

Methodik und Vorgehensweise

Mit der vom Forschungszentrum Jülich (IEK-3) entwickelten und für diese Analyse eingesetzten Modellfamilie ist es möglich, Energieflüsse in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung zu modellieren sowie kostenoptimal unter der Vorgabe von Treibhausgasreduktionszielen zu berechnen. Die entwickelten Modelle werden miteinander gekoppelt und iterativ eingesetzt, sodass die jeweiligen Stärken der entsprechenden Modelle zum Tragen kommen.

Im Gegensatz zu vielen anderen Studien ermöglicht das Vorgehen nicht nur die pauschale Angabe von Potenzialen. Vielmehr lassen sich szenarioabhängig die kosteneffizientesten Potenziale mit sehr hoher räumlicher Auflösung standortscharf angeben.



Martin Robinius | Peter Markewitz | Peter Lopion | Felix Kullmann | Philipp-Matthias Heuser | Konstantinos Syranidis | Simonas Cerniauskas | Markus Reuß | Severin Ryberg | Leander Kotzur | Dilara Caglayan | Lara Welder | Jochen Linßen | Thomas Grube | Heidi Heinrichs | Peter Stenzel | Detlef Stolten

Institut für Energie- und Klimaforschung:
Techno-ökonomische Systemanalyse (IEK-3)
Forschungszentrum Jülich GmbH | D-52425 Jülich

WEGE FÜR DIE ENERGIEWENDE

ERGEBNISSE IM ÜBERBLICK

Kosteneffiziente und klimagerechte Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050

KONTAKT

Dr. Martin Robinius, Prof. Dr. Detlef Stolten
Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung:
Techno-ökonomische Systemanalyse (IEK-3)

m.robinius@fz-juelich.de
d.stolten@fz-juelich.de

Die Studie beantwortet die Frage, mit welcher schlüssigen und kosteneffizienten Strategie sich die Klimaschutzziele Deutschlands für das Jahr 2050 erreichen lassen.

Das Wissenschaftlerteam des Forschungszentrums Jülich hat für die Studie eine neuartige Familie von Computermodellen entwickelt. Diese bildet die deutsche Energieversorgung mit ihren Erzeugungspfaden, Erzeugungskapazitäten, Wechselwirkungen und Kosten ab. Dabei zeichnet sie sich durch eine große zeitliche und räumliche Detailtiefe aus. Mit den Modellen ist es zum Beispiel möglich, Konzepte für zukünftige gekoppelte Energieinfrastrukturen für Strom, Gas (Erdgas und Wasserstoff) und Wärme zu beurteilen sowie den Ausbau von Windkraft und Photovoltaik auch auf regionaler Ebene zu analysieren. Darüber hinaus können zukünftige internationale Import- und Export-Verflechtungen (beispielsweise Power-to-X-Kraftstoffe, Wasserstoff) simuliert und die Größenordnung sowie die Auswirkungen möglicher Energieimporte und Energieexporte abgeschätzt werden.

Ziel der Bundesregierung ist es, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95 Prozent zu verringern. Die Modellanalyse wurde für die beiden Eckpunkte dieses Zielkorridors – 80 und 95 Prozent – durchgeführt.

80

SZENARIO 80

95

SZENARIO 95

Die Analysen zeigen,

1. dass eine Minderung der Treibhausgasemissionen um 80 Prozent bis 2050 machbar ist – sowohl aus technischer als auch ökonomischer Perspektive.
2. dass eine Steigerung des Reduktionsziels auf 95 Prozent deutlich anspruchsvoller und aus technischer und wirtschaftlicher Sicht eine Herausforderung ist. Dennoch lässt sie sich ökonomisch und technisch darstellen.
3. dass sich die kostengünstigsten Reduktionsstrategien je nach Zielvorgabe für das Jahr 2050 erheblich voneinander unterscheiden. Maßnahmen, die sich für das Erreichen eines 80 Prozent-Ziels als wirtschaftlich vorteilhaft erweisen, sind nicht zwingend Bestandteil einer Reduktionsstrategie, die zu einer 95 Prozent Minderung führt. In Einzelfällen können sie sogar kontraproduktiv sein.
4. dass die Reduktionsmaßnahmen dazu führen, dass die konventionellen Energieimporte nahezu komplett zurückgehen. Um das Reduktionsziel von 95 Prozent kostengünstig zu erreichen, sind jedoch Energieimporte auf Basis erneuerbarer Energien (Power-to-X-Kraftstoffe und Wasserstoff) notwendig.



Download Studie

FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH (IEK-3)

Wege für die Energiewende

Entsprechend den Zielen des Pariser Klimaabkommens hat sich Deutschland verpflichtet, bis zum Jahr 2050 klimaneutral zu sein. Die nächste Runde der Investitionsmaßnahmen der Industrie stellt die Weichen dafür, ob die gesetzten Klimaschutzziele erreicht werden können. Alle kurz- bis mittelfristig anstehenden Maßnahmen zur Treibhausgasreduzierung sollten sich bereits heute auf das 95 Prozent-Ziel ausrichten. Sogenannte „Win-Win-Maßnahmen“, die sich sowohl im 80-Prozent- als auch im 95-Prozent-Szenario als besonders kosteneffizient erweisen, sollten vorrangig umgesetzt werden.

Sofortiger forcierter Ausbau Erneuerbarer Energien für die Stromerzeugung

Die Substitution fossiler Energieträger führt zu einer zunehmenden Elektrifizierung in allen Verbrauchssektoren. Eine CO₂-freie Stromversorgung ist daher Grundvoraussetzung. Wind sowie Photovoltaik sind die entscheidenden Quellen. Sie sind das Rückgrat der zukünftigen Stromerzeugung. Für das Gelingen der Energiewende ist es nötig, dass bereits ab 2020 jährlich Anlagen mit einer Kapazität von durchschnittlich 6,6 GW für die Windenergie und 3,9 GW für die Photovoltaik zugebaut werden. Beide Zahlen liegen um ein Vielfaches über den 2018 und 2019 erzielten Ausbauraten.

Bis 2035 Energieeffizienz massiv verbessern, ab 2035 mit hoher Dynamik die Einführung elektrischer Anwendungen forcieren

Energieeffiziente Maßnahmen spielen in beiden Szenarien in allen Verbrauchssektoren eine herausragende Rolle und sind entscheidend dafür, dass die Minderungsziele erreicht werden. In vielen Fällen handelt es sich um „Win-Win-Maßnahmen“, die für beide Transformationsstrategien (80 Prozent- und 95 Prozent-Reduktion) benötigt werden. Dies gilt insbesondere für den Gebäudesektor. Da die Stromerzeugung bis zum Jahr 2035 noch zu einem erheblichen Anteil auf fossilen Energieträgern basiert und strombasierte Maßnahmen bis dahin noch einen relativ hohen CO₂-Fußabdruck besitzen, sollten in den 2020er und 2030er Jahren in allen Sektoren verstärkt und vordringlich Effizienzmaßnahmen umgesetzt werden. Danach gilt es, forciert bis 2050 alle noch auf fossile Energieträger basierenden Technologien auf den Einsatz von Strom und Bioenergie umzustellen. In einigen Bereichen ist es aufgrund der langen Investitionszyklen (z.B. in der Stahlindustrie) erforderlich, früher mit dem Umstieg auf CO₂-freie Prozessrouten zu beginnen.

Steigende Bedeutung von Wasserstoff im SZENARIO 95

Aufgrund seiner vielfältigen Einsatzmöglichkeiten spielt der Energieträger Wasserstoff im SZENARIO 95 insbesondere in den

Sektoren Energie, Verkehr und Industrie eine große Rolle. Die Umsetzung des SZENARIO 95 erfordert es, Langzeitspeicher auf der Basis von Wasserstoff zu nutzen (Umwidmung von Erdgassalzkavernenspeichern). Insgesamt beläuft sich die Wasserstoffnachfrage im Jahr 2050 auf knapp 12 Mio. Tonnen. Diese wird zu mehr als 50 Prozent aus heimischer Elektrolyseproduktion und darüber hinaus durch Importe gedeckt. Da es sehr lange dauert, Infrastrukturmaßnahmen zu verwirklichen, sollte rechtzeitig damit begonnen werden, eine geeignete Wasserstoffinfrastruktur (Speicher, Pipelines, Anlandeterminale) zu entwerfen und zu planen.

Keine „All-Electric-World“ sondern Diversifikation von Energieträgern

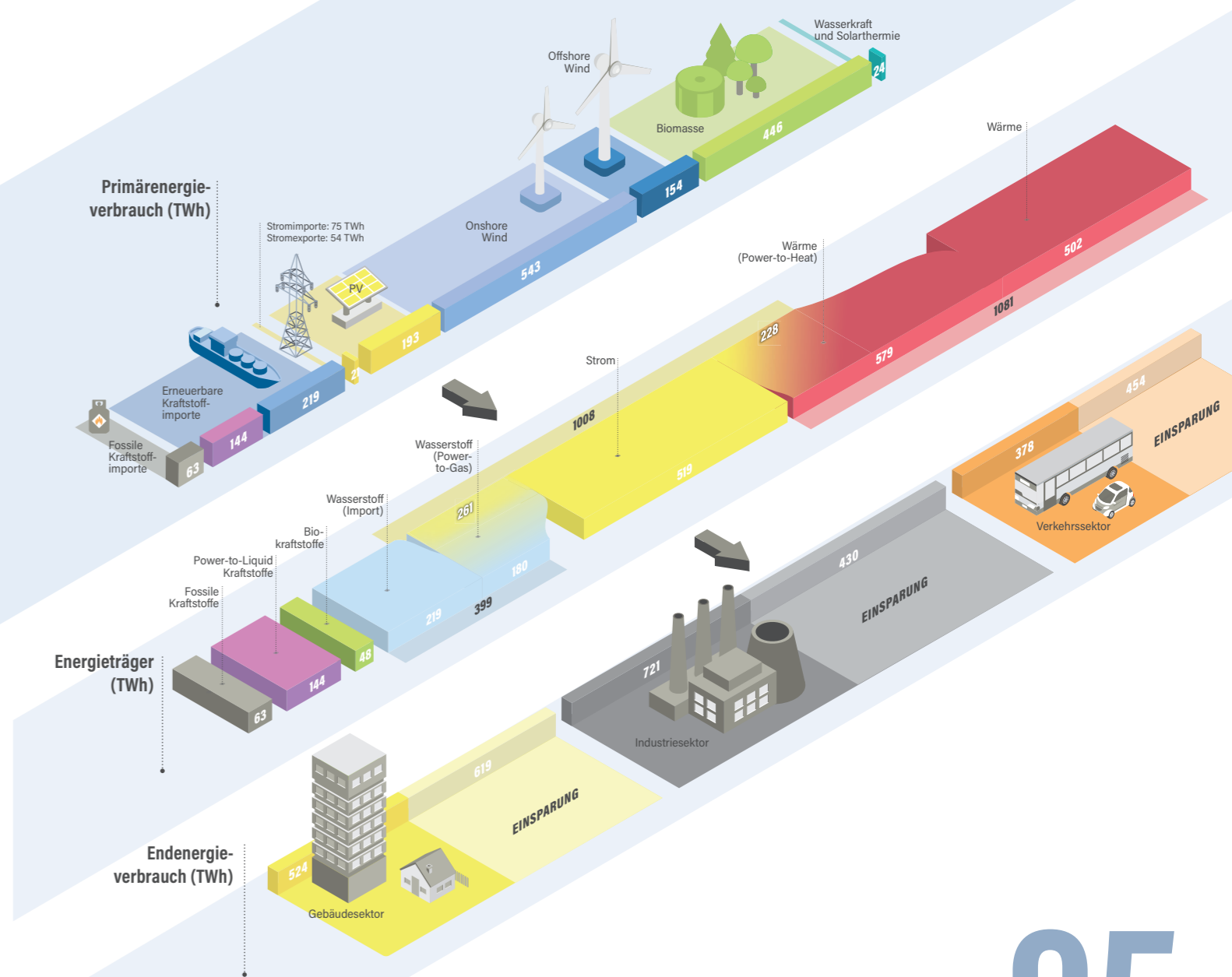
Ein Viertel des Primärenergieaufkommens wird im Jahr 2050 im SZENARIO 95 mittels Biomasse und Biogas abgedeckt. Bioenergie ist flexibel für verschiedenste Anwendungen (Wärme, Strom, Mobilität) nutzbar. So ermöglicht der Einsatz von Biomasse z.B. eine steuerbare Stromerzeugung. Um genügend Biomasse zur Verfügung zu haben, muss die heute für den Biomasseanbau genutzte Ackerfläche für den zusätzlichen Anbau verdoppelt werden. Die Gefahr einer Teller-Tank-Problematik besteht nicht.

Klimaneutraler Verkehr

Die Pkw-Flotte wird zukünftig durch batterieelektrische Antriebe sowie Brennstoffzellenfahrzeuge dominiert. Fachpublikationen und Hersteller beziffern die Produktionskosten dieser Antriebe so unterschiedlich, dass sich aus wirtschaftlicher Sicht aktuell keiner der Antriebe eindeutig favorisieren lässt. Die Ergebnisse zeigen ferner, dass eine rein effizienzgetriebene Auswahl zu kurz greift. Zukünftige Entwicklungsstrategien für den Pkw-Antrieb sollten daher möglichst technologieoffen sein. Die weiterhin steigende Güterverkehrsnachfrage erfordert neben CO₂-freien Antrieben (Brennstoffzellen) auch, einen Teil des Gütertransports von der Straße auf die Schiene zu verlagern. Hierfür sind neue Verkehrs- und Logistikkonzepte nötig.

Jährliche Mehrkosten in der Höhe der Kosten der heutigen Energieimporte

Die jährlichen Kosten für den Umbau der Energieversorgung steigen bis 2050 stetig an. Im Zieljahr 2050 liegen sie dann für das SZENARIO 80 bei rund 49 Mrd. Euro. Demgegenüber stehen 128 Mrd. Euro im Szenario 95. Bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt, das in den Modellanalysen der Studie für das Jahr 2050 angenommen wird, betragen die Anteile 1,1 Prozent (SZENARIO 80) bzw. 2,8 Prozent (SZENARIO 95). In der Größenordnung entsprechen die jährlichen Mehrkosten den derzeitigen deutschen Aufwendungen für Energieimporte, die 2018 etwa 1,9 Prozent des Bruttoinlandsprodukts betragen.



95
SZENARIO 95
2050

Energiebilanz im Jahr 2050