

## STUDIE

Energieperspektiven 2030 – Welche Maßnahmen zur Transformation des deutschen Energiesystems müssen bis 2030 umgesetzt werden, was muss bis 2030 vorbereitet sein?

Detlef Stolten, Felix Kullmann, Thomas Schöb, Rachel Maier, Patrick Freitag, Kai Schulze, Gian Müller, Jochen Linßen

## KONTAKT

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

### Dr.-Ing. Felix Kullmann

E-Mail: [f.kullmann@fz-juelich.de](mailto:f.kullmann@fz-juelich.de)

### Prof. Dr.-Ing. Detlef Stolten

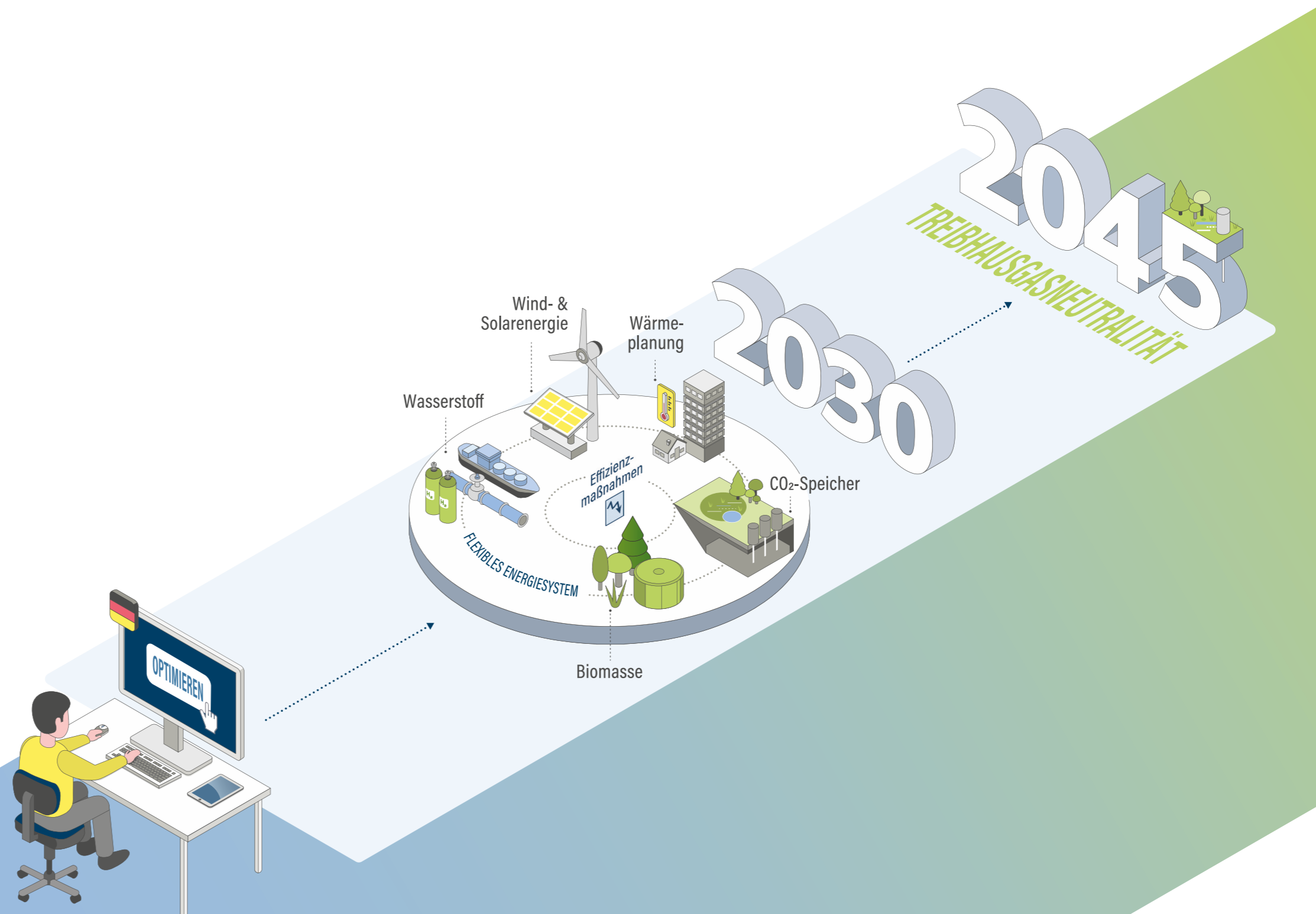
E-Mail: [d.stolten@fz-juelich.de](mailto:d.stolten@fz-juelich.de)

# ENERGIEPERSPEKTIVEN 2030

Welche Maßnahmen zur Transformation des deutschen

Energiesystems müssen bis 2030 umgesetzt werden,

was muss bis 2030 vorbereitet sein?



## Energieperspektiven 2030

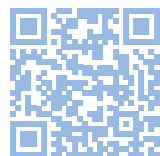
Diese Studie untersucht, welche Maßnahmen bis 2030 umgesetzt oder vorbereitet werden müssen, um die Treibhausgasneutralität für Deutschland im Jahr 2045 zu erreichen.

Systemanalytiker\*innen des Forschungszentrums Jülich haben für die Studie eigene Computermodelle entwickelt. Diese ermöglichen eine wissenschaftlich fundierte Analyse von kosteneffizienten Strategien und Maßnahmen zum Erreichen der Treibhausgasminderungsziele. Mithilfe der Modelle lässt sich die deutsche Energieversorgung mit ihren Erzeugungspfaden und all ihren Wechselwirkungen in stündlicher Auflösung abbilden. Die Computermodellierungen ermöglichen Erkenntnisse über das gesamte Energiesystem mit Kopplung aller Energiesektoren. Das betrifft die relevanten Energieträger Strom, Erdgas, Wasserstoff, Wärme sowie deren Erzeugungstechniken und Nachfragen. Dabei wird im Gleichgewicht das Kostenoptimum des Energiesystems ermittelt.

Die Studie fokussiert auf das Jahr 2030 auf dem Weg zur Treibhausneutralität 2045. Im Gegensatz zu den beiden Vorgängeranalysen<sup>1</sup> des Instituts, die die Zielausrichtung 2045 beziehungsweise 2050 in den Blick genommen hatten. Was ist bis 2030 nötig, um die Treibhausgasneutralität 2045 zu erreichen? Welche Strategien gehen auf und wo müssen zusätzliche Maßnahmen eingeleitet werden? Welche Rahmenbedingungen müssen gegebenenfalls angepasst werden?

### Unsere Analysen zeigen,

1. dass das Erreichen von **Treibhausgasneutralität** im Jahr 2045 **noch immer möglich ist** – sowohl aus technischer als auch ökonomischer Perspektive.
2. dass **bis 2030 wichtige Maßnahmen umgesetzt und Weichen gestellt** werden müssen, wenn Netto-Null bis 2045 erreicht werden soll.
3. dass **Biomasse** bis 2030 ein wichtiger **Ersatz für fossile Energieträger** sein wird, und dass sie ab 2040 eine zusätzliche, entscheidende Rolle für die Erzeugung von negativen Emissionen einnehmen sollte.



<sup>1</sup>Kosteneffiziente und klimagerechte Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050 (2019)  
Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045 (2021)



### Fahrplan zu Netto-Null

Um die Ziele des deutschen Klimaschutzgesetzes einzuhalten, müssen bereits bis zum Jahr 2030 umfangreiche Maßnahmen in allen Sektoren umgesetzt werden. Zudem müssen bis dahin zwingend Voraussetzungen für die nächsten Schritte geschaffen werden, damit das Ziel der Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 noch erreicht werden kann.

### Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen

Steigerung der Energieeffizienz in allen Sektoren ist ein Grundpfeiler einer treibhausgasneutralen Energieversorgung. Im Vergleich zum Jahr 2008 lassen sich etwa 15 Prozent des Endenergiebedarfs bis zum Jahr 2030 kosteneffizient mindern; bis 2045 sind dies 25 Prozent. Insbesondere durch die zunehmende Elektrifizierung in allen Sektoren steigt die Energieeffizienz. Trotzdem steigt der Stromverbrauch bis 2030 um 25 Prozent auf 640 TWh und bis 2045 um 150 Prozent auf 1275 TWh bezogen auf das Vor-Corona-Jahr 2019.

Das Ziel des kürzlich beschlossenen Energieeffizienzgesetzes den Endenergiebedarf bis 2045 bezogen auf 2008 um 45 Prozent zu senken, ist bei weiteren Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum nur mit zusätzlichen kostentreibenden Maßnahmen gegenüber dem kostenoptimierten Szenario zu erreichen. Im Modell lässt sich das Energieeffizienzziel auf dem kostenoptimalen Pfad bei einem jährlichen negativen Wirtschaftswachstum von einem Prozent erreichen. Dies zeigt, dass vielmehr die erneuerbare Energiebereitstellung im Fokus steht, als ein absoluter Grenzwert des Endenergiebedarfs.

### Flexibilität des Energiesystems

Mit dem Wegfall von Kohle- und Kernkraftwerken müssen alternative flexible Kraftwerke zur Bereitstellung des Stroms in Zeiten geringer erneuerbarer Einspeisung aufgebaut werden. Bis zum Jahr 2030 sind das vor allem wasserstoffbetriebene Gaskraftwerke mit einer Leistung von etwa 6 Gigawatt. Ebenso wichtig ist es Langzeitspeicher aufzubauen. Sie dienen dem saisonalen Ausgleich von Solar- und Windenergie und kompensieren kalte Dunkelflauten. Diese Funktion nehmen hauptsächlich Wasserstoffspeicher ein. Bis zum Jahr 2030 sollten bereits vorhandene geologische Erdgasspeicher teilweise auf die Nutzung mit Wasserstoff umgewidmet werden. Zudem wird es zukünftig gesamtwirtschaftlich sinnvoll Technologien der Sektorkopplung, wie Elektrolyseure und Wärmepumpen flexibel zu betreiben. Sie tragen zukünftig entscheidend zur effektiven Nutzung des volatilen Stromangebotes Erneuerbarer Energien bei.

### Wind- und Solarenergie

Die Substitution fossiler Energieträger führt zu einer zunehmenden Elektrifizierung der deutschen Energieversorgung in allen Sektoren. Dadurch steigt der Stromverbrauch bis 2030 um 25 Prozent auf 640 TWh. Der Umbau der deutschen Stromversorgung hin zu einer CO<sub>2</sub> freien, erneuerbar geprägten Stromerzeugung ist daher eine der wesentlichen Grundvoraussetzungen für das Erreichen von Treibhausgasneutralität. Die Dimension des erforderlichen Zubaus auf 700 Gigawatt Photovoltaik und Wind im Jahr 2045 sowie der kurze noch zur Verfügung stehende Handlungsspielraum erfordern eine Beschleunigung des Ausbaus Erneuerbarer Energien.

Um minimale Kosten zu erreichen, liefert das Modell bis 2030 hohe jährliche Zubauraten von mindestens 8 Gigawatt Onshore-Windkraftanlagen und 17 Gigawatt Photovoltaik. Auch dem Zubau von Offshore-Windkraftanlagen kommt aufgrund der fast doppelt so hohen Volllaststunden gegenüber Onshore-Windkraftanlagen eine erhebliche Bedeutung zu. Bis 2045 sollten jährlich mindestens 3 Gigawatt Offshore-Windkraftanlagen zugebaut werden. Dies erfordert, dass die derzeitigen Ausbauraten von etwa 2 Gigawatt pro Jahr für Windkraft insgesamt und knapp 8 Gigawatt pro Jahr für Photovoltaik um das 2- bis 4-fache angehoben werden.

### Wärmeplanung

Wärmepumpen stellen die kosteneffizienteste Heizungstechnologie dar und müssen bereits im Jahr 2030 etwa 21 Prozent des Raumwärmebedarfs decken. Im Modell steigt dieser Anteil bis zum Jahr 2045 auf über 80 Prozent. Um die Wärmepumpen möglichst effizient zu betreiben, sind Wärmespeicher in Gebäuden und Wärmenetzen in großem Maße auszubauen. Genauso wichtig für die deutsche Wärmewende ist allerdings eine verstärkte Sanierung der Bestandsgebäude mit einer Sanierungsrate von durchschnittlich 1,8 Prozent pro Jahr. Erst sollten die Gebäude saniert werden, bevor die Wärmeerzeuger wie Gas- und Ölkessel durch Wärmepumpen ersetzt werden. Dieses sollte in der Förderung berücksichtigt werden. Ist die Gebäudehülle nicht sanierbar, kann die Effizienz der Wärmepumpen durch einen Austausch der Heizkörper gesteigert werden, sodass sie auch dort eine kosteneffektive Heizungstechnik darstellen können.

### Wasserstoff

Bis zum Jahr 2030 müssen entscheidende Weichen gestellt werden, um die Nachfrage nach Wasserstoff von 80 TWh entsprechend 2,4 Mio. Tonnen zu decken. Diese wird ab dem Jahr 2035 rapide ansteigen und 480 TWh im Jahr 2045 erreichen. Das Modell erfordert im kosteneffizienten Fall den Hochlauf der heimischen Elektrolysekapazitäten auf 6 Gigawatt im Jahr 2030. Damit ließen sich 30 Prozent des deutschen Wasserstoffbedarfes decken und es wären somit 70 Prozent Wasserstoff zu importieren. Entsprechende Importpfade und -kapazitäten sind zu schaffen. Übergangsweise können der Import von blauem Wasserstoff und Importe in Form von Ammoniak geeignete Optionen darstellen, um die deutsche Wasserstoffnachfrage zu decken. Für ein treibhaus-

gasneutrales Energiesystem im Jahr 2045 stellt der Import von grünem Wasserstoff via Pipelines aus europäischen Nachbarländern und Nordafrika jedoch die kostengünstigere Möglichkeit dar. Es gilt daher Abhängigkeiten von langfristig suboptimalen Importpfaden zu vermeiden.

Außerdem sind unverzüglich Rahmenbedingungen für den Aufbau von Wasserstoffgasturbinen zu schaffen, da im Jahr 2045 bis zu 90 Gigawatt an installierter Turbinenleistung benötigt werden, um eine sichere Stromversorgung in Flautezeiten zu gewährleisten.

### Biomasse

Bis 2030 werden etwa 14 Prozent des Primärenergieverbrauchs durch Biomasse gedeckt. Sie ist damit eine wichtige Säule der zukünftigen Energieversorgung – bis 2045 wird sie auf 20 Prozent steigen. Um genügend Biomasse zur Verfügung zu haben, muss das bisher unererschlossene Potenzial an biogenen Abfall- und Reststoffen gehoben und die heute für den Biomasseanbau genutzte Fläche bis 2030 vergrößert werden. In diesem Maße stehen ausreichend Flächen zum Anbau von Energiepflanzen ohne Konkurrenz zur Nahrungsmittelkette zur Verfügung. Vor allem bei der Prozesswärmeerzeugung kommt der Biomassenutzung in der Industrietransformation ab 2030 eine entscheidende Rolle zu. Annähernd 20 Prozent des industriellen Endenergiebedarfs werden durch Biomasse bereitgestellt.

### CO<sub>2</sub>-Speicherung

Das Ziel der Treibhausgasneutralität kann nicht ohne CO<sub>2</sub> Abscheidung und dauerhafte Speicherung von CO<sub>2</sub> erreicht werden. Dieser Bedarf entsteht durch unvermeidbare Emissionen aus stofflicher Produktion wie beispielsweise aus der Zementproduktion sowie schwer und nur unter sehr hohen Kosten vermeidbaren Emissionen. Im Jahr 2045 verbleiben dadurch Restemissionen in Höhe von 71 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>, die im Modell kostenoptimal durch negative Emissionen in gleicher Höhe ausgeglichen werden. Dafür sind bereits bis zum Jahr 2030 geeignete Speicherstätten für das entnommene CO<sub>2</sub> zu identifizieren und die gesetzlichen Rahmenbedingungen für die dauerhafte CO<sub>2</sub>-Speicherung zu schaffen. Um im Jahr 2045 diese negativen Emissionen und zusätzlich CO<sub>2</sub> für die stoffliche Nutzung in der Industrie bereitstellen zu können, sind sowohl die CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus biomassengefeuerten Kraftwerken in Höhe von 58 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> als auch die direkte Abscheidung von 39 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre erforderlich. Hierfür stehen derzeit keine Fördermechanismen zur Verfügung.

