

# Klimaneutralität bis 2045 – Vergleich der Entwicklungen im Energiesystem in aktuellen Szenarien für Deutschland

Sascha Samadi und Stefan Lechtenböhrer

*Der Diskurs um die Transformation des Energiesystems ist in den vergangenen Jahren vermehrt über wissenschaftlich fundierte Szenarien geführt worden, die aus verschiedenen gesellschaftlichen Perspektiven in Auftrag gegeben wurden. Der Vergleich von vier im Jahr 2021 erschienenen Studien zeigt auf, wo weitgehende Einigkeit über die erforderlichen Strategien zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 besteht, und wo die größten Differenzen liegen.*

Für die Analyse wird auf vier Szenarien aus vier umfangreichen Studien zurückgegriffen, die zwischen April und November 2021 erschienen sind (s. Tab.) [1]. Diese beschreiben insbesondere für die verschiedenen Sektoren des Energiesystems detailliert, wie Entwicklungspfade hin zur Klimaneutralität bis 2045 aussehen könnten.

Der Rückgang der Treibhausgasemissionen ist dabei im Zeitverlauf in allen vier Szenarien sehr ähnlich, und entspricht weitgehend dem Reduktionspfad, der durch die Zwischenziele im Bundes-Klimaschutzgesetz festgeschrieben ist. Gegenüber dem Zeitraum von 2010 bis 2021, in dem die Treibhausgasemissionen Deutschlands jährlich im Durchschnitt um 15 Megatonnen (Mt) CO<sub>2</sub>-Äquivalente zurückgegangen sind, wird zwischen 2021 und 2045 mehr als eine Verdopplung der jährlichen Emissionsminderungen auf 32 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. notwendig sein, um das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 zu erreichen.

Im Folgenden wird anhand von sechs zentralen Klimaschutzstrategien im Energiesystem aufgezeigt, dass diese grundsätzlich in allen betrachteten Szenarien eine wichtige Rolle spielen und daher als „robust“ gelten können. Diese Strategien sollten seitens der Politik daher mit Nachdruck verfolgt werden. Gleichzeitig wird aufgezeigt, dass es häufig in den vorliegenden Szenarien unterschiedliche Einschätzungen gibt, wie stark jeweils auf die einzelnen Strategien gesetzt wird und wie diese im Detail umgesetzt werden.

## Erhöhung der Energieeffizienz, vor allem im Gebäudebestand

In allen betrachteten Szenarien verbessert sich die Energieeffizienz zukünftig deutlich

Abbildung in "et", 2022, Heft 3 verfügbar

**Es gibt einen breiten wissenschaftlichen Konsens darüber, dass bestimmte Emissionsminderungsstrategien im Energiesystem von zentraler Bedeutung für das Erreichen von Klimaneutralität bis 2045 sein werden**

Bild: Adobe Stock

schneller als in der Vergangenheit. So steigt die auf das Bruttoinlandsprodukt bezogene Endenergieproduktivität in den Szenarien zwischen dem jeweiligen Basisjahr und dem Jahr 2030 um durchschnittlich mindestens 2,6 und bis zu 2,9 % pro Jahr. Zwischen 2008 und 2019 lag die die Steigerungsrate hingegen bei 1,4 %.

Energieeffizienzpotenziale werden dabei vor allem im Bereich der Raumwärme gesehen. Der Raumwärmebedarf macht in Deutschland derzeit noch über ein Viertel des gesamten Endenergiebedarfs aus. In den hier betrachteten Szenarien sinkt der Raumwärmebedarf bis 2045 gegenüber heute allerdings unterschiedlich stark, zwischen 26 % (Szenario KSG2045) und rund 50 % (Szenario

Zielpfad). Die Unterschiede sind im Wesentlichen auf abweichende Annahmen zu der zukünftig realisierbaren Sanierungsrate und -tiefe des Gebäudebestands zurückzuführen. So liegt die jährliche Sanierungsrate zwischen 2030 und 2045 in den Szenarien KN2045 und KSG2045 bei rund 1,6 %, im Szenario Zielpfad im gleichen Zeitraum bei etwa 2,0 %.

Ein weiterer Bereich, in dem die Szenarien wesentliche Rückgänge des Energiebedarfs erwarten, ist der Personen- und Güterverkehr auf der Straße. Die Effizienzverbesserungen in diesem Bereich sind dabei eng verknüpft mit der Strategie der Elektrifizierung (s. unten), denn der Wirkungsgrad elektrisch angetriebener Motoren ist deutlich höher als der von Verbrennungsmotoren.

Studie	Herausgeber	Bearbeitende Institutionen	Name des Szenarios
Klimaneutrales Deutschland 2045 [2]	Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende	Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut	KN2045
dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität [3]	Deutsche Energie-Agentur (dena)	Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI)	KN100
Klimapfade 2.0 [4]	Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)	Boston Consulting Group (BCG)	Zielpfad
Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045 [5]	Forschungszentrum Jülich (FZ Jülich)	Forschungszentrum Jülich (FZ Jülich)	KSG2045

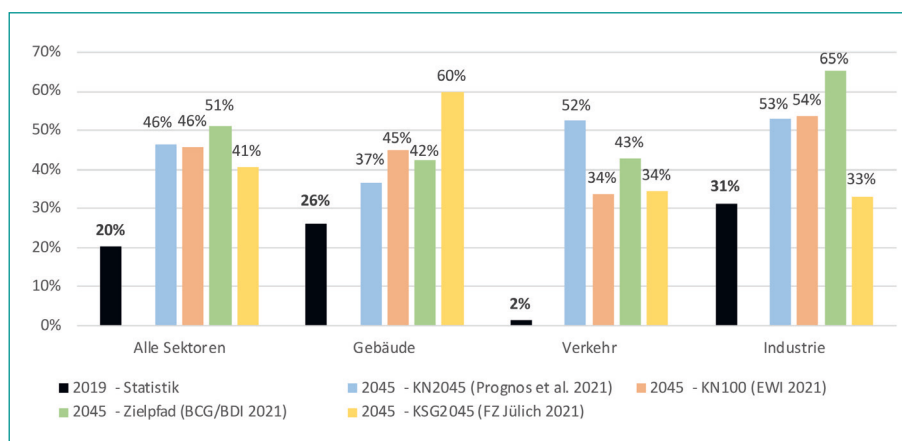
**Tab. Überblick über die vier betrachteten Studien und Szenarien**

## Elektrifizierung so stark wie möglich und soweit in Bezug auf das Stromsystem sinnvoll

Der zukünftig immer stärker auf erneuerbaren Energien basierende Strom kann in den Endenergiesektoren in verschiedenen Anwendungen direkt genutzt werden, um fossile Energieträger zu substituieren. Diese direkte Elektrifizierung stellt gegenüber einer (mit energetischen Verlusten verbundenen) Umwandlung in Wasserstoff oder synthetische Energieträger eine besonders effiziente Art der Nutzung von Strom dar. Auf der anderen Seite können nicht alle Anwendungen in den Endenergiesektoren auf Strom umgestellt werden, zudem kann die Verwendung gasförmiger Energieträger zukünftig eine in gewissem Umfang benötigte Flexibilität für das Stromsystem darstellen. Wichtige Bereiche

für eine Elektrifizierung stellen in den Szenarien der Pkw-Verkehr, die Raumwärmebereitstellung sowie die Prozesswärmebereitstellung in der Industrie dar.

Die Strategie der Elektrifizierung wird in allen vier betrachteten Szenarien in starkem Maße verfolgt. So steigt in den Szenarien der Anteil von Strom am gesamten Endenergiebedarf von 20 % im Jahr 2019 auf 41 bis 51 % im Jahr 2045. Die Betrachtung des Anteils von Strom in den einzelnen Endenergiesektoren verdeutlicht aber auch hier im Detail relevante Differenzen zwischen den Szenarien (Abb. 1). So liegt beispielsweise im Szenario KN2045 der Anteil der rein batterieelektrisch betriebenen Pkw im Jahr 2045 im Bestand bei rund 90 %, im Szenario KSG2045 lediglich bei knapp über 70 %. In diesem Szenario wird 2045 in relevantem Maße auch auf wasserstoffbetriebene Pkw gesetzt. Im Szenario



**Abb. 1** Anteile von Strom im Endenergieverbrauch insgesamt und in den verschiedenen Endenergiesektoren im Jahr 2019 sowie nach den betrachteten Szenarien im Jahr 2045

KSG2045 werden wiederum im Jahr 2045 rund 65 % der Gebäude mit einer Wärmepumpe beheizt, im Szenario KN100 hingegen „nur“ 42 %.

## Nutzung von Wasserstoff oder synthetischen Energieträgern, wo eine direkte Elektrifizierung nicht sinnvoll ist

Nicht alle Anwendungsbereiche, in denen gegenwärtig fossile Energieträger genutzt werden, können auf Strom umgestellt werden. Daher wird es auch in einem klimaneutralen Energiesystem noch einen Bedarf an gasförmigen oder flüssigen Energieträgern geben. Da das nachhaltig verfügbare Potenzial von Biomasse begrenzt ist, wird hierfür in vorliegenden Szenarien vor allem auf elektrolytisch gewonnenen Wasserstoff und daraus erzeugte synthetische Energieträger gesetzt. Die vorliegenden Szenarien erwarten bis 2045 einen jährlichen Bedarf an Wasserstoff und synthetischen Energieträgern in Höhe von rund 420 bis 660 TWh. Dies schließt den Bedarf der stofflichen Nutzung im Industriesektor ein.

Wie Abb. 2 verdeutlicht, gibt es zwischen den Szenarien deutliche Unterschiede zum einen bezüglich des Verhältnisses von Wasserstoff auf der einen Seite und synthetischen Energieträgern auf der anderen Seite. So setzt beispielsweise das Szenario Zielpfad in starkem Maße auf (importierte) synthetische Energieträger, während im Szenario KSG2045 deutlich mehr Wasserstoff eingesetzt wird. Die starke Bedeutung von Wasserstoff im Szenario KSG2045 dürfte auch mit der dort angenommenen hohen heimischen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zusammenhängen. Diese ermöglicht in dem Szenario eine relativ große inländische Wasserstoffherzeugung und reduziert damit den Bedarf an Wasserstoffimporten, die zumindest bei größeren Distanzen schwierig bzw. teuer sind.

Zum anderen gibt es teilweise auch erhebliche Unterschiede zwischen den Szenarien bezüglich der Relevanz der strombasierten Energieträger in einzelnen Sektoren. So liegt der Bedarf an Wasserstoff und synthetischen Energieträgern im Szenario KN2045 im Industriesektor deutlich niedriger als in den anderen Szenarien. Dies hängt u.a. mit der im Szenario KN2045 relativ starken Biomasse-nutzung im Industriesektor zusammen, die

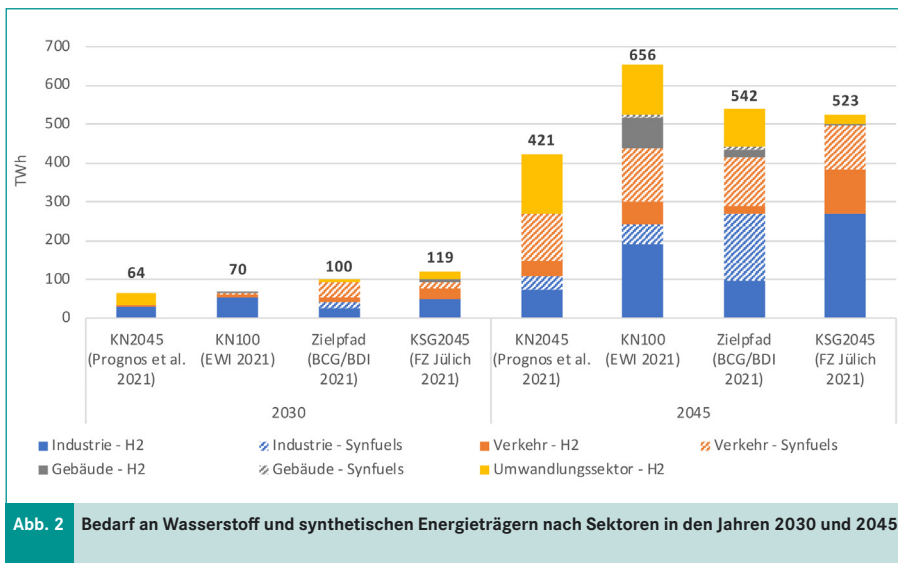


Abb. 2 Bedarf an Wasserstoff und synthetischen Energieträgern nach Sektoren in den Jahren 2030 und 2045

es wiederum ermöglicht, über den Einsatz von CCS negative Emissionen zu realisieren.

Auch der Import strombasierter Rohstoffe für die chemische Industrie im Szenario KN2045 reduziert dort den Wasserstoffbedarf insbesondere gegenüber dem Szenario KSG 2045, in dem die Rohstoffe der chemischen Industrie vollständig im Inland bereitgestellt werden. Im Szenario KSG2045 wiederum ist u.a. wegen einer dort starken Nutzung von Biomechan und Biomasse im Umwandlungssektor der Bedarf für die Nutzung von Wasserstoff gering. Schließlich werden im Szenario KN100 im Jahr 2045 rund 80 TWh Wasserstoff in der Gebäudebeheizung eingesetzt, während die übrigen Szenarien hier nur wenig oder keine Wasserstoffnutzung erwarten.

### Ausbau von Windkraft und Photovoltaik wie dies angesichts der Potenziale und der Akzeptanz möglich ist

Alle vorliegenden Szenarien erwarten bis 2045 gegenüber heute einen deutlichen Anstieg des Strombedarfs um mindestens 60 % und bis zu 120 %. Dieser starke Anstieg ist insbesondere auf die oben beschriebenen Strategien der Elektrifizierung und der Nutzung von Wasserstoff und synthetischen Energieträgern zurückzuführen.

Aufgrund der bedeutenden verfügbaren Potenziale sowie der relativ niedrigen Kosten wird erwartet, dass der zusätzliche Strom aus erneuerbaren Energien weitgehend aus neuen

Wind- und Photovoltaik-Anlagen kommen wird. Der Ausbau dieser Anlagen wird sich den Szenarien zufolge gegenüber den vergangenen Jahren in Deutschland bereits in den nächsten Jahren verdoppeln bis verdreifachen müssen. Während der Ausbau von Windkraft und Photovoltaik bis 2030 in den Szenarien noch relativ ähnlich verläuft, wird das längerfristig realisierbare Ausbaupotenzial unterschiedlich eingeschätzt (Abb. 3). So liegt die inländische Stromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik im Jahr 2045 im Szenario KSG2045 rund 60 % höher als im Szenario KN100, die für Photovoltaik alleine sogar doppelt so hoch. Die höhere inländische Stromerzeugung ermöglicht im Szenario KSG2045 eine höhere inländische Wasserstoffherzeugung und führt dadurch zu einem geringeren Bedarf an klimaneutralen Energieträgerimporten.

### Importe klimaneutraler Energieträger zur Ergänzung heimischer Potenziale bzw. Kostenreduktion

Trotz der in den Szenarien angenommenen Effizienzverbesserungen und des unterstellten starken Ausbaus der erneuerbaren Energien wird in allen betrachteten Szenarien erwartet, dass Deutschland auch zukünftig Energieimportland bleiben wird. Der direkte Strombedarf in den Gebäuden, der Industrie und dem Verkehr kann zwar voraussichtlich vollständig aus heimischen erneuerbaren Energien gedeckt werden. Das gilt aber nicht für den überwiegenden Bedarf an strombasierten Energieträgern wie Wasserstoff.

In den vorliegenden Szenarien werden mindestens 60 und bis zu 90 % dieser Energieträger im Jahr 2045 importiert – in einzelnen Szenarien zusätzlich auch noch gewisse Mengen an Strom und Biomasse (Abb. 4). Der deutlich höhere Import klimaneutraler Energieträger im Szenario KN100 insbesondere gegenüber den Szenarien KSG2045 und KN2045 ist u.a. auf die dort geringere inländische Stromerzeugung zurückzuführen.

Die Energieimporte Deutschlands liegen aber in allen betrachteten Szenarien im Jahr 2045 (bezogen auf den Energiegehalt) mindestens 70 % niedriger als die derzeitigen Importe fossiler Energieträger.

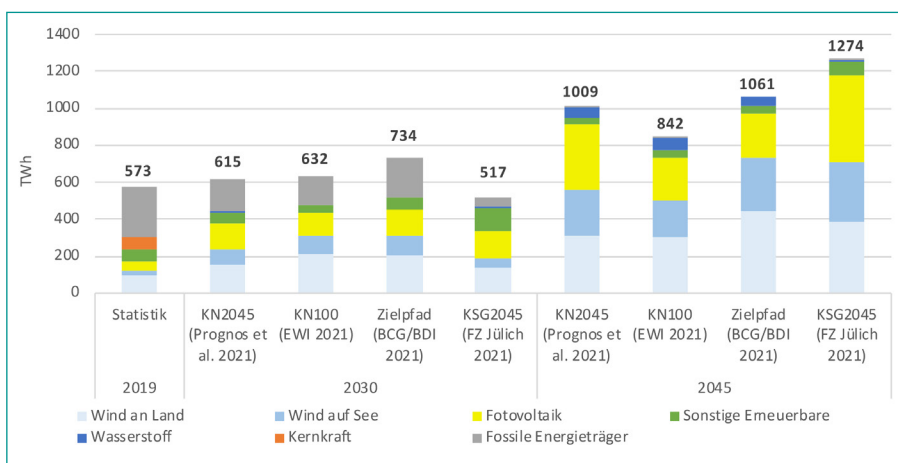


Abb. 3 Inländische Stromerzeugung nach Energieträgern im Jahr 2019 sowie nach den betrachteten Szenarien im Jahr 2045

Hinweis: Die Werte für das Szenario KSG2045 beziehen sich auf die Bruttostromerzeugung, ansonsten handelt es sich um Angaben zur Nettostromerzeugung. Der Unterschied zwischen beiden Größen ist insbesondere im Jahr 2045 gering

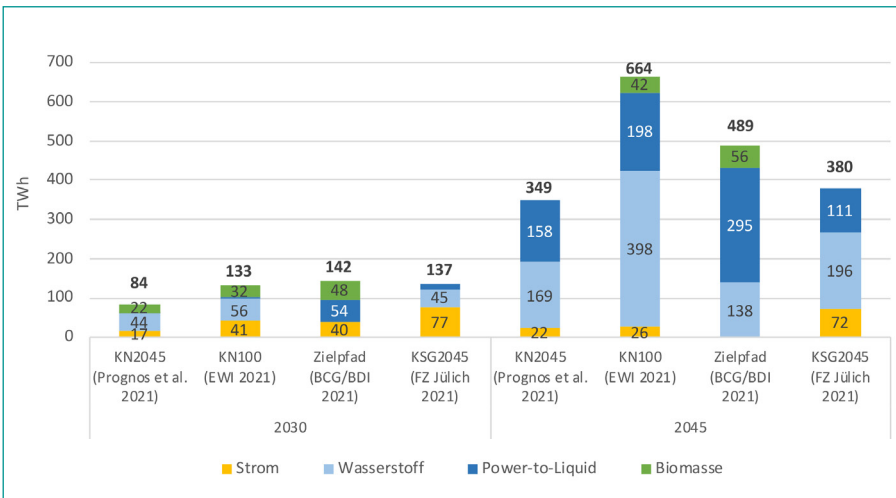


Abb. 4 (Netto-) Import potenziell klimaneutraler Energieträger in den Jahren 2030 und 2045

Für die zukünftigen Importe von Wasserstoff und synthetischen Energieträgern bieten sich Länder bzw. Weltregionen an, die über bessere Wind- oder Sonnenbedingungen und mehr Fläche verfügen als Deutschland. Für den Bezug von Strom sowie von Wasserstoff, der per Pipeline importiert wird, liegen Nord- und Ostsee sowie Skandinavien nahe. Aber auch süd- und osteuropäische Länder sowie Länder in Nordafrika oder dem Nahen Osten kommen hierfür in Frage. Synthetische Energieträger könnten dagegen relativ leicht per Schiff auch z. B. aus Chile oder Australien importiert werden. In zwei der vier hier betrachteten Szenarien (KN100 und KSG2045) werden konkrete Annahmen zu den Anteilen verschiedener Länder bzw. Weltregionen an den importierten klimaneutralen Energieträgern getroffen.

### Begrenzter Einsatz von CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung

In allen betrachteten Szenarien wird eine Abscheidung und anschließende Speicherung von CO<sub>2</sub> in gewissem Umfang als notwendig angesehen, um innerhalb Deutschlands Treibhausgasneutralität zu erreichen (Abb. 5). Die CO<sub>2</sub>-Abscheidung findet u.a. an Industrieanlagen statt, an denen prozessbedingtes CO<sub>2</sub> entsteht, v. a. bei Zementwerken. Zusätzlich wird in einigen Industrieanlagen und Heiz- bzw. Kraftwerken Biomasse verbrannt und das dabei entstehende CO<sub>2</sub> abgeschieden und gespeichert. Dadurch können „negative Emissionen“ realisiert werden, da das gespeicherte CO<sub>2</sub> beim Wachstum der Biomasse aus der Atmosphäre entzogen wurde. Schließlich sehen drei der vier betrachteten Szenarien

auch zusätzlich den Einsatz von Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus der Luft mit anschließender unterirdischer Speicherung vor, um bis 2045 unvermeidbare Restemissionen unter anderem aus der Landwirtschaft zu kompensieren.

Die abgeschiedene CO<sub>2</sub>-Menge ist dabei insbesondere deswegen in den Szenarien KN2045 und KSG2045 deutlich höher als in dem Szenario KN100, da in den beiden erstgenannten Szenarien die möglichen zukünftigen Einsparungen natürlicher Senken in der Landnutzung („LULUCF-Sektor“) nicht in der Treibhausgasbilanz berücksichtigt werden [6]. Entsprechende negative Emissionen können z. B. durch die Aufforstung von Wäldern oder die Wiedervernässung von Mooren realisiert werden. Im Szenario KN100 hingegen werden – basierend auf den entsprechenden Zielen im Bundes-Klimaschutzgesetz – vergleichsweise optimistische Annahmen zur zukünftigen Emissionsminderung durch natürliche Senken getroffen und diese negativen Emissionen werden in der Treibhausgasbilanz des Szenarios auch vollständig berücksichtigt. Neben den ebenfalls unsicheren Annahmen zu den zukünftigen Restemissionen des Landwirtschaftssektors wird folglich der zukünftige Bedarf an CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung stark vom Erfolg der Realisierung negativer Emissionen im Bereich der natürlichen Senken abhängen.

Für den Einsatz von CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung wird der rechtzeitige Aufbau eines CO<sub>2</sub>-Pipelinennetzes notwendig sein, um das abgeschiedene CO<sub>2</sub> zu den Speicherstätten zu transportieren, die voraussichtlich in den niederländischen, britischen und norwegischen Teilen der Nordsee liegen werden.

### Weitere Emissionsminderungsstrategien

Bei einigen weiteren Emissionsminderungsstrategien gibt es grundsätzlich unterschiedliche Einschätzungen in den Szenarien hinsichtlich ihrer zukünftigen Rolle. So findet beispielsweise im Szenario KN2045 im Personenverkehr bis 2045 eine starke Verlagerung auf die Schiene statt, der Anteil der Verkehrsleistung der Schiene steigt gegenüber heute auf mehr als das Doppelte. Im Szenario KSG2045 hingegen bleibt der Anteil nahezu unverändert. Auch das Potenzial einer

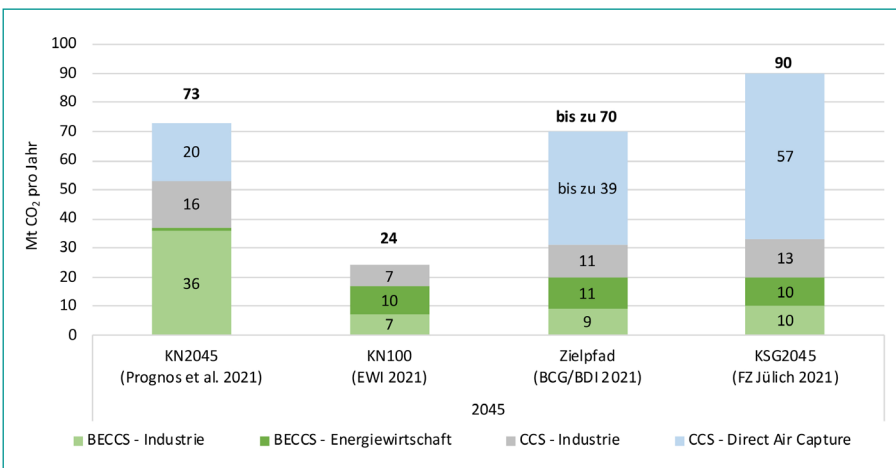


Abb. 5 Abgeschiedene und geologisch gespeicherte CO<sub>2</sub>-Menge im Jahr 2045



Erhöhung der Recyclingraten verschiedener Materialien zur Einsparung von Energie im Industriesektor wird in den Szenarien noch sehr unterschiedlich eingeschätzt.

## Fazit

Der vorangegangene Vergleich von vier aktuellen Szenarien von verschiedenen Auftraggebern bzw. wissenschaftlichen Instituten verdeutlicht, dass es einen breiten Konsens darüber gibt, dass bestimmte Emissionsminderungsstrategien im Energiesystem von zentraler Bedeutung für das Erreichen von Klimaneutralität bis 2045 sein werden. Hieraus lassen sich u.a. die folgenden Erkenntnisse für energie- und klimapolitische Prioritäten ableiten:

- Die Energieeffizienz muss sich in den kommenden gut zwei Jahrzehnten schneller verbessern als in der Vergangenheit. Insbesondere ist hierfür im Gebäudebestand bereits kurzfristig eine deutliche Erhöhung der Sanierungsrate und -tiefe notwendig. Uneinigkeit besteht zwischen den Studien nur, welches Niveau für erreichbar gehalten wird.
- Ein massiv beschleunigter Ausbau von Windenergie an Land und auf See sowie von Photovoltaik ist von zentraler Bedeutung, unabhängig davon, wie die Rolle von Importen klimaneutraler Energieträger eingeschätzt wird.
- Der Import klimaneutraler Energieträger wird zwar in den Szenarien in Bezug auf das Volumen, die dominierende Energieträgerform sowie die Importrouten noch unterschiedlich eingeschätzt, eine sehr aktive Erneuerbaren-Ausbastrategie innerhalb und außerhalb Europas ist jedoch in jedem Fall erforderlich.
- Die Abscheidung und geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> wird notwendig sein, um anderweitig unvermeidbare Emissionen zu verhindern und negative Emissionen (über Biomasse und/oder Luftabscheidung) zu realisieren. Hierfür sollten frühzeitige Überlegungen zur Errichtung einer CO<sub>2</sub>-Pipeline-Infrastruktur und zur Sicherstellung gesellschaftlicher Akzeptanz erfolgen. In den Szenarien beginnt die CO<sub>2</sub>-Abscheidungen und Speicherung um das Jahr 2030 herum mit ersten Demonstrationsanlagen.

Die ebenfalls identifizierten Unterschiede zwischen den Szenarien deuten hingegen auf weiteren Klärungsbedarf hin. Dies umfasst die Frage, an welchen Stellen im Energiesystem Biomasse und Wasserstoff am besten eingesetzt werden sollten und wie weit in den Endenergiesektoren eine direkte Elektrifizierung vorangebracht werden kann, vor allem unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit dem zukünftig regenerativ dominierten Stromsystem. Auch ist noch offen, wie stark mittel- bis langfristig der Ausbau von Wind- und Solarenergie in Deutschland vorangebracht werden und unter welchen Bedingungen eine hohe und gleichzeitig naturverträgliche Erschließung des vorhandenen Potenzials am ehesten gelingen kann.

## Anmerkungen

- [1] Zwei weitere wichtige im Jahr 2021 veröffentlichte Szenariostudien werden hier aus den folgenden Gründen nicht berücksichtigt: Die im Rahmen des vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Projekts „Langfristszenarien“ erschienenen Szenarien erreichen Klimaneutralität erst bis zum Jahr 2050. Im Rahmen des Kopernikus-Projekts Ariadne wurden unter Rückgriff auf verschiedene Gesamtsystem- und Sektormodelle mehrere Szenarien mit Klimaneutralität bis 2045 berechnet. In der entsprechenden Studie steht nicht die Dokumentation eines einzelnen Szenarios im Vordergrund, sondern es werden verschiedene Fragestellungen zum zukünftigen Energiesystem unter Rückgriff auf Ergebnisse mehrerer Modelle dargestellt. Diese Methodik erschwert eine Aufnahme in den vorliegenden Szenariovergleich, der einzelne Hauptszenarien verschiedener Studien gegenüberstellt.
- [2] Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann – Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. [https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021\\_04\\_KNDE45/A-EW\\_231\\_KNDE2045\\_Langfassung\\_DE\\_WEB.pdf](https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf)
- [3] EWI (2021): dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Klimaneutralität 2045 – Transformation der Verbrauchssektoren und des Energiesystems. Herausgegeben von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena). [https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2021/10/211005\\_EWI-Gut-](https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2021/10/211005_EWI-Gut-)

achterbericht\_dena-Leitstudie-Aufbruch-Klimaneutralitaet.pdf

- [4] BCG/BDI (2021): Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. [https://issuu.com/bdi-berlin/docs/211021\\_bdi\\_klimapfade\\_2.0\\_-\\_gesamtstudie\\_-\\_vorabve](https://issuu.com/bdi-berlin/docs/211021_bdi_klimapfade_2.0_-_gesamtstudie_-_vorabve)
- [5] FZ Jülich (2021): Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045 – Kurzfassung. [https://www.fz-juelich.de/iek/iek-3/DE/\\_Documents/Downloads/transformationStrategies2045ShortStudy.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.fz-juelich.de/iek/iek-3/DE/_Documents/Downloads/transformationStrategies2045ShortStudy.pdf?__blob=publicationFile)
- [6] Im Szenario Zielpfad wird offengelassen, inwieweit die dort notwendigen 39 Mt CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr 2045 durch natürliche Senken oder durch Luftabscheidung und Speicherung reduziert werden.

*Dr. S. Samadi, Senior Researcher, Prof. Dr. S. Lechtenböhrer, Abteilungsleiter, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie*  
[sascha.samadi@wupperinst.org](mailto:sascha.samadi@wupperinst.org)

## Hinweis

Dieser Artikel wurde im Rahmen des Projekts SCI4climate.NRW verfasst, das vom Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert wird. Auf der Website des Projekts finden sich auch weitere Szenariovergleiche, die die hier skizzierten Ergebnisse ergänzen bzw. detaillieren.

> PRINT  
> ONLINE  
> DIGITAL

Weitere Informationen unter:

[www.et-magazin.de](http://www.et-magazin.de)