

Kendziorski, Mario et al.

**Article**

## Atomwende: Abschaltung von Kernkraftwerken eröffnet Perspektiven für die Endlagersuche

DIW Wochenbericht

**Provided in Cooperation with:**

German Institute for Economic Research (DIW Berlin)

*Suggested Citation:* Kendziorski, Mario et al. (2021) : Atomwende: Abschaltung von Kernkraftwerken eröffnet Perspektiven für die Endlagersuche, DIW Wochenbericht, ISSN 1860-8787, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin, Vol. 88, Iss. 47, pp. 767-774, [https://doi.org/10.18723/diw\\_wb:2021-47-1](https://doi.org/10.18723/diw_wb:2021-47-1)

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/248533>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

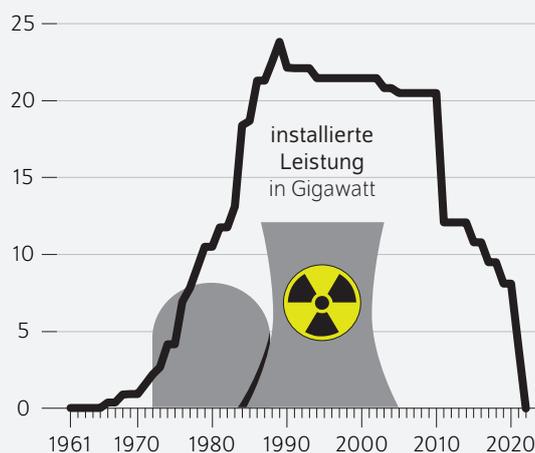
*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

## Atomwende: Abschaltung von Kernkraftwerken eröffnet Perspektiven für die Endlagersuche

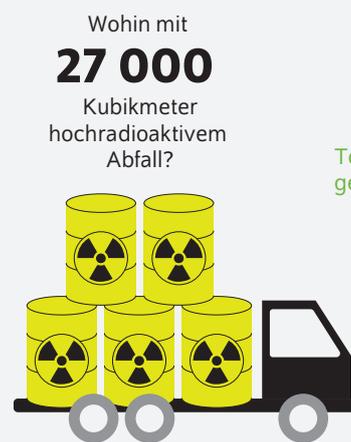
Von Mario Kendzioriski, Claudia Kemfert, Fabian Präger, Christian von Hirschhausen, Robin Sogalla, Björn Steigerwald, Ben Wealer, Richard Weinhold und Christoph Weyhing

- Die Abschaltung der verbleibenden sechs Kernkraftwerke in Deutschland ist energiewirtschaftlich unproblematisch
- Kurz- und Mittelfristig sind ausreichend Kapazitäten vorhanden und die Versorgungssicherheit bleibt gewährleistet
- Ein Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist zu erwarten, dem mit beschleunigtem Ausbau der Erneuerbaren begegnet werden muss
- Die Abschaltung ist eine notwendige Bedingung für ein erfolgreiches Standortauswahlverfahren für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle
- Europaweit sollten Subventionen für Kernkraft gestrichen und nicht neu eingeführt werden

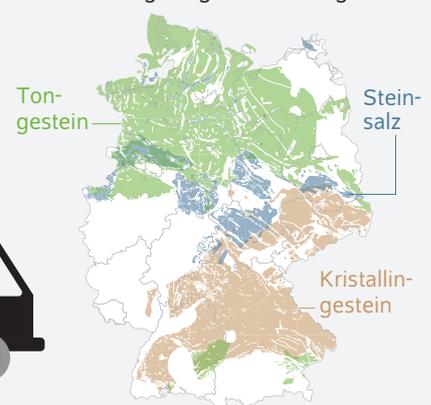
### Atomwende: Übergang von Kernkraftwerken zur Endlagersuche



Quellen: Eigene Darstellung basierend auf der PRIS Datenbank der IAEA, abgerufen am 01.11.2021; Bundesgesellschaft für Endlagerung.



Günstige Teilgebiete für ein tiefengeologisches Endlager



© DIW Berlin 2021

### ZITAT

„Die Abschaltung der letzten sechs Kernkraftwerke beendet einen historischen Versuch mit einer gefährlichen und teuren Energiequelle in Deutschland. Eine Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit ist nicht zu erwarten. Der Fokus muss jetzt auf die nächsten Schritte der Atomwende gerichtet werden, vor allem die sichere Endlagerung von radioaktiven Abfällen.“ — Christian von Hirschhausen —

### MEDIATHEK



Audio-Interview mit Christian von Hirschhausen  
[www.diw.de/mediathek](http://www.diw.de/mediathek)

# Atomwende: Abschaltung von Kernkraftwerken eröffnet Perspektiven für die Endlagersuche

Von Mario Kendzioriski, Claudia Kemfert, Fabian Präger, Christian von Hirschhausen, Robin Sogalla, Björn Steigerwald, Ben Wealer, Richard Weinhold und Christoph Weyhing

## ABSTRACT

Mit der Abschaltung der verbleibenden sechs Kernkraftwerke geht die kommerzielle Nutzung zur Stromerzeugung in Deutschland 2022 zu Ende. Angesichts ausreichender Kapazitäten – 2020 exportierte die deutsche Stromwirtschaft mit 20 Terawattstunden ungefähr vier Prozent ihrer Stromproduktion – und der Einbindung in das europäische Stromsystem sind keine Beeinträchtigungen der Versorgungssicherheit zu befürchten. Auch die Auswirkungen auf Stromflüsse und lokale Angebots- und Nachfragesituationen werden nach Modellrechnungen gering bleiben. Die Abschaltung der noch laufenden Kernkraftwerke ist auch eine notwendige Bedingung für die Akzeptanz der Endlagerung radioaktiver Abfälle, welche nach mehreren erfolglosen Anläufen mit dem Standortauswahlgesetz von 2017 nunmehr konkret auf der Tagesordnung steht und bis 2031 entschieden werden soll. Weitere Schritte der Atomwende beinhalten die Streichung von bestehenden und die Vermeidung neuer Subventionen.

Entsprechend der 13. Novelle des Atomgesetzes 2011 gehen Ende des Jahres 2021 die Kernkraftwerke Brokdorf, Grohnde und Gundremmingen C mit insgesamt etwa 4 Gigawatt (GW) Nettoleistung vom Netz.<sup>1</sup> Ende 2022 folgt die Schließung der drei verbleibenden Kraftwerke in Neckarwestheim, Isar 2 sowie Emsland mit zusammen etwa 4 GW. Insgesamt handelt es sich damit um eine Kraftwerksleistung von 8 GW. Mit dieser Leistung wurden 2020 11,3 Prozent der deutschen Stromerzeugung erzeugt.<sup>2</sup>

Die kommerzielle Kernkraft wurde in der Nachkriegszeit in der Hoffnung entwickelt, neben der militärischen Nutzung auch eine friedliche Nutzung zur Stromerzeugung zu ermöglichen.<sup>3</sup> Allerdings ist die Kernkraft niemals in den Bereich wirtschaftlicher Wettbewerbsfähigkeit vorgedrungen.<sup>4</sup> Insbesondere ist der Übergang zur schnellen Brütertechnologie, auf der die ursprünglichen Hoffnungen für eine wirtschaftliche Nutzung beruhten, nicht zustande gekommen.<sup>5</sup> Daher ist der Bau von Kernkraftwerken in Deutschland nach einer ersten Phase der Euphorie bereits in den 1980er Jahren zum Stillstand gekommen (Abbildung 1). Der Atomkompromiss zum Ende der kommerziellen Nutzung der Kernenergie aus dem Jahr 2002 wurde nach erheblichen Auseinandersetzungen und der kurzzeitigen Laufzeitverlängerung 2011 bestätigt und konkrete Abschaltpläne für Kernkraftwerke vorgegeben.

Bisher hatte die Abschaltung von Kernkraftwerken in Deutschland keine wesentlichen Auswirkungen auf die

<sup>1</sup> Deutscher Bundestag (2011): Dreizehntes Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes. G5702, Teil I, Nr. 43. Bundesgesetzblatt (online verfügbar, abgerufen am 3. November 2021). Dies gilt auch für alle anderen Online-Quellen dieses Berichts, sofern nicht anders vermerkt.

<sup>2</sup> Siehe AG Energiebilanzen (2021): Stromerzeugung nach Energieträgern 1990–2020 (online verfügbar).

<sup>3</sup> Joachim Radkau und Lothar Hahn (2013): Aufstieg und Fall der deutschen Atomwirtschaft, München.

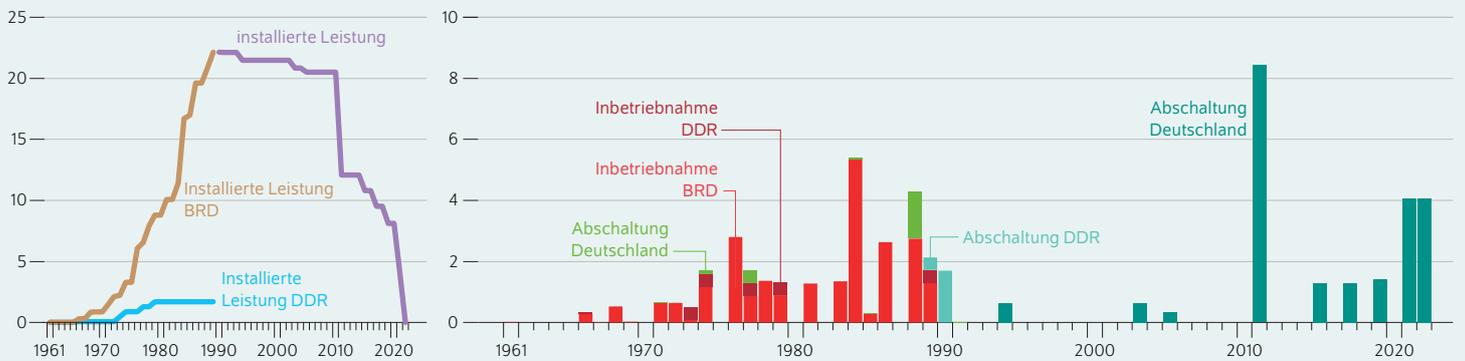
<sup>4</sup> Siehe die Analysen von Fritz Baade (1958): Welt-Energiewirtschaft: Atomenergie – Sofortprogramm oder Zukunftsplanung, Kapitel 4. Hamburg; Lucas W. Davis (2012): Prospects for Nuclear Power. *Journal of Economic Perspectives* 26 (1), 49–66, (online verfügbar); sowie Ben Wealer et al (2021): Investing into third generation nuclear power plants – Review of recent trends and analysis of future investments using Monte Carlo Simulation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 143 (online verfügbar).

<sup>5</sup> Joachim Radkau (1983): Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945–1975: Verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse. Reinbek bei Hamburg.

Abbildung 1

Entwicklung der Kernkraft in Deutschland (1961–2022)

In GWe



Quellen: Eigene Darstellung basierend auf der PRIS Datenbank der IAEA, abgerufen am 01.11.2021.

© DIW Berlin 2021

Starker Anstieg des Kernkraftbaus in den 1970/1980er Jahren, starker Abfall seit 2011.

Stromflüsse und die Versorgungssicherheit.<sup>6</sup> Dies gilt selbst für die Abschaltung von sechs älteren Kernkraftwerken im März 2011, bei der der Strompreis nach einem kurzen Anstieg von einigen Euro pro Megawattstunde (MWh) wieder auf sein ursprüngliches Niveau zurückfiel. Zudem zeigen kürzlich veröffentlichte Studien, dass der Ausbau erneuerbarer Energieträger kostengünstiger als der Ausbau der Atomenergie ist.<sup>7</sup> Dies beruht nicht zuletzt auf der mangelnden Zuverlässigkeit von Kernkraftwerken, die den Betrieb aufgrund von regelmäßigen Brennstoffwechseln oder technischen Problemen unterbrechen müssen.<sup>8</sup>

Mit der Abschaltung der letzten sechs Kernkraftwerke werden zwar Risiken dieser Technologie für Mensch und Umwelt in Deutschland reduziert, jedoch ist der „Atomausstieg“ noch lange nicht beendet. Es verbleiben vielmehr nukleare Risiken, die weitere konsequente Schritte erfordern, nicht nur in Deutschland, sondern auch in Europa und weltweit. Diese Schritte werden vom Bundesumweltministerium in 12 konkreten Aktionen eingefordert.<sup>9</sup> Vor allem ist das Ende der

<sup>6</sup> Siehe Friedrich Kunz et al. (2011): Security of Supply and Electricity Network Flows after a Phase-out of Germany's Nuclear Plants: Any Trouble ahead? RSCAS Working Papers (online verfügbar); sowie die spätere Veröffentlichung von Friedrich Kunz und Hannes Weigt (2014): Germany's Nuclear Phase Out – A Survey of the Impact since 2011 and Outlook to 2023. Economics of Energy & Environmental Policy 3 (2): 13–27 (online verfügbar). Zu Fragen der Versorgungssicherheit siehe Friedrich Kunz et al. (2013): Mittelfristige Strombedarfsdeckung durch Kraftwerke und Netze nicht gefährdet. DIW Wochenbericht Nr. 48, 25-37 (online verfügbar) sowie zu den Effekten der Abschaltung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld 2015 Christian von Hirschhausen et al. (2015): Atomausstieg geht in die nächste Phase: Stromversorgung bleibt sicher – Große Herausforderungen und hohe Kosten bei Rückbau und Endlagerung. DIW Wochenbericht Nr. 22, 523–531 (online verfügbar).

<sup>7</sup> Siehe Behrang Shirizadeh, und Philippe Quirion (2021): Low-Carbon Options for the French Power Sector: What Role for Renewables, Nuclear Energy and Carbon Capture and Storage? Energy Economics 95 (online verfügbar).

<sup>8</sup> Siehe Ben Wealer et al. (2021): Zehn Jahre nach Fukushima – Kernkraft bleibt gefährlich und unzuverlässig. DIW Wochenbericht Nr. 8, 107-115 (online verfügbar).

<sup>9</sup> Siehe Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021): 12 Punkte für die Vollendung des Atomausstiegs – die Position des Bundesumweltministeriums. Positionspapier. Berlin (online verfügbar).

Kasten

Power Market Tool (POMATO)

Das Strommarktmodell POMATO<sup>1</sup> findet stündlich die kostenminimale Kombination von Erzeugungskapazitäten zur Bedienung der Stromnachfrage. Der resultierende Kraftwerkseinsatz muss zusätzlich technischen Nebenbedingungen gerecht werden. Insbesondere werden Speichernutzung, Wärmenachfrage, Stromaustausche mit Nachbarländern und variierende Verfügbarkeiten von erneuerbaren Erzeugern in hohem Detailgrad berücksichtigt.

Die Modellrechnungen setzen sich, entsprechend den realen Marktbedingungen, aus zwei Schritten zusammen. Im ersten Schritt wird das Angebot entsprechend der Nachfrage bestimmt, wobei die Erzeugungskapazitäten außerhalb Deutschlands an einzelnen Knoten aggregiert werden. Hierbei werden ausschließlich Transportkapazitäten (Net Transfer Capacities) zwischen benachbarten Marktgebieten berücksichtigt. Im zweiten Schritt findet das Engpassmanagement statt, welches den Kraftwerkseinsatz so anpasst, dass alle Leistungsflüsse innerhalb der für einen sicheren Netzbetrieb zulässigen Parameter liegen. Anders als im realen Prozess des Engpassmanagements werden erneuerbare Energien simultan berücksichtigt, was tendenziell zu einer Unterschätzung der notwendigen Anpassungen führt.

Der Strommarkt sowie das Engpassmanagement werden für ein gesamtes Jahr in stündlicher Auflösung modelliert. Als Wetterjahr für Last und Verfügbarkeiten von Erzeugung aus Wind und PV dient 2019.

<sup>1</sup> Richard Weinhold und Robert Mieth (2020): Power Market Tool (POMATO) for the Analysis of Zonal Electricity Markets. TU Berlin (online verfügbar); Richard Weinhold (2021): Evaluating Policy Implications on the Restrictiveness of Flow-based Market Coupling with High Shares of Intermittent Generation: A Case Study for Central Western Europe. TU Berlin (online verfügbar).

Abbildung 2

**Regionale Verteilung der letzten sechs Kernkraftwerke in Deutschland**



Quellen: Bundesumweltministerium

© DIW Berlin 2021

Drei der letzten sechs Kernkraftwerke liegen nordwestlich und drei südlich.

Kernkraft eine Bedingung dafür, gesellschaftliche Akzeptanz für die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle zu erreichen. Nach dem Standortauswahlgesetz soll bis zum Jahr 2031 die Entscheidung für einen Endlagerstandort getroffen werden, dessen rasche Umsetzung im Sinne der gesamten Bevölkerung ist, insbesondere der Menschen, die heute in der Nähe von Zwischenlagern leben.<sup>10</sup>

**Kurzfristige energiewirtschaftliche Auswirkungen sind geringfügig**

Für die kurzfristige Analyse wird vereinfachend von einer gleichzeitigen Abschaltung aller sechs verbleibenden

<sup>10</sup> Deutscher Bundestag (2017): Gesetz zur Fortentwicklung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und anderer Gesetze. G5702, Teil I, Nr. 26. Bundesgesetzblatt (online verfügbar).

Kernkraftwerke ausgegangen (Abbildung 2) und untersucht, welche Stromflüsse mit welchen anderen Energieträgern zu erwarten sind. Dabei wird das Strommarkt- und Netzmodell POMATO (Power Market Modeling Tool) verwendet, welches den deutschen und den europäischen Strommarkt mit sehr großer Detailtiefe abbildet (Kasten).

Im Referenzszenario sind die sechs verbliebenen Kraftwerke noch vorhanden, während sie im Szenario ohne Kernkraft abgeschaltet sind. Durch den Vergleich der beiden Szenarien werden Effekte auf Netzflüsse und Marktergebnisse deutlich.

**Kernkraft kurzfristig vor allem durch fossile Energie ersetzt**

Nach dem Abschalten der letzten Kernkraftwerke sind ausreichende Kapazitäten aus fossilen und erneuerbaren Energien vorhanden, um die Jahreshöchstlast von knapp 80 GW zu bedienen.<sup>11</sup> Im Jahr 2020 betrug die Nettostromerzeugung durch Kernkraftwerke 60,9 Terawattstunden (TWh), was einer Auslastung von 87 Prozent entsprach.<sup>12</sup> Diese Menge muss durch andere Energieträger oder Importe aufgefangen werden.

Welche Energieträger im Strommarkt eingesetzt werden, richtet sich nach den jeweiligen Kosten für die Produktion zusätzlichen Stroms (inkrementelle Kosten) sowie den vorhandenen Kapazitäten (Abbildung 3). Da erneuerbare Energien geringere inkrementelle Kosten als die Kernkraft haben, hat die Abschaltung der Kernkraft einen nur geringen Effekt auf diese Energien. Kernkraft wird hauptsächlich durch fossile Energieträger und steigende Importe ersetzt. Die Importe erhöhen sich um ungefähr 15 TWh.

Insgesamt führt dies zu einem Anstieg der CO<sub>2</sub> Emissionen in Deutschland um ungefähr 40 Mio. Tonnen. Dieser Wert bildet tendenziell eine obere Grenze ab, da in den Modellrechnungen weitere Veränderungen im Stromsystem nicht berücksichtigt werden.<sup>13</sup>

**Engpassmanagement für das Stromnetz steigt leicht an**

Aus dem veränderten Einsatz der fossilen Energieträger und den zusätzlichen Importen ergeben sich bei einem Abschalten der Kernkraft auch andere Stromflüsse. Um den Netzbetrieb dennoch stabil zu halten, müssen Kraftwerkseinspeisungen regional gesenkt oder erhöht werden (Engpassmanagement). Im Referenzszenario werden 14 TWh elektrische Energie für das Engpassmanagement aufgewendet, was dem von der

<sup>11</sup> Für die installierte Leistung basieren die Daten auf Bundesnetzagentur (2021): Installierte Erzeugungslleistung. SMARD Strommarktdaten. Für die Jahreshöchstlast siehe Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft (2020): Jahresvolllaststunden 2019/2020 (online verfügbar).

<sup>12</sup> Siehe Fraunhofer-ISE Energy Charts (2021) (online verfügbar).

<sup>13</sup> Robin Sogalla et al. (mimeo): The effect of Germany's nuclear phaseout on CO<sub>2</sub> emissions: A theoretical decomposition analysis. Im Kontext des europäischen CO<sub>2</sub>-Emissionshandelssystems bleiben die Gesamtemissionen sogar konstant. Die steigenden Emissionen im deutschen Stromsektor werden durch einen Emissionsrückgang in anderen Ländern und anderen Sektoren kompensiert; gleichzeitig steigt dadurch der CO<sub>2</sub>-Zertifikatepreis leicht an.

Bundesnetzagentur im Jahr 2019 gemessenen Wert annähernd entspricht (Abbildung 4).<sup>14</sup> Zwischen 2016 und 2020 schwankte das Niveau zwischen 11 TWh und dem Maximum von 18 TWh. Im atomkraftfreien Szenario steigt das Volumen auf 18 TWh und liegt damit am oberen Rand der Schwankungsbreite der letzten Jahre.<sup>15</sup>

Die Maßnahmen des Engpassmanagements sind regional unterschiedlich. Im Referenzszenario müssen Kraftwerke im Westen und Süden Deutschlands ihre Erzeugung steigern und im Osten senken, um für einen stabilen Netzbetrieb zu sorgen. Im Szenario ohne Kernkraft muss die Leistung im Westen zusätzlich erhöht und im Osten zusätzlich gesenkt werden (Abbildung 5).

### Versorgungssicherheit bei Ausbau der Erneuerbaren auch langfristig gewährleistet

In der langen Frist, das heißt, jenseits von 2030, ist die Versorgungssicherheit durch eine vorausschauende Erzeugungs- und Netzplanung gesichert. Deutschland hat sich auf die Umstellung zur klimaneutralen Energieversorgung bis 2045 bekannt; dabei stehen der Ausbau von erneuerbaren Energien sowie der Verzicht auf fossile Energieträger und Kernkraft im Mittelpunkt des Prozesses.<sup>16</sup> In diesem Prozess kommt es zu einer weitgehenden Elektrifizierung auch des Verkehrs- und Wärmesektors bzw. langfristig auch des Industriesektors (oft als Sektorenkopplung bezeichnet), sodass der Stromverbrauch ansteigt. Diesem Trend kann durch Effizienzstrategien teilweise entgegengewirkt werden. Mehrere aktuelle Studien zeigen, dass eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien möglich ist und auch den ansteigenden Stromverbrauch abdecken kann.<sup>17</sup>

Eigene Rechnungen mit dem Energiesystemmodell AnyMOD, das ein stündliche Abbildung des Stromsektors bei zeitgleicher Optimierung der Einsatzplanung in anderen Energiesektoren erlaubt, zeigen, dass Versorgungssicherheit auch noch in den 2030er Jahren bei einem entsprechenden Ausbau der Erneuerbaren gewährleistet ist (Abbildung 6).<sup>18</sup>

Bis zum Jahr 2030 geht die Kohleverstromung fast vollständig zurück, in den 2030er Jahren ist auch die Verbrennung von fossilem Erdgas stark rückläufig. Dagegen steigt die Stromerzeugung sowohl aus Windanlagen an Land und auf See als auch aus Photovoltaik stark an. In dem Modell angepeilten Jahr 2040 wird der Stromsektor vollständig durch erneuerbare Energien versorgt.

<sup>14</sup> Siehe Bundesnetzagentur (2020): Monitoringbericht 2019. Bonn (online verfügbar).

<sup>15</sup> Siehe Bundesnetzagentur a.a.O.

<sup>16</sup> Deutscher Bundestag (2021): Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Bundestags-Drucksache 19/30230 (online verfügbar).

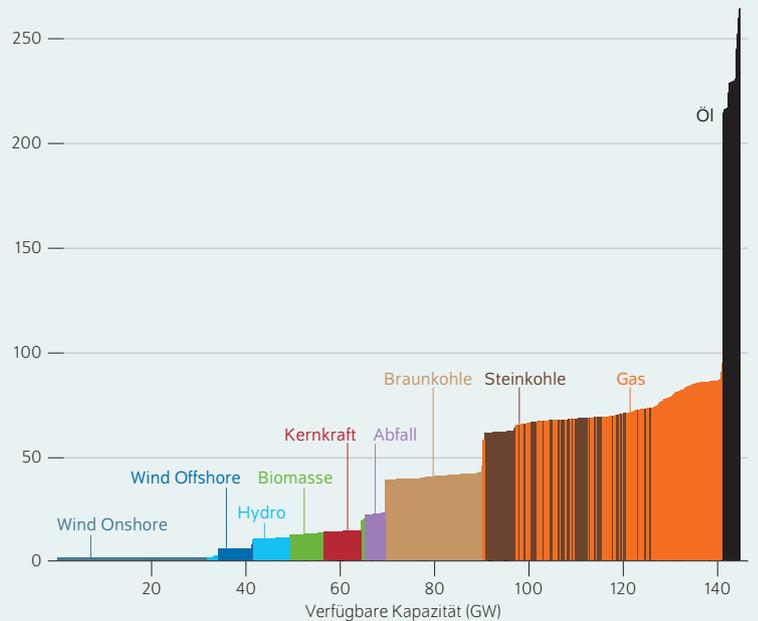
<sup>17</sup> Wuppertal Institut (2020): CO<sub>2</sub>-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze (online verfügbar); Agora Energiewende, Prognos, Öko-Institut, und Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045: Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann (online verfügbar).

<sup>18</sup> Basierend auf dem Vortrag von Mario Kendziorowski et al. (2021): The economics of NPP lifetime extensions – Conceptual approach and lessons from electricity sector modeling in the US, France, and Germany. IAAE Paris (online verfügbar).

Abbildung 3

### Verfügbare Erzeugungskapazitäten für eine Nachtstunde entlang der variablen Erzeugungskosten.

Kostenstruktur des deutschen Strommarkts, marginale Erzeugungskosten (Euro/MWh)



Quellen: Eigene Darstellung.

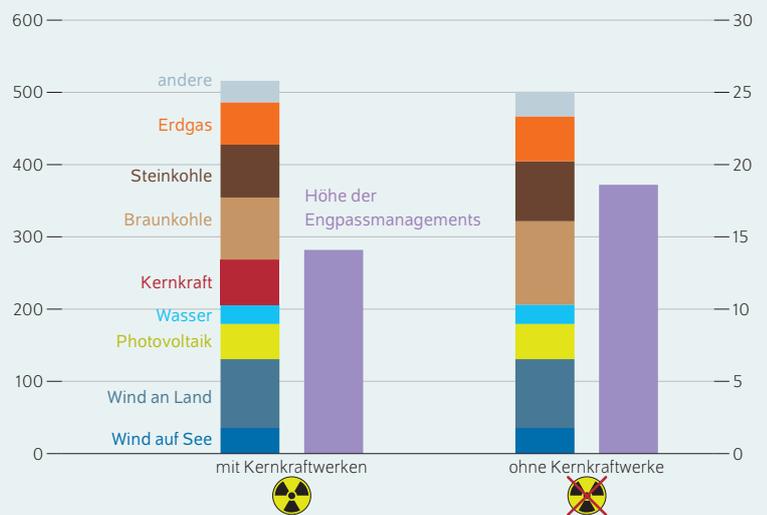
© DIW Berlin 2021

Es kommt zu einer Verschiebung der eingesetzten Kraftwerkskapazitäten.

Abbildung 4

### Erzeugungsmenge pro Technologie und Szenario für das Jahr 2021 aggregiert.

In Terrawattstunden, die zweite Achse bemisst das Engpassmanagement für das entsprechende Szenario.



Quellen: Eigene Rechnungen.

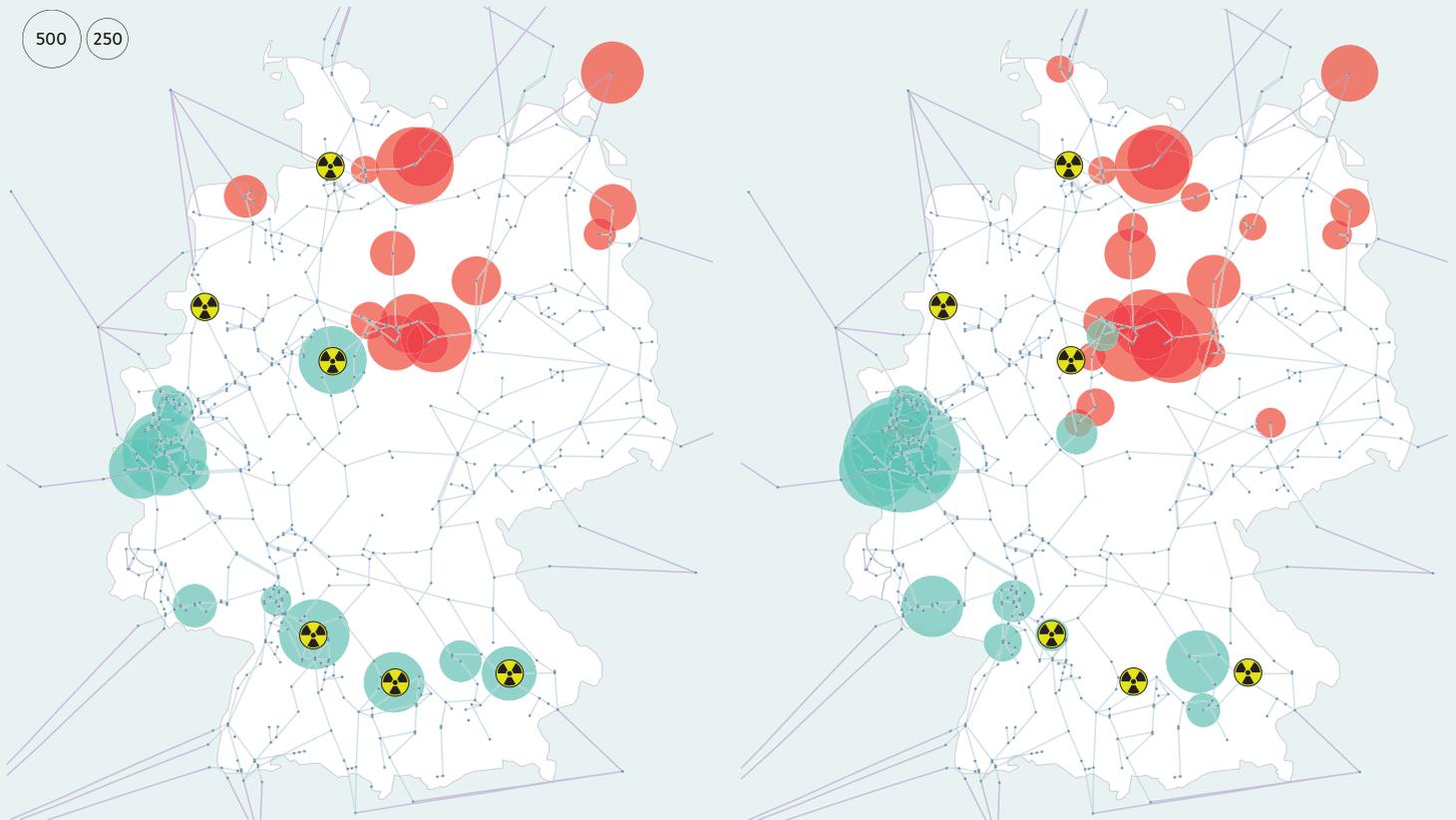
© DIW Berlin 2021

Durch die Abschaltung der Kernkraftwerke erhöht sich die Menge der Erzeugung aus Stein- und Braunkohlekraftwerken als auch die Importmenge.

Abbildung 5

### Anpassungsmaßnahmen zur Aufrechterhaltung des Stromnetz

Hochfahren von Kraftwerken in Grün, Herunterfahren von Kraftwerken in Rot, die Standort der Kernkraftwerke sind als blauer Kreis dargestellt.



Quellen: Eigene Darstellung.

© DIW Berlin 2021

Der strukturelle Engpass im Übertragungsnetz wird auch nach dem Abschalten der Kernkraftwerke vorhanden sein, wird aber nicht dadurch verursacht.

### Endlagersuche als nächster Schritt

Neben den energiewirtschaftlichen Aspekten ist das Ende der kommerziellen Nutzung von Kernkraft auch eine notwendige Bedingung für einen erfolgreichen Prozess der Endlagerung radioaktiver Abfälle. Die Begrenzung der radioaktiven Abfallmengen erlaubt eine konkrete Planung von Logistik und Endlagerformationen.

Die Suche nach einem geeigneten Standort für die Entsorgung der 27.000 Kubikmeter hochradioaktiven Abfalls bis 2031 und die daran anschließende Errichtung eines geeigneten Endlagers ist ein komplexes Problem mit erheblichen sozio-technischen Herausforderungen.<sup>19</sup> Das zu suchende Endlager muss für eine sichere Lagerung von atomaren Abfällen für mehr als eine Million Jahre ausgelegt werden. Besonders im Standortauswahlverfahren sind Transparenz

und Partizipation der Bevölkerung von großer Bedeutung, um zukünftige gesellschaftliche Konflikte zu vermeiden und einen Standort mit größtmöglicher Akzeptanz zu bestimmen. Dafür hat die „Endlagerkommission“ zentrale Empfehlungen entwickelt, welche in die Novellierung des Standortauswahlgesetzes im Jahre 2017 aufgenommen wurden.<sup>20</sup> Demnach soll der Prozess der Standortauswahl „ergebnisoffen, transparent, nach gesetzlich festgelegten fachlichen Kriterien und unter Beteiligung der Öffentlichkeit“, durchgeführt werden.<sup>21</sup> Für die Beteiligung der Öffentlichkeit ist das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) verantwortlich, welches sowohl den Vollzug des Standortauswahlverfahrens überwachen als auch Träger der Öffentlichkeitsbeteiligung sein soll. Bis Ende 2021 wurden die „Fachkonferenzen Teilgebieten“ vom BASE

<sup>19</sup> Siehe Achim Brunnengräber (2019): Ewigkeitslasten: die „Endlagerung“ radioaktiver Abfälle als soziales, politisches und wissenschaftliches Projekt: eine Einführung. 2. aktualisierte und überarbeitete Auflage. Baden-Baden.

<sup>20</sup> Siehe Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe (2016): Abschlussbericht der Kommission zur Lagerung hochradioaktiver Abfälle. Drucksache 18/9100 (online verfügbar).

<sup>21</sup> Siehe Bundesamt für die Sicherheit in der nuklearen Entsorgung (2021): Info-Plattform zur Endlagersuche (online verfügbar).

umgesetzt,<sup>22</sup> worauf weitere Verfahrensschritte folgen sollen, bis die Festlegung des Endlagerstandortes durch den Bundestag 2031 erfolgt.

Die Errichtung eines Endlagers wird nur dann gesellschaftlich Akzeptanz finden, wenn das Ende der kommerziellen Nutzung der Kernenergie, wie politisch beschlossen und gesetzlich verankert, weiter Bestand hat. Diesen Nexus identifizierte das Bundesamt für Strahlenschutz bereits vor 20 Jahren, als ein neuer Anlauf zur Endlagersuche gestartet wurde.<sup>23</sup> Auch das BASE, das gleichzeitig Regulierungsbehörde für die Endlagersuche ist, hat diesen Nexus in jüngerer Zeit hervorgehoben.<sup>24</sup>

### Weitere Schritte bis zum Ende der kommerziellen Kernkraftnutzung notwendig

In der öffentlichen Diskussion wird oftmals der Eindruck vermittelt, mit der Schließung der sechs verbleibenden Kernkraftwerke wäre der „Atomausstieg“ besiegelt. Dies ist allerdings eine Fehlinterpretation: Die Schließung stellt lediglich einen Schritt der Atomwende dar, die als Teil der Energiewende zu einem 100 Prozent erneuerbaren Energiesystem führen soll. Weitere Schritte der Atomwende, welche in Zukunft höhere Priorität bekommen sollten, sind die Schließung der verbleibenden Brennelementefabrik in Lingen und der Urananreicherungsanlage in Gronau.<sup>25</sup> Eine konsequente Atomwende bedeutet auch den Einsatz Deutschlands gegen Laufzeitverlängerungen sowie gegen Investitionen in neue Kernkraftwerke sowohl im europäischen als auch internationalen Kontext. Dies impliziert, dass sich Deutschland im Rahmen der Diskussionen der EU-Taxonomie weiterhin dafür einsetzen muss, dass keine öffentlichen Gelder in die Kernenergie fließen.<sup>26</sup> Des Weiteren sollte die vom Bundesumweltministerium in seinem Positionspapier getroffene Festlegung umgesetzt werden, dass die Kernenergie keine Option im Kampf gegen die Klimakrise und für die Einhaltung der Klimaziele darstellt.<sup>27</sup> Begründet wird dies mit den drei Punkten: „zu teuer, zu gefährlich und zu langsam im Ausbau für einen substanziellen

<sup>22</sup> Für eine Übersicht der Ergebnisse der Fachkonferenzen siehe Bericht der Fachkonferenz Teilgebiete (2021) (online verfügbar) und für eine wissenschaftliche Begleitung des Prozesses Dörte Themann et al. (2021): Alles falsch gemacht? Machtasymmetrien in der Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Standortsuche für ein Endlager. *Forschungsjournal soziale Bewegungen* 1/34 (online verfügbar).

<sup>23</sup> Siehe Wolfram König (2003): *Atommüll und sozialer Friede – Strategien der Standortsuche für nukleare Endlager*. Rede zur Tagung der Evangelischen Akademie Loccum. 9. Februar 2003 (online verfügbar).

<sup>24</sup> Siehe BASE (2021): Themenseite Atomausstieg in Deutschland: „Der Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie ist zentrale Voraussetzung für eine erfolgreiche Suche nach einem Endlager“ (online verfügbar).

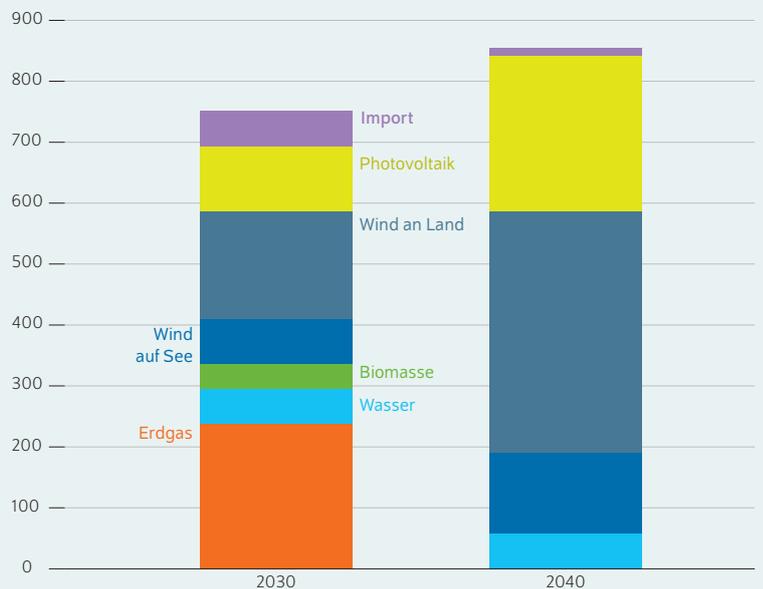
<sup>25</sup> Urenco, ein britisch-niederländisch-deutsches Unternehmen, reichert in Gronau Uran an und in Lingen produziert ein Tochterunternehmen der französischen Framatome Brennelemente für den weltweiten Einsatz in Kernkraftwerken, unter anderem für das neue finnische Kernkraftwerk Olkiluoto-3.

<sup>26</sup> Siehe hierzu auch BASE (2021): *Fachstellungnahme zum Bericht des Joint Research Center* (online verfügbar); sowie Christoph Pistner, Matthias Engler und Ben Wealer (2021): *Sustainable at risk – A critical analysis of the EU Joint Research Centre technical assessment of nuclear energy with respect to the "do no significant harm" criteria of the EU Taxonomy Regulation*. Brüssel (online verfügbar).

<sup>27</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021), a.a.O.

Abbildung 6

### Langfristige Stromerzeugung in Deutschland Jährliche Erzeugung in TWh



Quellen: Eigene Berechnungen basierend auf Hainsch, et al. (2020) und Kendziorski et al. (2021)

© DIW Berlin 2021

Längerfristige Energieversorgung auch ohne Kernkraft und mit stark rückläufigen CO<sub>2</sub>-Emissionen gewährleistet

Anteil am der weltweiten Primärenergieverbrauch“ sowie des weltweit ungelösten Problems der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle.<sup>28</sup>

### Fazit: Atomwende erfordert Endlagersuche und keine Subventionen für Kernkraft

Mit der Schließung der letzten sechs Kernkraftwerke in Deutschland geht eine Periode zu Ende, die von technischen Risiken, hohen Kosten und ungelösten Konflikten mit Blick auf die Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle begleitet wurden. Nachdem die Abschaltung älterer Kernkraftwerke seit dem Jahr 2011 weitgehend lautlos erfolgte, ist auch für die nächsten beiden Jahre nur mit geringen Auswirkungen auf das Stromsystem zu rechnen. Insbesondere werden sich die regionalen Stromflüsse nicht wesentlich verändern und Netzengpässe dürften sich, wenn überhaupt, nur gering intensivieren. Kurzfristig ist im Jahr 2022 und 2023 mit ansteigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Stromsektor zu rechnen, die mit einem beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien rasch zurückgeführt werden sollten. Die Versorgungssicherheit ist auch mittelfristig nicht gefährdet, wenn das deutsche Stromsystem rasch auf erneuerbare Energieträger in Verbindung mit Speichern und Flexibilitäts Optionen umsteigt. Die Einbindung in das europäische Stromsystem bleibt aus Effizienz- und Koordinationsgründen bedeutend.

<sup>28</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021), a.a.O.

Für die Akzeptanz und das Gelingen eines unter öffentlicher Beteiligung geführten Auswahlverfahrens für einen Endlagerstandort stellt die Abschaltung der letzten Kernkraftwerke eine Notwendigkeit dar. Eine erneute Debatte darüber gefährdet den ohnehin schon fragilen Beteiligungsprozess. Eine konsequente Atomwende erfordert darüber hinaus die Schließung der Urananreicherungsanlage in Gronau und der Brennelementefabrik in Lingen sowie die Stärkung der Sicherheit und des Strahlenschutzes bezüglich grenznaher Kraftwerke. Zur Beobachtung der Vervollständigung des Atomausstiegs sollte ein konsequentes „Atomwende-Monitoring“ entwickelt und regelmäßig durchgeführt werden.

Derzeit versucht eine Staatengruppe in der EU, angeführt von Frankreich, der Kernenergie durch die Aufnahme in die

Taxonomie ein Nachhaltigkeitslabel zu verschaffen.<sup>29</sup> Die scheidende und die neue Bundesregierung müssen in diesem Zusammenhang verhindern, dass Kernkraft als gleichsam „nachhaltige“ Technologie in die EU-Taxonomie aufgenommen wird. Hierfür muss der Schulterschluss mit anderen kritischen Staaten intensiviert und die sozio-technischen Vorteile einer Energiewende ohne Kernkraft betont werden. Mit einer Verhinderung des Greenwashings von Kernkraft auf europäischer Ebene stärkt die Bundesregierung nicht nur die deutsche Wohlfahrt, sondern auch die von ganz Europa.

<sup>29</sup> So unterzeichneten MinisterInnen aus zehn Ländern einen Aufruf, die Kernenergie in die Taxonomie aufzunehmen, darunter die Kernenergieländer Frankreich, Bulgarien, Finnland, Rumänien, Slowakei, Kroatien, Tschechien, Ungarn und Polen. Siehe Kira Taylor (2021): EU-Länder machen Druck, um Kernenergie als „grüne“ Investition auszuzeichnen. EURACTIVE News (online verfügbar).

**Mario Kendziorski** ist Gastwissenschaftler in der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt am DIW Berlin | [mkendziorski@diw.de](mailto:mkendziorski@diw.de)

**Claudia Kemfert** ist Leiterin der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt am DIW Berlin | [sekretariat-evu@diw.de](mailto:sekretariat-evu@diw.de)

**Robin Sogalla** ist Stipendiat in der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt und dem Graduate Center am DIW Berlin | [rsogalla@diw.de](mailto:rsogalla@diw.de)

**Björn Steigerwald** ist Projektmitarbeiter am DIW Berlin | [bsteigerwald@diw.de](mailto:bsteigerwald@diw.de)

**Fabian Präger** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin | [fpr@wip.tu-berlin.de](mailto:fpr@wip.tu-berlin.de)

**Ben Wealer** ist Gastwissenschaftler in der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt am DIW Berlin | [bwealer@diw.de](mailto:bwealer@diw.de)

**Richard Weinhold** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin | [iw@wip.tu-berlin.de](mailto:iw@wip.tu-berlin.de)

**Christoph Weyhing** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin | [cw@wip.tu-berlin.de](mailto:cw@wip.tu-berlin.de)

**Christian von Hirschhausen** ist Forschungsdirektor am DIW Berlin | [chirschhausen@diw.de](mailto:chirschhausen@diw.de)

**JEL:** L51, L94, Q48

**Keywords:** nuclear power, economics, Europe, Germany

This report is also available in an English version as DIW Weekly Report 47/2021:

[www.diw.de/diw\\_weekly](http://www.diw.de/diw_weekly)



## IMPRESSUM

---



DIW Berlin — Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.

Mohrenstraße 58, 10117 Berlin

[www.diw.de](http://www.diw.de)

Telefon: +49 30 897 89-0 Fax: -200

88. Jahrgang 24. November 2021

### Herausgeberinnen und Herausgeber

Prof. Dr. Tomaso Duso; Prof. Marcel Fratzscher, Ph.D.; Prof. Dr. Peter Haan;  
Prof. Dr. Claudia Kemfert; Prof. Dr. Alexander S. Kritikos; Prof. Dr. Alexander  
Kriwoluzky; Prof. Dr. Stefan Liebig; Prof. Dr. Lukas Menkhoff; Prof. Karsten  
Neuhoff, Ph.D.; Prof. Dr. Carsten Schröder; Prof. Dr. Katharina Wrohlich

### Chefredaktion

Sabine Fiedler

### Lektorat

Mats Kröger

### Redaktion

Prof. Dr. Pio Baake; Marten Brehmer; Rebecca Buhner; Claudia Cohnen-Beck;  
Dr. Hella Engerer; Petra Jasper; Sebastian Kollmann; Sandra Tubik;  
Kristina van Deuverden

### Vertrieb

DIW Berlin Leserservice, Postfach 74, 77649 Offenburg

[leserservice@diw.de](mailto:leserservice@diw.de)

Telefon: +49 1806 14 00 50 25 (20 Cent pro Anruf)

### Gestaltung

Roman Wilhelm, Stefanie Reeg, DIW Berlin

### Umschlagmotiv

© imageBROKER / Steffen Diemer

### Satz

Satz-Rechen-Zentrum Hartmann + Heenemann GmbH & Co. KG, Berlin

### Druck

USE gGmbH, Berlin

ISSN 0012-1304; ISSN 1860-8787 (online)

Nachdruck und sonstige Verbreitung – auch auszugsweise – nur mit  
Quellenangabe und unter Zusendung eines Belegexemplars an den  
Kundenservice des DIW Berlin zulässig ([kundenservice@diw.de](mailto:kundenservice@diw.de)).

Abonnieren Sie auch unseren DIW- und/oder Wochenbericht-Newsletter  
unter [www.diw.de/newsletter](http://www.diw.de/newsletter)