne Klimaschutzmaßnahmen. Die Studie ‚Klimapfade 2.0‘ beschreibt einen aus heutiger Sicht kosteneffizienten Zielpfad auf Basis einer vorrangig nationalen Perspektive. Natürlich ist effektiver Klimaschutz eine globale Aufgabe, die sowohl langfristig international vergleichbarere Ziele als auch eine stärkere internationale, mindestens gesamteuropäische Steuerung erfordert. Außerdem können zukünftige technologische Entwicklungen – zum Beispiel beeinflusst durch weltweite Investitionsoffensiven in Technologien wie Wasserstoff –, gesellschaftliche Präferenzen oder eine erstrebenswerte stärkere internationale Abstimmung als bisher vorhanden zu anderen langfristigen Technologiepfaden führen.“

BCG, Klimapfade 2.0, Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft, Oktober 2021
<https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-2-0-ein-wirtschaftsprogramm-fuer-klima-und-zukunft/>, S. 3.

Dennoch hält etwa das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) die **Vollversorgung** Deutschlands mit erneuerbaren Energien für **möglich und sinnvoll**, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Die Autoren der Studie „100 Prozent erneuerbare Energien für Deutschland: Koordinierte Ausbauplanung notwendig“ halten hierfür eine **koordinierte Ausbauplanung** bei Erzeugung, Speicherung und Infrastruktur für notwendig. Betont wird, dass die Vollversorgung mit erneuerbaren Energien in die Planung des gesamten Energiesystems einbezogen werden muss. Dies gilt im Hinblick auf Erzeugungs- und Speicheranlagen sowie der Netzinfrastruktur.

DIW, [100 Prozent erneuerbare Energien für Deutschland](#): Koordinierte Ausbauplanung notwendig, Stand: Juli 2021.

Auch die Agentur für Erneuerbare Energien¹⁶ hält ein **Versorgungsgrad** von **100 %** erneuerbarer Energien für wahrscheinlich möglich. In Deutschland würden Wind- und Solarenergie die Hauptlast tragen.

Agentur für Erneuerbare Energien: [100 Prozent Erneuerbare – Geht das?](#), 2022.

Nach Auffassung zahlreicher Studien muss die **Umstellung** der Energieversorgung auf erneuerbaren Energien aber **deutlich schneller** vorangetrieben werden als derzeit der Fall.

BCG, Klimapfade 2.0, Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft, Oktober 2021
<https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-2-0-ein-wirtschaftsprogramm-fuer-klima-und-zukunft/>.

* * *

16 Die Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (AEE) „leistet Überzeugungsarbeit für die Energiewende“, <https://www.unendlich-viel-energie.de/>.