

Wiederinbetriebnahme deutscher Kernkraftwerke: Machbarkeit und Zeitplan

Dezember 2024



RADIANT
ENERGY GROUP

Deutschland baut seine stillgelegten Kernkraftwerke zurück, aber immer noch gibt es Möglichkeiten zur Wiederinbetriebnahme.

Die Reaktivierung von Three Mile Island unterstreicht das Potenzial stillgelegter Reaktoren.

Die technischen Hürden sind überwindbar, es sollte aber schnell gehandelt werden.



Inhalt

Zusammenfassung	3
Einleitung	5
Machbarkeit der Wiederinbetriebnahme und Zeitplan	
Technischer Zustand der deutschen Kernkraftwerke	10
Die Kosten des Atomausstiegs	13
Kosten und Nutzen der Wiederinbetriebnahme	14
Genehmigungssituation	16
Wiedereinstellung von Arbeitskräften	17
Brennstoffversorgung	18
Kerntechnische Lieferketten	19
Entsorgung	20
Öffentliche Meinung	20
Zeitplan und nächste Schritte	22
Schlussfolgerung	23
Autoren	23
Quellen	24
Über	27

Zusammenfassung

Deutschland hat seine letzten Kernkraftwerke am 15. April 2023 abgeschaltet und der Rückbau von insgesamt 31 Reaktoren schreitet voran. Nachdem Deutschland jahrelang genug Strom für den eigenen Bedarf produziert und den Überschuss exportiert hatte, importierte es 2023 netto neun Terawattstunden und erhöhte die Importe im Jahr 2024 auf netto 25 Terawattstunden (Stand 25.11.2024). Es wird erwartet, dass die deutsche Wirtschaft im Jahr 2024 um 0,2 % schrumpft, nach einem Rückgang von 0,3 % im Jahr 2023. Eine Umfrage der Deutschen Industrie- und Handelskammer (DIHK) für das Jahr 2024 zeigt, dass eine steigende Zahl von Unternehmen erwägt, ihre Produktion zu reduzieren oder ins Ausland zu verlagern.^{1,2,3}

Die Umkehr des deutschen Atomausstiegs würde von einer Mehrheit unterstützt, ist wirtschaftlich sinnvoll und technisch machbar. Der Wiederinbetriebnahme der kürzlich abgeschalteten deutschen Reaktoren stehen keine größeren technischen Hindernisse entgegen. Neue Energienachfrage und die Nachricht der geplanten Wiederinbetriebnahme von Three Mile Island eröffnen neue Perspektiven für die Wiederinbetriebnahme stillgelegter Kernkraftwerke auch in Deutschland. Selbst die Reaktoren, deren Rückbau schon fortgeschritten ist, können für eine Wiederinbetriebnahme wirtschaftlich interessant sein. Es gibt rechtliche Hürden, die aber überwunden werden können.

Zwei Drittel der Deutschen sprechen sich für die weitere Nutzung der Kernenergie aus. Der Bericht Public Attitudes towards Clean Energy (PACE) der Radiant Energy Group ergab, dass 67 % der Deutschen die Nutzung der Kernenergie für die Stromerzeugung in ihrem Land unterstützen. 42 % der Befragten befürworten den Bau neuer Anlagen, während nur 23 % für den Ausstieg aus der Kernenergie und deren Verbot sind.⁴

Die Stromerzeugung aus stillgelegten deutschen Reaktoren könnte über einen Zeitraum von 20 Jahren einen Marktwert von 190 Milliarden Euro haben. Mit dem schnellen Wachstum der künstlichen Intelligenz und des Cloud-Computings benötigen Tech-Giganten große Mengen an konstanter Energie, um riesige Rechenzentren zu betreiben. Kürzlich unterzeichnete Microsoft eine Vereinbarung über die Zahlung von 110 bis 115 US-Dollar pro Megawattstunde für saubere Kernenergie von Constellation Energy durch die Wiederinbetriebnahme von Three Mile Island Unit 1. Würden die deutschen Reaktoren wieder in Betrieb genommen und die gleiche Laufzeitverlängerung von 20 Jahren wie Three Mile Island erhalten, könnten sie bei einem Preis von 100 Euro pro Megawattstunde mehr als 100 Mrd. Euro an steuerpflichtigen Gewinnen erwirtschaften, dank schnell wachsender Branchen, die ihren Energiebedarf rasch decken wollen.

Bis 2028 könnten drei Reaktoren mit einer zusätzlichen Kapazität von 4 Gigawatt wieder in Betrieb genommen werden. Wenn der Rückbau sofort gestoppt und die Wiedereinstellung von Personal zügig begonnen wird, könnte Brokdorf bereits Ende 2025 wieder in Betrieb genommen werden. Bei zügigem gesetzgeberischem Handeln und entsprechender Planung können Emsland und Grohnde bis Ende 2028 wieder in Betrieb genommen werden. Sechs weitere Reaktoren könnten bis Ende 2032 wieder angefahren werden.

Die Wiederinbetriebnahme deutscher Kernkraftwerke bietet weitere Vorteile. Mit der Wiederinbetriebnahme der Kernkraftwerke würden die strombedingten CO₂-Emissionen in Deutschland und den Nachbarländern sinken. Die neue Energienachfrage würde nicht mehr ausschließlich von fossilen Brennstoffen abhängen. In den ländlichen Gemeinden, in denen die Kernkraftwerke stehen, würden etwa 5.000 gut bezahlte Arbeitsplätze erhalten bleiben. Darüber hinaus könnte Deutschlands einstige Spitzenstellung in der Nukleartechnologie wiederbelebt werden, da mehr und mehr Länder zivile Atomprogramme beginnen oder erweitern. Das zusätzliche Angebot an preisgünstiger Energie könnte Wettbewerbsdruck von Industrien nehmen und Deutschland ermöglichen, in Europa eine führende Rolle als Standort für Künstliche Intelligenz und Hochleistungs-Computing aufzubauen.

Es kommt nun allein auf den politischen Willen an. Zu den beiden dringlichsten Maßnahmen gehören ein sofortiges Rückbaumoratorium für stillgelegte Reaktoren und eine Änderung des Atomgesetzes, um den Betrieb von Kernkraftwerken wieder zu ermöglichen.

Einleitung

Deutschland verfügte einst über eine der größten Kernkraftwerksflotten der Welt und war ein führender Anbieter von Kerntechnik. Der öffentliche Widerstand stoppte jedoch den Ausbau der Kernenergie nach dem Reaktorunfall von Tschornobyl und führte zu einem Atomausstiegsbeschluss im Jahr 2002. Eine Laufzeitverlängerung unter der Bundesregierung Merkel-Westerwelle im Jahr 2009 tastete den grundsätzlichen Atomausstiegsbeschluss nicht an, verschob ihn nur um zehn Jahre. Die Flutkatastrophe von Fukushima im Jahr 2011 veranlasste die Regierung zu einer raschen Abkehr von ihrer bisherigen Politik: Deutschland beschloss, alle Kernkraftwerke doch bis Ende 2022 abzuschalten.

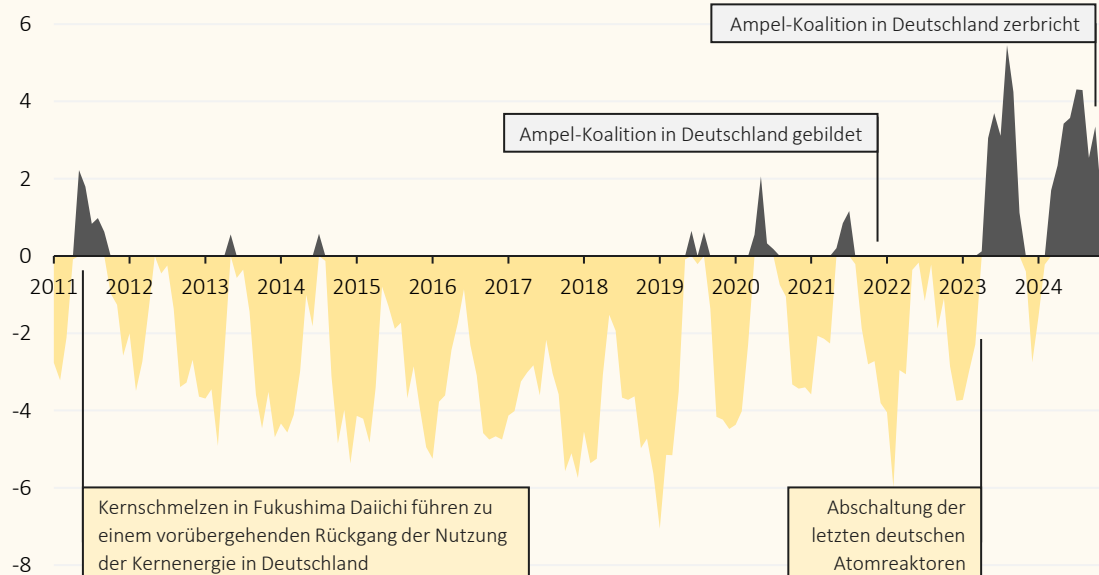
Als Ersatz für die Kernenergie plante Deutschland, auf einen Mix aus Kohle, Wind, Sonne und russischem Erdgas aus Pipelines zu setzen. Das Land wollte seit 2019 schrittweise auch aus der Kohlenutzung aussteigen. Gleichzeitig sollten die erneuerbaren Energien ausgebaut und Erdgas als Überbrückungsbrennstoff genutzt werden. Diese Strategie erfuhr jedoch einen erheblichen Rückschlag, als Russland 2022 in die Ukraine einmarschierte und damit die Pläne Deutschlands für billige russische Gasimporte durchkreuzte. Die Gaskrise löste öffentliche Debatten über die Verlängerung des Betriebs von Kernkraftwerken aus. Statt zum 31. Dezember 2022 wurde nur eine Verschiebung des Abschaltens der letzten drei Kernreaktoren bis zum 15. April 2023 beschlossen. Seitdem sind sie außer Betrieb.

Deutsche Stromimporte erreichen 2024 ein Rekordhoch

Historischer Stromimport nach Deutschland, monatlich – TWh

■ Importe, ■ Exporte

RADIANT
ENERGY GROUP



Quellen: ENTSO-E - Monatliche physische grenzüberschreitende Stromflüsse aus Deutschland

Die Außerbetriebnahme der deutschen Kernkraftwerke hatte erhebliche Auswirkungen. Vor der endgültigen Abschaltung der Kernkraftwerke war Deutschland ein Nettoexporteur von Strom. Jetzt ist Deutschland ein Nettoimporteur und auf den Strombezug aus den Nachbarländern angewiesen. Die Importe im Jahr 2024 haben sich gegenüber 2023 bis Anfang Dezember fast verdreifacht. Ironischerweise kam etwa die Hälfte dieser importierten Energie aus Frankreich, der Schweiz und Belgien, wo die Kernkraft einen erheblichen Teil zur Stromversorgung beiträgt.⁵

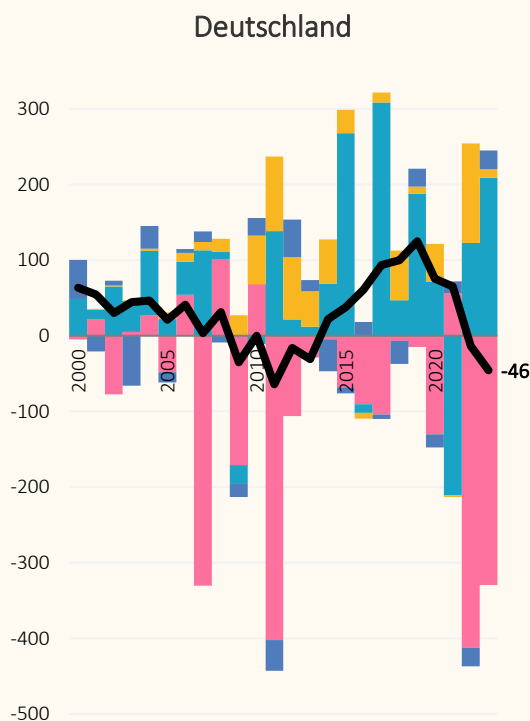
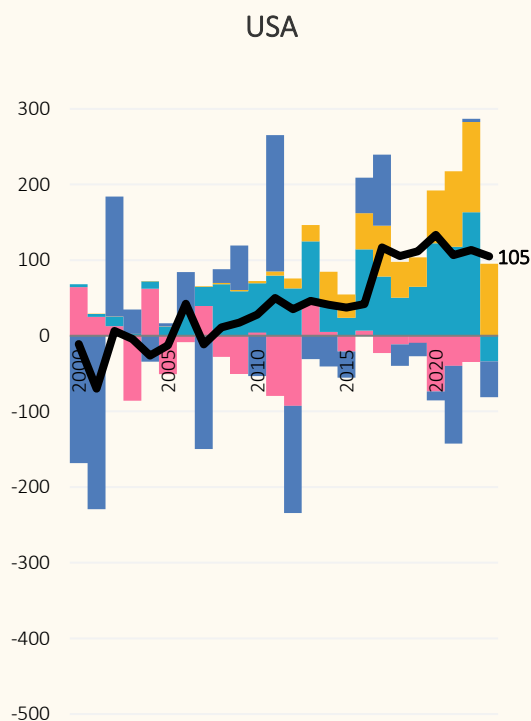
Das deutsche Bruttoinlandsprodukt (BIP) wird voraussichtlich das zweite Jahr in Folge sinken. Die nachlassende wirtschaftliche Aktivität ist auch am Rückgang des Primärenergieverbrauchs abzulesen. Nach einem Rückgang des Energieverbrauchs um 5,4 % im Jahr 2022, bereits ein neuer Tiefststand seit der Wiedervereinigung, ging der Verbrauch 2023 um weitere ca. 8 % zurück. Die Erzeugung von emissionsarmer Elektrizität ging seit dem Höchststand im Jahr 2019 um 12 % zurück, obwohl seit 2019 etwa 60 % mehr Wind- und Solarkapazität hinzugekommen ist. Im Gegensatz dazu haben die USA ihre saubere Stromerzeugung parallel zu einer wachsenden Wirtschaft ausgebaut.^{6,7,8}

Insgesamt hat die emissionsarme Stromerzeugung in den USA zugenommen, während sie in Deutschland abgenommen hat

Jährliche Veränderung der sauberen Stromerzeugung pro Person - kWh/Kopf

■ Kernenergie, ■ Windkraft, ■ Solarenergie, ■ Wasserkraft, — 5-Jahres-Durchschnitt

RADIANT
ENERGY GROUP

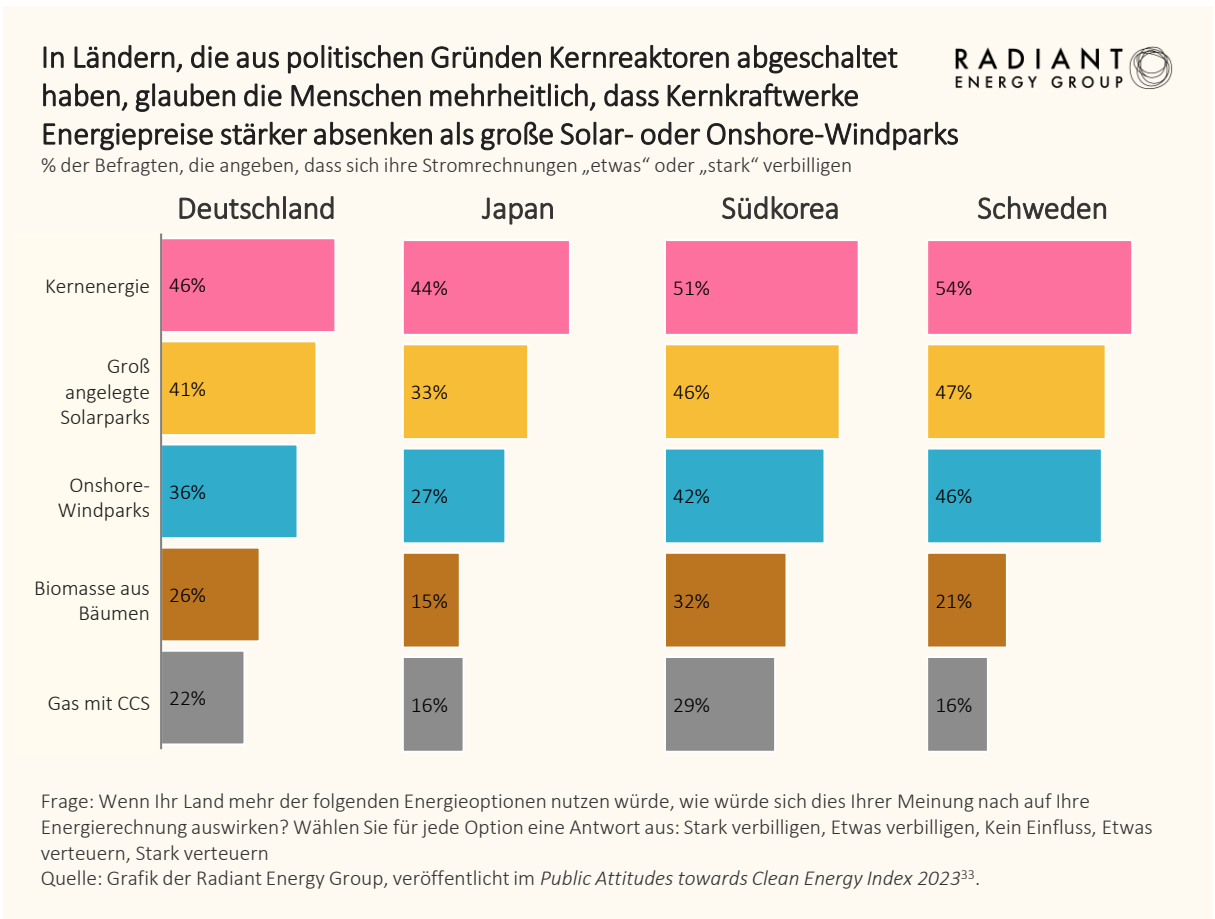


Anmerkungen: Biokraftstoffe und fossile Brennstoffe sind aufgrund der hohen Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen hier nicht berücksichtigt. Für andere emissionsarme Stromquellen wie Geothermie liegen keine vergleichbaren Daten vor.

Quellen: Energy Institute Statistical Review of World Energy Data

Der Rückgang der deutschen Wirtschaftsleistung könnte sich durch eine weitere Deindustrialisierung noch verschärfen. Eine Umfrage der Deutschen Industrie- und Handelskammer (DIHK) unter fast 3.300 Unternehmen für das Jahr 2024 ergab, dass 37 % der Unternehmen erwägen, ihre Produktion zu reduzieren oder ins Ausland zu verlagern, gegenüber 31 % im letzten Jahr und 16 % im Jahr 2022. Bei den energieintensiven Unternehmen ist die Zahl noch höher: 45 % erwägen Produktionskürzungen oder Betriebsverlagerungen.⁹

Während in Deutschland die Stilllegung der Kernkraftwerke abgeschlossen ist, steigt das weltweite Interesse an der Kernenergie stark an, insbesondere in Ländern, die ebenfalls vor kurzem Kernreaktoren aus politischen Gründen abgeschaltet hatten. In Schweden hat die Regierung Gespräche über die Verlängerung der Laufzeit bestehender Kernreaktoren eingeleitet und will bis 2045 Kapazitäten im Umfang von bis zu zehn Großreaktoren hinzufügen. Die Niederlande haben den Bau von mindestens vier neuen Reaktoren angekündigt und ihre Mittel für Nuklearprojekte von 4,5 Mrd. Euro auf 14 Mrd. Euro aufgestockt. Japan beschleunigt die Wiederinbetriebnahme von Reaktoren und hat die Laufzeiten von 40 auf 60 Jahre verlängert. Südkorea, das den Atomausstieg bereits gesetzlich beschlossen hatte, hat die Atompolitik geändert und Pläne angekündigt, verstärkt auf Kernenergie zu setzen.^{10,11,12,13}



Diese Entwicklung steht im Einklang mit der wachsenden Nachfrage nach emissionsarmem Grundlaststrom durch Bereiche wie der künstlichen Intelligenz, der Elektrifizierung des Verkehrs oder anderen energieintensiven Branchen. Nucor, ein großer US-amerikanischer Stahlproduzent, hat einen Stromabnahmevertrag mit einem Anbieter von Kernreaktoren unterzeichnet, um die Dekarbonisierung seiner Produktionsprozesse zu unterstützen. Thyssenkrupp plant unterdessen, bis Ende 2030 insgesamt 11.000 Arbeitsplätze in seiner Stahlsparte abzubauen. Google kündigte kürzlich eine Vereinbarung über den Kauf von Strom aus Reaktoren an, die von Kairos Power entwickelt werden. Nur zwei Tage später tätigte Amazon seine erste Direktinvestition in die Kernenergie und ging eine Partnerschaft mit X-Energy und Energy Northwest ein, um eine Flotte von Reaktoren zur Versorgung seiner Rechenzentren zu bauen, die bis 2040 fünf Gigawatt liefern sollen. Der deutsche Strommix schwankt dagegen stark und produziert nach wie vor hohe Emissionen. Dagegen fragen Industrie und Rechenzentren vor allem emissionsarmen Grundlaststrom nach.^{14,15,16,17}

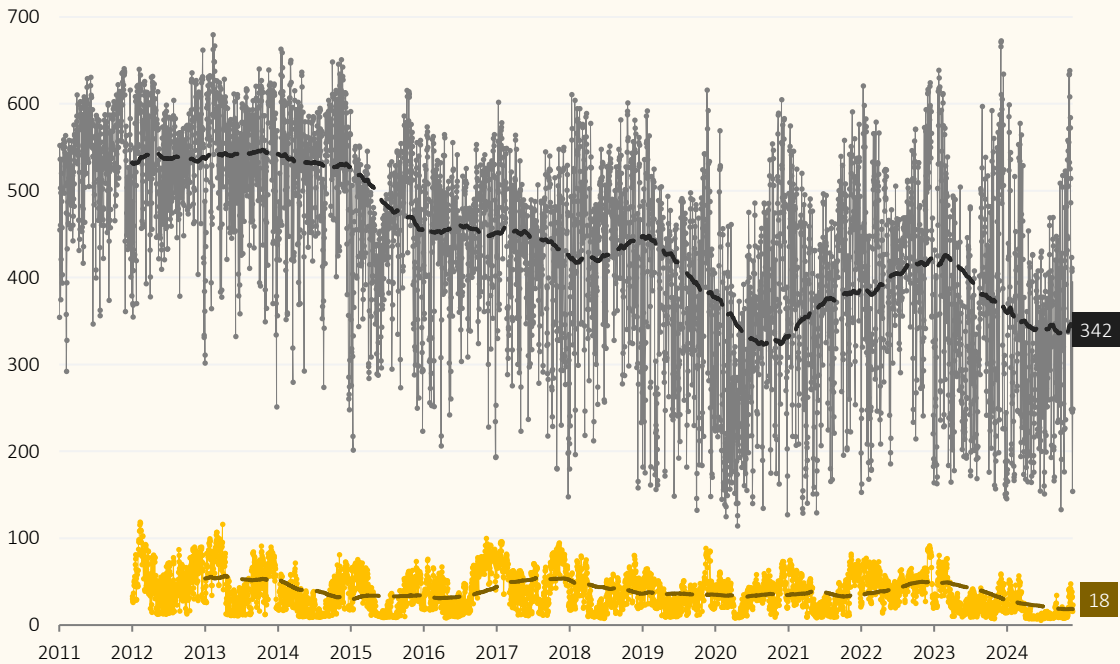
Strombedingte Emissionen bleiben hoch und schwanken stark

Spezifische Kohlenstoffintensität von Strom in Gramm CO₂ je erzeugter kWh

Tägliche Emissionen: —●— Frankreich, —●— Deutschland.

Nachlaufende 12-Monats-Durchschnittsemissionsrate: —■— Frankreich, —■— Deutschland

RADIANT
ENERGY GROUP



Anmerkungen: Spezifische Kohlenstoffintensität der Elektrizität in gCO₂/kWh Werte von 1150g, 900g, 700g, 400g, 400g und 250g werden für Braunkohle, Steinkohle, Erdöl, Erdgas, Abfall und Biomasse verwendet, während 0g für Kernkraft, Wasserkraft, Windkraft und Solarenergie verwendet wird: Fraunhofer ISE und RTE-France für Daten vor 2015. ENTSO-E für Daten nach 2014

Die wachsende Nachfrage nach emissionsarmer Energie hat sowohl für in Betrieb befindliche als auch für bereits in Rückbau befindliche Kernkraftwerke neue Chancen geschaffen. Am 20. September 2024 gab das US-Energieunternehmen Constellation Energy bekannt, dass Three Mile Island 1 fünf Jahre nach seiner Stilllegung 2019 wieder in Betrieb genommen werden soll. Ausschlaggebend für diese Entscheidung war ein neuer Vertrag mit Microsoft. Die Firma bietet Zahlungen zwischen 110 und 115 Dollar je Megawattstunde für den Strom des Reaktors an. Der 20-Jahres-Vertrag, der auf eine Kapazität von 835 Megawatt Dauerleistung ausgelegt ist, hat einen geschätzten Marktwert von 16 Milliarden US-Dollar.¹⁸

Der Bau neuer Kernkraftwerke ist kostspielig und kann etliche Jahre in Anspruch nehmen. Kernkraftwerksleistung hinzuzufügen, die preisgünstiger ist als Neubau, ist daher wirtschaftlich besonders interessant. Solche Ansätze sind wertvoll für Rechenzentren und Technologiebetriebe, die eine zuverlässige Stromversorgung rund um die Uhr aufbauen müssen.

Doch nicht nur der Bau neuer Kernkraftwerke stellt eine Herausforderung dar. Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Inbetriebnahme aller Arten neuer Stromerzeugungskapazitäten ist der Bau neuer Übertragungsleitungen. Ehemalige Kernkraftwerke, auch solche, die bereits weitgehend zurückgebaut sind, verfügen bereits über einen Netzanschluss, was einen entscheidenden Vorteil darstellt. Diese bestehende Infrastruktur kann einen schnelleren und effizienteren Übergang zurück in den Betriebszustand ermöglichen und dazu beitragen, die steigende Nachfrage nach zuverlässiger, kohlenstoffarmer Energie zu decken. Von den emissionsarmen Energieträgern kann nur die Kernenergie eine signifikante Menge an Strom liefern, dabei die bestehende Übertragungsinfrastruktur nutzen und auf die Grundfläche bestehender Standorte passen.

In diesem Bericht werden die Rückholbarkeit deutscher Kernkraftwerke und ehemaliger Kernkraftwerksstandorte in den Leistungsbetrieb unter Berücksichtigung einer steigenden Energienachfrage nach Aspekten der technischen Realisierung, der Kosten, der erforderlichen Maßnahmen und des Zeitbedarfs ausgewertet. Dabei flossen Erfahrungen mit der Wiederinbetriebnahme abgeschalteter Kernkraftwerke aus dem Ausland ein.

Zu den beiden dringlichsten Maßnahmen gehören ein sofortiges Rückbaumoratorium für in den letzten Jahren stillgelegte Reaktoren und eine Änderung des Atomgesetzes, um den Betrieb von Kernkraftwerken wieder zu ermöglichen.

Machbarkeit der Wiederinbetriebnahme und Zeitplan

Technischer Zustand der deutschen Kernkraftwerke

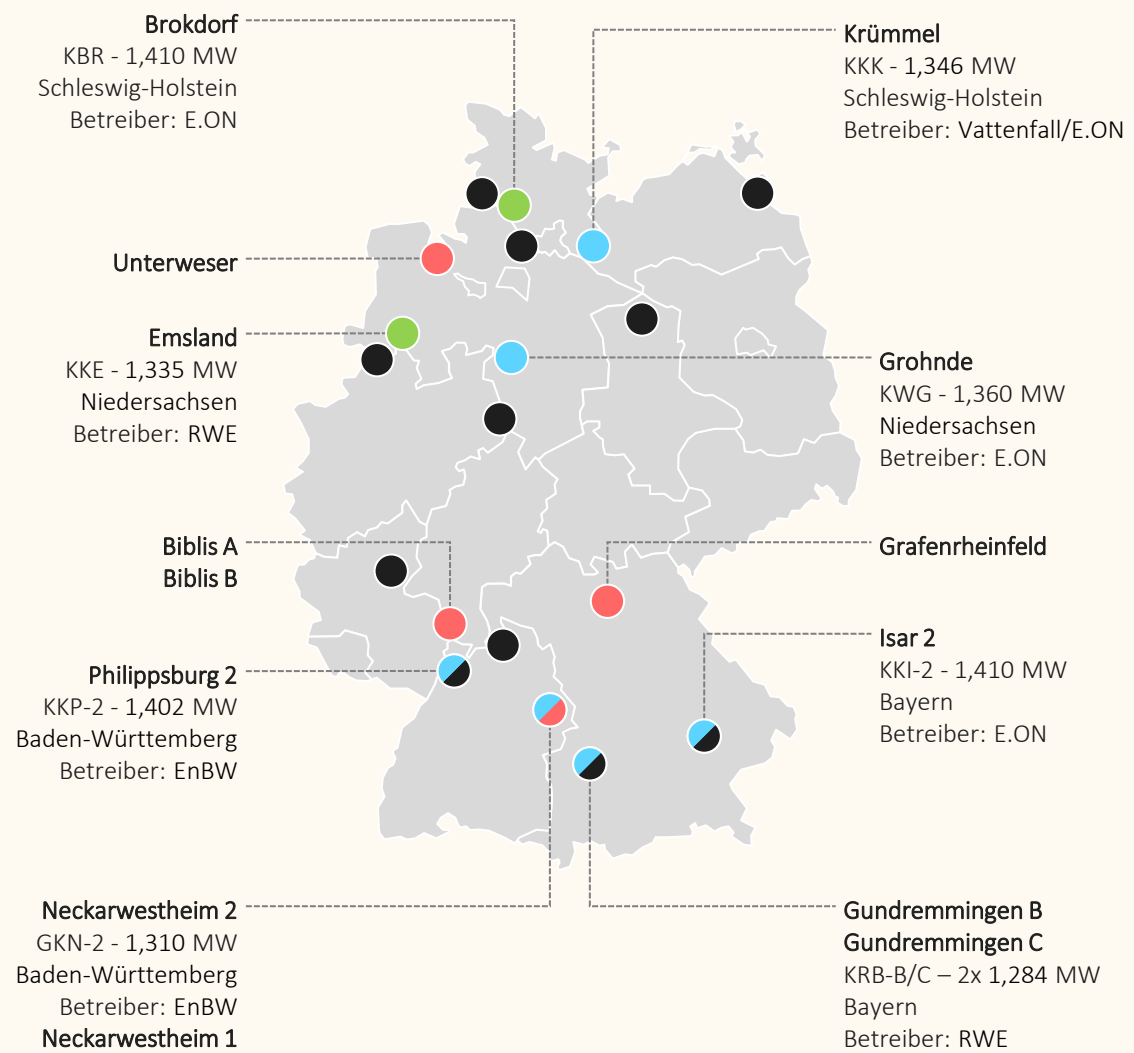
In Deutschland werden derzeit 31 Kernreaktoren zurückgebaut. Zuletzt wurden sechs deutsche Reaktoren, die von Befürwortern einer Wiederinbetriebnahme als „The German Six“ oder „GER6“ bezeichnet wurden, zwischen 2021 und 2023 abgeschaltet.

Öffentliche Informationen über den Stand des Rückbaus und Einzelheiten zu den einzelnen Rückbaumaßnahmen sind nur begrenzt verfügbar. Führungskräfte der Nuklearindustrie äußerten uns gegenüber Sorgen, dass Rückbauverträge gefährdet sein könnten, wenn Reaktoren für eine Wiederinbetriebnahme in Betracht gezogen würden. Die Verantwortlichen bei den Betreibern tun sich schwer damit, Aussagen zum technischen Zustand der Anlagen herauszugeben, da sie größtenteils eine interne Kultur der Einhaltung der politischen Ziele pflegen, obgleich die „Ampel“-Koalitionsregierung kürzlich auseinandergebrochen ist. Eine offene Diskussion wurde dadurch stark erschwert. Aus diesen Gründen flossen Aussagen von Experten aus der Industrie unter der Bedingung der Anonymität in diesen Bericht ein.

Zusätzlich zu diesen vertraulichen Expertenangaben wurden Informationen über den technischen Zustand der in Rückbau befindlichen Anlagen aus öffentlich zugänglichen Quellen mit dem Ziel gesammelt, die stillgelegten deutschen Kernkraftwerke anhand der veranschlagten Zeit und Kosten für die Wiederinbetriebnahme in vier Kategorien zu gliedern.

- **Kategorie 1:** Das Kraftwerk ist abgeschaltet, aber es wurden noch keine wesentlichen Rückbauarbeiten durchgeführt. Es benötigt Wartung, kleinere Reparaturen oder Ersatzteile, Wiedereinstellung von Personal und Beschaffung von Kernbrennstoff.
- **Kategorie 2:** Der Rückbau wurde begonnen und Teile der Turbinenanlage und des Dampferzeugungssystems wurden bereits demontiert. Viele wesentliche Komponenten wie der Reaktordruckbehälter, die Dampferzeuger und die Belademaschine sind noch intakt und können wiederverwendet werden, sobald fehlende Teile ersetzt sind.
- **Kategorie 3:** Die meisten nuklearen Großkomponenten, die Turbine und der Generator wurden ausgebaut oder irreparabel beschädigt. Für die Reaktivierung des Kraftwerks ist die Installation eines komplett neuen Dampferzeugungssystems oder zumindest diverser neuer Großkomponenten erforderlich. Gebäude und Containment sind intakt oder können repariert werden.
- **Kategorie 4:** Das Reaktorgebäude ist entkernt, irreparabel beschädigt oder wurde teilweise oder ganz abgerissen. Der Standort verfügt jedoch noch über Infrastruktur, die den Bau eines neuen Kernkraftwerks erleichtern würde.

Geografischer Überblick über deutsche Kernkraftwerke



Reaktivierbarkeit	Kosten	Dauer	Kernkraftwerk	
■ Kategorie 1	Je ≤ 1 €bn	1-3 Jahre	2 Kernreaktoren 2,745 MW	Brokdorf, Emsland
■ Kategorie 2	Je ≤ 3 €bn	4-8 Jahre	7 Kernreaktoren 9,400 MW	Grohnde, Gundremmingen B & C, Isar 2, Krümmel, Neckarwestheim 2, Philippsburg 2
■ Kategorie 3	Detaillierte Bewertung erforderlich		5 Kernreaktoren 5,812 MW	Biblis A & B, Grafenrheinfeld, Neckarwestheim 1, Unterweser
■ Kategorie 4	Nur Neubau denkbar		16 Kernreaktoren 9,838 MW	Brunsbüttel, Greifswald 1-5, Gundremmingen A, Isar 1, Lingen, Mülheim Kärlich, Obrigheim, Philippsburg 1, Stade, Stendal 1-2, Würgassen

Technischer Überblick über das deutsche Kernkraftwerksportfolio der Kategorien 1, 2 und 3

Kraftwerk	Zustand der Kraftwerksinfrastruktur:								
Kategorie, Leistung	Straßen-anbindung	Bahn-/Hafen-anbindung	Kühlwasser-Netz-an-schluss	Netz-an-bindung	Turm-/Fluss-kühlung	Turbine / Generator	Kühlmittel-systeme	Reaktor-system	Reaktor-gebäude
Brokdorf 1.  1,410 MW									
Emsland 1.  1,335 MW									
Grohnde 2.  1,360 MW									
Gundremmingen B 2.  1,284 MW									
Gundremmingen C 2.  1,288 MW									
Isar 2 2.  1,410 MW									
Krümmel 2.  1,346 MW									
Neckarwestheim 2 2.  1,310 MW									
Philippsburg 2 2.  1,402 MW									
Biblis A 3.  1,167 MW									
Biblis B 3.  1,240 MW									
Grafenrheinfeld 3.  1,275 MW									
Neckarwestheim 1 3.  785 MW									
Unterweser 3.  1,345 MW									

Anmerkungen: Reaktivierbarkeits-Kategorie 4 nicht dargestellt. Gelegentlich waren sich die befragten Experten über den Zustand der Infrastruktur uneinig; die Konsensposition ist angegeben. Quelle: Radiant Energy Group, eigene Analysen, FlatIcon (Grafik)

Brokdorf könnte möglicherweise bis Ende 2025 zu Kosten von deutlich unter 1 Mrd. EUR wieder ans Netz gehen. Emsland und Grohnde könnten angesichts der erst begonnenen Rückbauarbeiten bereits 2028 wieder angefahren werden. Für den Neustart von Reaktoren der Kategorie 2 werden jeweils zwischen einer und drei Milliarden Euro veranschlagt, und alle könnten bis 2032 wieder angefahren werden – manche, wie Grohnde, sogar schon deutlich früher. Kraftwerke der Kategorie 3 könnten wegen der möglichen Wiederverwendung vorhandener Gebäude und Komponenten im Vergleich zu einem Kraftwerksneubau am gleichen Standort immer noch schneller und preisgünstiger instandgesetzt werden.

Um festzustellen, welche Komponenten in deutschen Kernkraftwerken repariert oder saniert werden können und welche ersetzt werden müssen, sind detailliertere Untersuchungen erforderlich. Dieser Bericht enthält eine vorläufige Bewertung der wichtigsten Komponenten und Infrastruktur. Zu den von uns betrachteten Elementen gehören:

- **Straßenanbindung:** Verfügt die Anlage über ein zugängliches und funktionierendes Straßennetz?
- **Bahn-/Hafenanbindung:** Ist die Anlage an ein Schienennetz und/oder an eine Infrastruktur für den Transport von Großkomponenten per Schiff angeschlossen?
- **Wasseranschluss:** Ist die ursprüngliche Kühlwasserquelle noch verfügbar und nutzbar?
- **Netzanbindung:** Gibt es noch einen funktionierenden Anschluss ans Hochspannungsnetz?
- **Turm-/Flusskühlung:** Sind die Kühleinrichtungen intakt oder können sie ggf. für eine Wiederverwendung repariert werden?
- **Turbine und Generator:** Sind Turbine und Generator noch vorhanden und in funktionsfähigem oder reparaturfähigem Zustand?
- **Kühlmittelsysteme:** Ist das Hauptkühlsystem intakt oder instandsetzbar?
- **Reaktorsystem:** Sind der Reaktordruckbehälter und die Reaktoreinbauten intakt?
- **Reaktorgebäude:** Sind Containment und Gebäude strukturell intakt und erfüllen sie die Anforderungen?

Die Kosten des Atomausstiegs

Der Ausstieg aus der Kernenergie in Deutschland ist mit hohen volkswirtschaftlichen Kosten verbunden, u.a. durch Rückgang der Steuereinnahmen von Betreibern, gestiegene Stromgroßhandelspreise aufgrund von Angebotsverknappung, einer dadurch verringerten Industrietätigkeit und durch Verlust von Netzstabilität wegen des Wegfalls von regelbaren Stromerzeugungskapazitäten.¹⁹

Zusätzlich verursachen vorzeitige Abschaltung und Rückbau von Kernkraftwerken erhebliche Kosten. Eine Studie der Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH, eines auf Kernkraftwerksrückbau spezialisierten deutschen Ingenieurbüros, zeigt, dass die Kosten für den Rückbau von Druckwasserreaktoren (DWR) in sechs europäischen Ländern, darunter Deutschland, zwischen 320 Mio. Euro und 1,5 Mrd. Euro pro Block liegen. Die geschätzten Rückbaukosten für die drei deutschen Kraftwerke Grohnde, Isar 1 und Isar 2 belaufen sich auf jeweils etwa eine Mrd. Euro.^{20,21}

Deutschland hat den Rückbau effizient durchgeführt und im letzten Jahr signifikante Fortschritte beim Rückbau der Anlagen erzielt. Der vollständige Rückbau aller Reaktoren wird jedoch voraussichtlich nicht vor den 2040er Jahren abgeschlossen sein. Die deutschen Betreiber haben für den Rückbau von Kernkraftwerken und die Entsorgung des Atommölls rund 38 Milliarden Euro an Rücklagen gebildet.^{22,23}

In den kommenden Jahrzehnten werden in Deutschland zweistellige Milliardenbeträge für den Rückbau von Kernkraftwerken und die Abfallentsorgung ausgegeben werden. Bei der derzeitigen Energiepolitik stehen diesen Ausgaben jedoch keine der weitaus gewichtigeren volkswirtschaftlichen Vorteile, die der Betrieb von Kernkraftwerken gegenüber deren Stillstand bieten könnte, entgegen.^{24,25}

Kosten und Nutzen der Wiederinbetriebnahme

Seit dem Ausstiegsdatum 15. April 2023 ist der Rückbau der Kernkraftwerke weit fortgeschritten, und an vielen Reaktoren sind erhebliche Schäden verursacht worden. Die steigende Energienachfrage schafft jedoch neue Anreize für die Wiederinbetriebnahme. Insbesondere ist die Nachfrage nach Grundlaststrom durch Rechenzentren insbesondere aus der KI-Branche sprunghaft angestiegen. Es wird erwartet, dass sich alleine der Strombedarf des KI-Sektors zwischen 2022 und 2026 verdoppeln wird, angetrieben durch Fortschritte im Bereich des maschinellen Lernens.²⁶

Der stark steigende Strombedarf von Microsofts Rechenzentren führte im September 2024 zur Ankündigung der Wiederinbetriebnahme des Kernkraftwerks Three Mile Island 1, welches vor fünf Jahren außer Betrieb genommen worden war. Microsoft unterzeichnete einen Stromabnahmevertrag (Power Purchase Agreement, PPA) über eine Kraftwerksleistung von 835 MW zu einem Preis zwischen 110 und 115 US-Dollar pro MWh, eine beispiellose Kombination aus hohem Preis, großem Volumen und langer Laufzeit von 20 Jahren. Der Gesamtwert des Vertrags beträgt ca. 16 Milliarden USD und zeigt das erhebliche Ertragspotenzial der Kernkraft in profitablen und nachfragestarken Industriezweigen.²⁷

Die Wiederinbetriebnahmekosten für die deutschen Reaktoren wurden durch einen Vergleich mit den bekannten Kosten und Zeitplänen ähnlicher Reparatur- und Bauprojekte in Europa und Nordamerika geschätzt. Die Wiederinbetriebnahme eines Reaktors der Wiederanlaufklasse 1 könnte bis zu 1 Mrd. Euro kosten, wahrscheinlich aber deutlich weniger. Die Wiederinbetriebnahme von Reaktoren der Klasse 2 könnte Investitionen von bis zu 3 Mrd. Euro erfordern. In der Vergangenheit lagen die Grenzkosten für den Betrieb von Kernkraftwerken in Deutschland zwischen 16,9 und 17,9 Euro je MWh. Angesichts der Inflation und der gestiegenen Kosten für Brennstoffe und Dienstleistungen gehen Sachverständige heute davon aus, dass die laufenden Betriebskosten nach den einmaligen Investitionen für den Neustart zwischen 22 und 30 Euro je MWh liegen werden.²⁸

Angesichts der hohen Gewinnspanne zwischen den Abnahmepreisen, die große Unternehmen für langfristige Energieverträge zu zahlen bereit sind, und den Kosten der Betreiber spricht vieles dafür, die deutschen Reaktoren so bald wie möglich wieder anzufahren. Bei einem Stromabnahmepreis von 100 Euro je MWh, ähnlich wie in Three Mile Island, könnten die neun Reaktoren der Neustartklasse 1 und 2 in Deutschland zusammen rund 10 Mrd. Euro an jährlichen Einnahmen erzielen. Über einen Zeitraum von 20 Jahren könnten die Betreiber bei einer Gesamtinvestition von 20 Mrd. Euro für alle neun Reaktoren und konservativ gerechneten Betriebskosten von 30 Euro je Megawattstunde einen Gewinn von insgesamt mehr als 100 Mrd. Euro erwirtschaften.

Selbst bei einem Preis von 60 Euro je Megawattstunde, der für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der industriellen Verbraucher notwendig wäre, ist der Neustart von Kraftwerken der Kategorien 1 und 2 wirtschaftlich sinnvoll. Bei einem Preis von 100 EUR/MWh sind alle Kraftwerksreaktivierungen der Kategorien 1 bis 4 wirtschaftlich rentabel, selbst wenn sie einen Kraftwerksneubau an dem Standort erfordern. Diese Reaktivierungen sind nicht nur finanziell attraktiv, sondern auch technisch machbar. Damit wird klar, dass es ausschließlich auf geeignete Beschlüsse der Politik ankommt, was die Notwendigkeit klarer und unterstützender politischer Maßnahmen unterstreicht, um das volks- und betriebswirtschaftliche Potenzial der bestehenden deutschen Kernkraftwerke zu erschließen.

Kein Reaktor über alle vier Kategorien wurde länger als 37 Jahre betrieben. Im Vergleich dazu erhalten die Kernkraftwerke in den Vereinigten Staaten Lizenzverlängerungen, die ihnen einen Betrieb von bis zu 80 Jahren ermöglichen. Die US-Nuklearaufsichtsbehörde NRC prüft bereits die Möglichkeit, die Betriebsgenehmigungen über diesen Zeitraum hinaus zu verlängern. Bei einem Neustart wären die deutschen Kernkraftwerke mindestens so lange betriebsbereit wie ihre amerikanischen Pendanten, was für alle Reaktoren der Kategorien 1 bis 3 eine Betriebsdauer bis 2080 oder darüber hinaus erwarten lässt.

Genehmigungssituation

Alle deutschen Reaktoren, die sich in im Rückbau befinden, besitzen noch ihre Betriebsgenehmigung. Obwohl das Atomgesetz die gewerbliche Erzeugung von Elektrizität aus kerntechnischen Anlagen, mithin den Leistungsbetrieb, verbietet (§7 AtG), bleiben die Betriebsgenehmigungen der Anlagen gültig. Die Rückbauaktivitäten werden im Rahmen von Änderungen der bestehenden Betriebsgenehmigungen administriert.

Es stellt sich jedoch die Frage, ob und wie diese Genehmigungen für einen erneuten Betrieb geändert oder neu erteilt werden müssen. Seit der Inbetriebnahme der letzten Reaktoren im Jahr 1989 haben sich die Anforderungen für die Erteilung von Genehmigungen für Kernkraftwerke geändert, und es gelten neue internationale Standards.

Die Flugzeugabsturz-(FLAB-)Richtlinien legen beispielsweise spezielle Anforderungen fest, um mit dem Absturz von Flugzeugen verbundene Risiken zu minimieren. In der Auslegung neuerer deutscher Kernkraftwerke ist bereits die Anforderung des aktuellen deutschen Regelwerks berücksichtigt. Untersuchungen zeigen, dass diese Anlagen auch dem Einschlag einer großen Passagiermaschine standhalten. Für ältere Anlagen wären bauliche Nachrüstungen möglich, um das Schutzniveau zu erhöhen. Die wichtigsten Fragen im Zusammenhang mit der Genehmigung betreffen die rechtlichen und regulatorischen Verfahren, die für die Reparatur und die Wiederinbetriebsetzung der Anlagen erforderlich sind. Dabei handelt es sich in erster Linie um genehmigungsrechtliche und nicht um technische Herausforderungen. Es gibt keine technischen Hindernisse, die einer Reparatur dieser Anlagen und ihrer Anpassung an die aktuellen Sicherheitsstandards im Wege stehen.

Eine Besonderheit stellt die Anforderung an Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) dar. Je nach Umfang der Instandsetzungsmaßnahmen können die Anforderungen für eine UVP erfüllt sein oder nicht. Auch hier wird es auf den politischen Willen ankommen. Analog zu §2 EEG könnte gesetzlich festgestellt werden, dass die Errichtung und der Betrieb von Kernkraftwerken im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Gesundheit und Sicherheit dienen. Da an sämtlichen hier vorgeschlagenen Standorten bereits UVPs durchgeführt wurden, dürften überdies Umweltbelange relativ einfach berücksichtigt werden können.

Die USA sind dabei, einen Präzedenzfall für diese Art von Reaktivierung zu schaffen. Die NRC hat mit der Prüfung des Vorschlags von Constellation Energy begonnen, die Betriebsgenehmigung von Three Mile Island Unit 1 wiederherzustellen und die Betriebsdauer zu verlängern. Diese umfassende Prüfung umfasst Bewertungen der Sicherheit, der Umweltauswirkungen und der Notfallplanung. Das Genehmigungsverfahren der NRC wird voraussichtlich bis 2027 mit einem positiven Ergebnis abgeschlossen sein. Die Wiederinbetriebnahme des Kraftwerks ist für 2028 geplant.

Wiedereinstellung von Arbeitskräften

Die Wiedereinstellung und Ausbildung qualifizierter Arbeitskräfte ist nach den politischen Hindernissen die zweitgrößte Herausforderung bei der Reaktivierung der abgeschalteten deutschen Kernkraftwerke.

Die deutsche Nuklearindustrie erzielte vor dem Ausstieg eine beeindruckende Bilanz beim Betrieb der Anlagen. In den letzten Betriebsjahren erreichten die deutschen Reaktoren mit 300 bis 400 Mitarbeitern pro Reaktor eine Verfügbarkeit von über 90 %, wobei die jährlichen Brennelementwechsel und Wartungsarbeiten innerhalb von drei Wochen abgeschlossen wurden. Im Vergleich dazu erreichen US-Reaktoren, die für ihre hervorragenden Betriebsleistungen bekannt sind, ebenfalls eine Verfügbarkeit von über 90 %, benötigen aber in der Regel fast 1.000 Mitarbeiter und brauchen genauso lange, um alle 18 Monate Brennelementwechsel und Wartungsarbeiten abzuschließen.

Im Zuge des Ausstiegs aus der Kernenergie ist die Zahl der Beschäftigten in Deutschland im Lauf der Zeit zurückgegangen. Der Personalbestand in den Kraftwerken wurde reduziert, indem ausscheidende Mitarbeiter nicht ersetzt wurden, und dieser Personalabbau hat sich auch nach der Abschaltung fortgesetzt. Anders als in den USA, wo die Schließung von Kernkraftwerken zu umfangreichen Entlassungen führte, konnte in Deutschland auf betriebsbedingte Kündigungen verzichtet werden. Jeder Standort, an dem abgebrannte Brennelemente zwischengelagert werden, benötigt eine beträchtliche Anzahl von zugelassenem Personal für Sicherheit und Wartung. Außerdem arbeiten viele der Mitarbeiter, die diese Anlagen früher betrieben haben, jetzt an deren Rückbau. Im Kraftwerk Isar 2 sind heute fast 300 Mitarbeiter beschäftigt, früher waren es 400. In Gundremmingen sind 500 Mitarbeiter beschäftigt, während früher 800 für den Betrieb von zwei Reaktoren erforderlich waren. In Grohnde sind rund 200 statt der ursprünglich 400 Mitarbeiter beschäftigt.

Um die deutschen Kernreaktoren wieder in Betrieb nehmen zu können, muss der Personalbestand wieder vollständig hergestellt werden. Dies erfordert die Wiedereinstellung ehemaliger Mitarbeiter, die Einstellung neuer Mitarbeiter und die Qualifizierung des vorhandenen Personals von Rückbau auf die Aufgaben der Wiederinstandsetzung und des Betriebs. Zusätzliche Techniker und Handwerker werden für Reparaturen und Wiederherstellung benötigt.

Wenn eine neue deutsche Regierung mehrere Reaktoren schnell wieder in Betrieb nehmen möchte, kann das Personal durch die Unterbrechung der Rückbauarbeiten und die vorübergehende Zuweisung an andere Reaktoren je nach Zeitplan und Priorität verfügbar gemacht werden. Die Ähnlichkeit der Reaktortypen der meisten Anlagen der Kategorie 1 und 2 („Baulinie 3“ und „Baulinie 80“) bedeutet, dass diese Versetzung mit verhältnismäßig geringem Schulungsaufwand erreicht werden kann.

Unabhängig davon, ob das verbleibende Personal an seinem Heimatstandort verbleibt oder versetzt wird, ist eine Aufstockung der Belegschaft im Nuklearsektor unerlässlich, aber aufgrund des Fachkräftemangels in Deutschland eine Herausforderung. Glücklicherweise hat Deutschland eine starke Tradition der qualifizierten technischen Ausbildung und bietet attraktive Karrieremöglichkeiten in technischen Bereichen. Die Arbeitsplätze in der Nuklearindustrie sind gut bezahlt, stabil und lokal verankert, was sie auf dem deutschen Arbeitsmarkt attraktiv macht. Das Stigma, das einst mit der Arbeit in der Nuklearindustrie verbunden war, hat mit der wachsenden öffentlichen Unterstützung für die Kernenergie deutlich abgenommen.

Die Betreiber schätzen, dass die Lizenzierung neuer Ingenieure und Techniker für Schlüsselpositionen in den Anlagen etwa drei Jahre dauern würde.

Brennstoffversorgung

Die Versorgung mit Kernbrennstoff wird gelegentlich als Hindernis für die Reaktivierung deutscher Kernkraftwerke angeführt. Angesichts der Zeitspannen für den Neustart von Kraftwerken der Kategorie 2 ist dies nicht der Fall. Brennelementehersteller benötigen in der Regel bis zu 18 Monate für die Lieferung neuer Brennelemente ab dem Zeitpunkt der Bestellung. Im Jahr 2022 bot Westinghouse an, deutsche Reaktoren innerhalb von sechs Monaten mit Brennstoff zu beliefern, und hat kürzlich seine Fähigkeit bekräftigt, deutsche Anlagen innerhalb weniger Monate mit Brennstoff zu versorgen. Der Brennstoff kann zeitgleich mit den Reparaturen oder dem Austausch von Ausrüstungen bestellt werden. Selbst wenn der Standardzeitplan für die Brennstoffbestellung eingehalten wird, wird die Verfügbarkeit von Brennstoff die Betriebsbereitschaft der Reaktoren nicht einschränken. Das Kraftwerk Brokdorf in Kategorie 1 verfügt noch über Brennelemente für etwa ein Jahr Volllastbetrieb und Brennstoff ist dort kein limitierender Faktor.²⁹

Es besteht die Sorge, dass der Kernbrennstoff für deutsche Reaktoren den Kauf von angereichertem Uran aus Russland erfordert. Nach jahrelanger Abhängigkeit von russischen Anlagen zur Herstellung von angereichertem Uran baut Europa seine heimischen Kapazitäten zur Uranverarbeitung, -anreicherung und Brennstoffherstellung rasch aus. Mit den derzeitigen Kapazitäten und den geplanten Erweiterungen sind die westlichen Verbündeten gut gerüstet, um den Bedarf Deutschlands an Reaktorbrennstoff zu decken, selbst bei einem aggressiven Wiederanlaufplan. Die Brennelemente für die westdeutschen Reaktoren wurden von ANF in Lingen, Deutschland, hergestellt. Kein westdeutscher Brennstoff und kein deutscher Brennstoff nach 1991 wurde jemals in Russland hergestellt.

Deutschland verfügt über eigene Urananreicherungskapazitäten, die trotz des Atomausstiegs weiter in Betrieb sind. Die Urananreicherungsanlage von Urenco in Gronau, Deutschland, verfügt über 14 % der gesamten westlichen Anreicherungskapazität und hat das Potenzial für eine erhebliche Erweiterung im Rahmen ihrer derzeitigen Lizenz. Das deutsche Unternehmen ETC mit Sitz in Jülich stellt fast alle Zentrifugen her, die in westlichen Anreicherungsanlagen verwendet werden. Wenn Energieautarkie zu einer nationalen Priorität wird, könnten heimische Uranvorkommen ausgebeutet werden.^{30,31}

Kerntechnische Lieferketten

Die inländische Lieferkette für Kernkraftwerke in Deutschland wurde zwar erheblich reduziert, ist aber nicht völlig verschwunden. Unternehmen der Lieferkette für die deutschen Reaktoren sind nach wie vor in der EPR-Lieferkette (European Pressurized Reactor) tätig, so dass strategisches Know-How und Fertigungskapazitäten erhalten blieben. Deutsche Unternehmen produzieren weiterhin wichtige Komponenten für Kernkraftwerke in aller Welt. So stellen deutsche Maschinenbauer beispielsweise Pumpen und Steuereinheiten her, die in neuen Kernkraftwerken in China installiert werden. Teleperm XS von Siemens, ein digitales Steuerungssystem, das von Framatome sowohl für Neubauten als auch für die Nachrüstung angeboten wird, wird weltweit in Kernreaktoren eingebaut.

Ersatzkomponenten für Reaktoren können auch von ausländischen Herstellern geordert werden, wenn sie in Deutschland nicht verfügbar sind.

Für die Sanierung des Reaktors Three Mile Island in Pennsylvania, der älter ist als alle deutschen Reaktoren der Kategorie 1 und 2, und der länger abgeschaltet ist als diese bis auf einen, werden neue Teile gekauft und gefertigt. Es gibt keinen technischen Grund, warum dies für die deutschen Reaktoren nicht möglich sein sollte, zumal diese Bauteile und Dienstleistungen heute auf dem internationalen Markt leicht erhältlich sind.

Die Wiederherstellung und der Wiederaufbau der kerntechnischen Lieferkette ist möglich. Sogar die Rückholung von ausländischen Wertschöpfungsprozessen nach Deutschland könnte angestrebt werden. Technische Kapazitäten sind kein limitierender Faktor. Einheimische wie ausländische Unternehmen werden Aufträge zur Wiederherstellung der Kraftwerke gerne annehmen.

Entsorgung

Das Wiederaufstarten der deutschen Reaktoren hätte nur minimale Auswirkungen auf die Gesamtmenge des zu entsorgenden Atommöülls. In jedem deutschen Reaktor fallen pro Jahr etwa 25 Tonnen abgebrannte Brennelemente an. Würden alle Reaktoren der Kategorie 1 und 2 wieder angefahren, kämen durch den Weiterbetrieb jährlich etwa 225 Tonnen abgebrannte Brennelemente hinzu. Über einen Zeitraum von 20 Jahren würde dies den derzeitigen Bestand an abgebrannten Brennelementen von rund 11.000 Tonnen auf etwa 15.500 Tonnen erhöhen.³²

Mit der Stilllegung der Reaktoren entfällt nicht die Notwendigkeit, nukleare Abfälle zu entsorgen. Länder mit aktiven Atomprogrammen haben bei der Abfallentsorgung die Führung übernommen, während Deutschland ohne aktive Reaktoren ins Hintertreffen gerät. Finnland zum Beispiel hat sein geologisches Tiefenlager fertiggestellt und testet schon dessen Betrieb, während Schweden eine endgültige Baugenehmigung für sein Endlager erteilt hat.^{33,34}

In den aus den Reaktoren entfernten abgebrannten Brennelementen verbleibt potenzielle Energie. Diese abgebrannten Brennelemente können in Mischoxidbrennstoff (MOX) umgewandelt werden, der in der Vergangenheit in deutschen Reaktoren verwendet wurde. Wenn die Reaktoren wieder in Betrieb sind, könnte sich Deutschland dafür entscheiden, die Menge der vorhandenen Abfälle zu reduzieren, indem es sie in Frankreich wiederaufbereitet und dann als Brennstoff verwendet. Dies würde das Endvolumen der Abfälle, die in tiefen geologischen Formationen entsorgt werden müssen, erheblich reduzieren.

Öffentliche Meinung

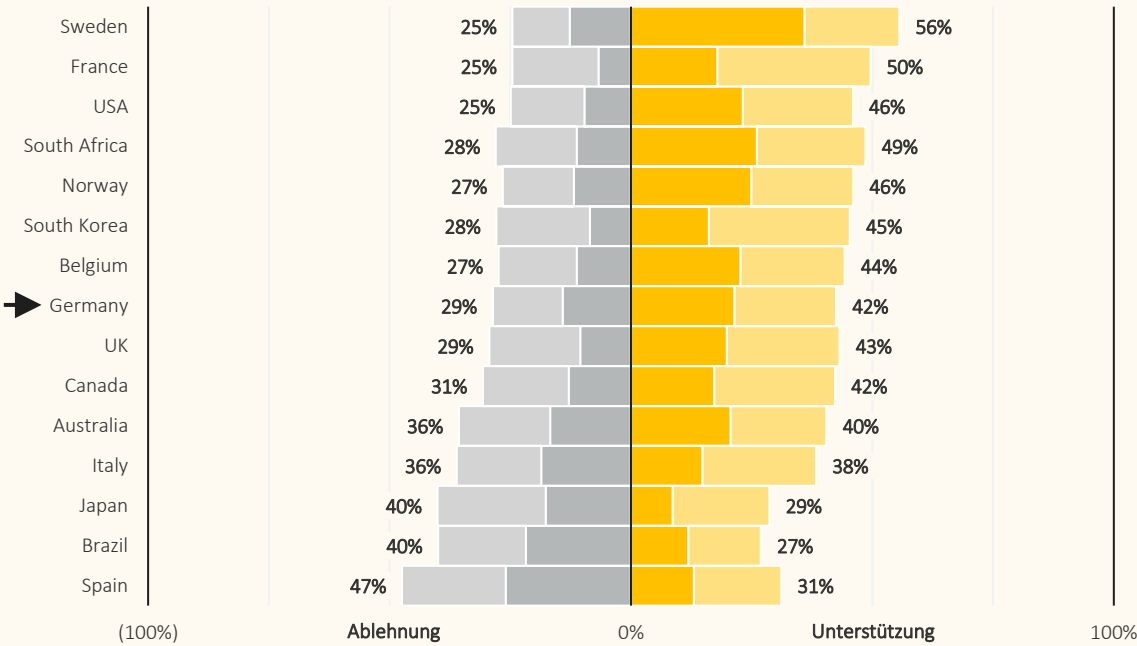
Jüngste Umfragen zeigen eine breite Unterstützung für die Kernenergie in Deutschland. Die Umfrage Public Attitudes Towards Clean Energy (PACE) der Radiant Energy Group, die 2023 von dem führenden Forschungsunternehmen Savanta durchgeführt wurde, ergab, dass 42 % der deutschen Öffentlichkeit die Kernenergie grundsätzlich befürworten, während 29 % sie ablehnen. Dieses Maß an Unterstützung ist ähnlich hoch wie in anderen westlichen Ländern wie Großbritannien und Kanada, wo Kernkraftwerken Laufzeitverlängerungen gewährt werden und neue Reaktoren im Bau sind.³⁵

Die Umfrage ergab auch, dass einige Befragte, die unsicher oder sogar generell gegen die Kernkraft sind, die Weiternutzung existierender Anlagen befürworten. Auf die Frage, ob Deutschland die Kernenergie weiter nutzen sollte, sprachen sich 67 % für die Nutzung und 42 % für den Bau neuer Anlagen aus, während nur 23 % für den gänzlichen Ausstieg aus der Kernenergie und deren Verbot waren.³⁶

Die öffentliche Unterstützung für die Kernenergie in Deutschland ist vergleichbar mit der in Großbritannien und Kanada, wo neue Reaktoren gebaut und die Laufzeiten bestehender Reaktoren verlängert werden

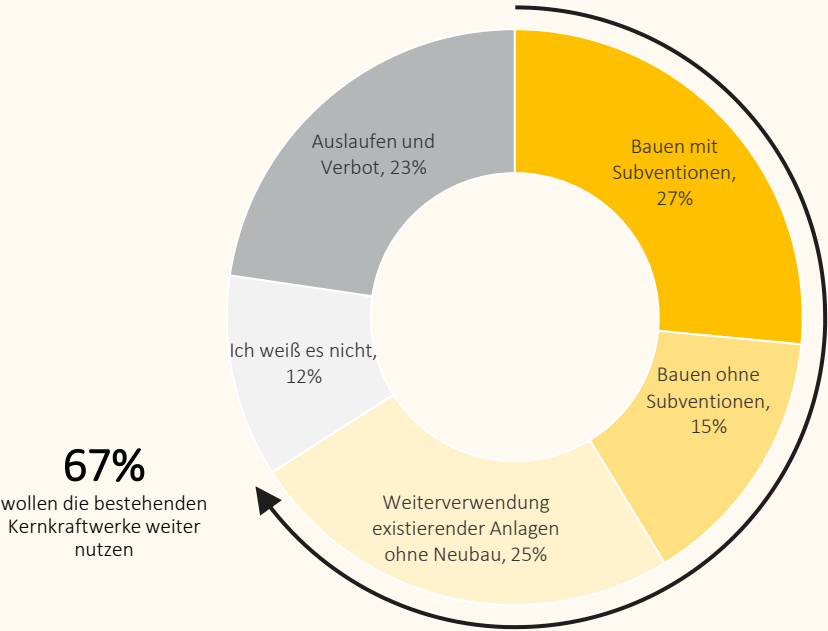


Anteil derjenigen, die sich gegen oder für die Nutzung der Kernenergie in ihrem Land aussprechen, %
 Meinung: ■ Eher ablehnend, ■ Stark ablehnend, ■ Stark befürwortend, ■ Eher befürwortend



Zwei Drittel der Deutschen wollen, dass Kernkraft weiter genutzt wird

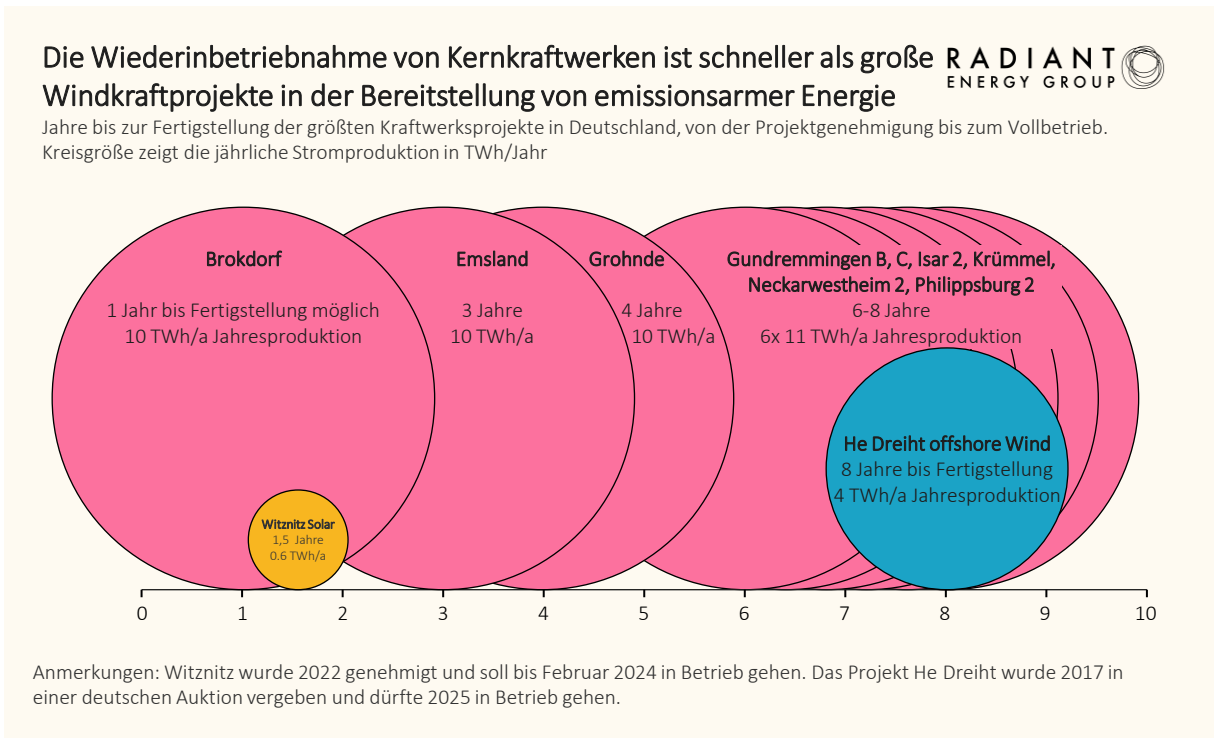
Anteil derjenigen, die sagen, dass sie mit jedem politischen Ansatz zur Nutzung der Kernenergie in ihrem Land übereinstimmen, %



Quelle: Grafik der Radiant Energy Group, veröffentlicht in ihrem Public Attitudes towards Clean Energy Index 2023

Zeitplan und nächste Schritte

Bei schnellem Handeln könnte Brokdorf bereits Ende nächsten Jahres wieder angefahren werden. Zwei weitere Reaktoren könnten bis Ende 2028 wieder in Betrieb genommen werden. Weitere sechs Reaktoren könnten bis Ende 2032 wieder anlaufen.



Um mit den Instandsetzungsmaßnahmen beginnen zu können, müssen zuvor die rechtlichen Voraussetzungen geschaffen werden. Insbesondere müsste der deutsche Bundestag das Atomgesetz ändern. Hierfür genügt eine einfache Mehrheit der Abgeordneten. Je nachdem, wie breit die politische Mehrheit im Bundestag für eine solche Gesetzesänderung ausfällt und wie viele Prüfungen die jeweiligen Regierungsfractionen durchführen wollen, kann die Änderung mehrere Tage, Wochen oder Monate in Anspruch nehmen.

Die deutsche Regierung kann und sollte rasch ein Rückbaumoratorium der Kraftwerke in den Kategorien 1, 2 und 3 anordnen. Kraftwerke der Kategorie 4 sollten schnellstmöglich zurückgebaut werden, um Platz für einen Neubau zu schaffen. Jeder Reaktor sollte eingehend untersucht werden, um festzustellen, welche Komponenten weiter verwendet werden können, welche repariert werden müssen und welche entfernt und ersetzt werden sollten.

Schlussfolgerung

Die Wiederinbetriebnahme der deutschen Kernreaktoren ist technisch machbar und volkswirtschaftlich sinnvoll. Es wurden keine unüberwindbaren Hindernisse festgestellt. Die USA zeigen, dass die Wiederinbetriebnahme stillgelegter Reaktoren nicht nur zwangsläufig, sondern auch wirtschaftlich lohnend. Große Technologieunternehmen wie Amazon, Microsoft und Google sind bereit, Spitzenpreise für langfristige Stromverträge mit Kernkraftwerken zu zahlen, weil der Strom zuverlässig, sauber und kurzfristig verfügbar ist. Die wichtigste Maßnahme ist die Einstellung der Rückbauarbeiten an den Reaktoren der Kategorien 1 und 2, bis die notwendigen Änderungen des Atomgesetzes verabschiedet sind. Industrielle Großabnehmer und Betreiber sollten Stromabnahmevereinbarungen in Erwägung ziehen, um den Wiederanlaufprozess zu fördern und unnötige Schäden an den Reaktoren zu begrenzen.

Autoren



Mark W. Nelson

Mark Nelson hat einen MPhil in Nukleartechnik von der Universität Cambridge und Abschlüsse in Maschinenbau und Luft- und Raumfahrttechnik von der Oklahoma State University. Er war als Berater für Unternehmen der Clean-Energy-Branche und für Umweltorganisationen auf der ganzen Welt tätig. Er ist in Chicago ansässig.



Madison Hilly

Madison Hilly hat einen B.S. in Umwelt- und Politikwissenschaften von der University of Wisconsin und hat die Konsequenzen von Atomausstiegsbeschlüssen auf der ganzen Welt analysiert. Ihre Arbeiten sind in der New York Times, Forbes und der Chicago Tribune erschienen. Sie lebt in Chicago.



Richard Ollington

Richard Ollington hat einen M.Eng. in Maschinenbau von der Universität Cambridge und war als Strategieberater in der Industrie- und Energiebranche für Kunden in aller Welt tätig. Er ist in London ansässig.

Quellen

1. "Cross Border Electricity Trading of Germany with its Neighbours in 2024", Fraunhofer ISE, November 25, 2024 https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=en&c=DE&source=cbpf_saldo&interval=year&stacking=stacked_absolute
2. "German Economy Expected to Contract Again in 2024, Economy Minister Says", Reuters, October 9, 2024, <https://www.reuters.com/markets/europe/german-economy-expected-contract-again-2024-economy-minister-says-2024-10-09/>
3. "More German Companies Mull Relocation due to High Energy Prices - Survey", Reuters, August 1, 2024, <https://www.reuters.com/business/energy/more-german-companies-mull-relocation-due-high-energy-prices-survey-2024-08-01/>
4. "Public Attitudes toward Clean Energy 2023 - Nuclear", Radiant Energy Group, 2023, <https://www.radiantenergygroup.com/reports/public-attitudes-toward-clean-energy-2023-nuclear>
5. "Cross Border Electricity Trading of Germany with its Neighbours in 2024", Fraunhofer ISE, November 25, 2024, https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=en&c=DE&source=cbpf_saldo&interval=year&stacking=stacked_absolute
6. "Energy Consumption in Germany in 2022", AG Energiebilanzen e.V., March 6, 2023, https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/07/AGEB_Jahresbericht2022_20230630_engl.pdf
7. "German Energy Consumption Falls in 2023 – and with it, CO₂ emissions", Clean Energy Wire, December 20, 2023 <https://www.cleanenergywire.org/news/german-energy-consumption-falls-2023-and-it-co2-emissions>
8. "Net Installed Electricity Generation Capacity in Germany", Energy-Charts.info, July 11, 2024, https://energy-charts.info/charts/installed_power/chart.htm?l=en&c=DE&year=-1&legendItems=bw3
9. "More German Companies Mull Relocation due to High Energy Prices - Survey", Reuters, August 1, 2024, <https://www.reuters.com/business/energy/more-german-companies-mull-relocation-due-high-energy-prices-survey-2024-08-01/>
10. "Sweden Plans 'Massive' Expansion of Nuclear Energy", World Nuclear News, November 17, 2023 <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Roadmap-launched-for-expansion-of-nuclear-energy-i>
11. "Dutch Government Supports Four New Nuclear Reactors", Power Magazine, June 6, 2024 <https://www.powermag.com/dutch-government-supports-four-new-nuclear-reactors/>
12. "NRA Approves Use of Japanese Reactors Beyond 60 years", World Nuclear News, 14 February 2023, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/NRA-approves-use-of-japanese-reactors-beyond-60-ye>

-
13. "New Energy Policy Reverses Korea's Nuclear Phase-out", World Nuclear News, July 5, 2022, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/New-energy-policy-reverses-Korea-s-nuclear-phase-o>
 14. "NuScale Power ...to Power Nucor Electric Arc Furnace Steel Mills", Nuscale, May 16, 2023, <https://www.nuscalepower.com/en/news/press-releases/2023/nuscale-and-nucor-sign-mou-to-explore-using-smrs-to-power-electric-arc-furnace-steel-mills>
 15. "Thyssenkrupp will 11.000 Stellen abbauen", FAZ, November 25, 2024, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/thyssenkrupp-stahl-will-bis-ende-2030-11-000-stellen-abbauen-110133356.html>
 16. "Google and Kairos Power Team up for SMR deployments", World Nuclear News, October 15, 2024, <https://www.world-nuclear-news.org/articles/google-and-kairos-power-team-up-for-smr-deployments-in-us-first>
 17. "Amazon Backs Massive Nuclear SMR Deployment", Power Magazine, Oct 16, 2024, <https://www.powermag.com/amazon-backs-massive-nuclear-smr-deployment-5-gw-with-x-energy-agreements-with-energy-northwest-dominion/>
 18. "Microsoft May Pay Constellation Premium in Three Mile Island Power Agreement", Reuters, September 24, 2024, <https://www.reuters.com/markets/deals/microsoft-may-pay-constellation-premium-three-mile-island-power-agreement-2024-09-23/>
 19. "Der Erhalt von sechs Kernkraftwerken könnte den Großhandelspreis für Strom um die Hälfte absenken", B Peters, atw 68(6), 2022 https://kernd.de/wp-content/uploads/2023/05/Artikel_atw_2022-06_Der_Erhalt_von_sechs_Kernkraftwerken_koennte_den_Grosshandelspreis_fuer_Strom_um_die_Haelft_absenken_Bjoern_Peters.pdf
 20. "Decommissioning Costs of Nuclear Power Plants – An International Overview", vgbe energy journal, 2024, <https://www.vgbe.energy/wp-content/uploads/2024/05/vgbe-ej-2024-05-039-043-HIPPAUF-RGB-Specimen-Copy.pdf>
 21. "So Viel Kostet der Rückbau des Atomkraftwerks Grohnde", Westfalen-Blatt, November 12, 2023, <https://www.westfalen-blatt.de/owl/bielefeld/rueckbau-atomkraftwerk-grohnde-kosten-2881665?pid=true&npg>; Das große Hadern: Kernkraftwerk Isar 2 wird geschlossen, <https://www.heise.de/news/Kernkraftwerk-Isar-2-vor-dem-Aus-Rueckbau-kostet-2-2-Milliarden-Euro-8233048.html>
 22. "Tributes Paid as Germany's Last Nuclear Plants Close", World Nuclear News, April 17, 2023, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Tributes-paid-as-Germany-s-last-nuclear-plants-clo>
 23. "Decommissioning Nuclear Facilities", World Nuclear Association, May 3, 2022, <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-waste/decommissioning-nuclear-facilities#:~:text=Of%20the%20eight%20German%20units,for%20decommissioning%20and%20waste%20disposal>

-
24. "Nuclear Energy Could Have Saved Germany €332 Billion, According to Research", Foro Nuclear, September 2, 2024, <https://www.foronuclear.org/en/updates/news/nuclear-energy-could-have-saved-germany-e332-billion-according-to-research/>
 25. "Kernenergie bewirkt höheren Nutzen als gesellschaftliche Kosten", B Peters, H-P Musahl, atw 66(1), 2021
https://kernd.de/wp-content/uploads/2023/05/Artikel_atw_D_2021-1_Kernenergie_bewirkt_hoeheren_Nutzen_als_gesellschaftliche_Kosten_Peters_Musahl.pdf
 26. "Electricity 2024: Analysis and Forecast to 2026", International Energy Agency, May 2024, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/18f3ed24-4b26-4c83-a3d2-8a1be51c8cc8/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>
 27. "Three Mile Island Nuclear Plant will Reopen to Power Microsoft Data Centers", NPR, September 20, 2024, <https://www.npr.org/2024/09/20/nx-s1-5120581/three-mile-island-nuclear-power-plant-microsoft-ai>
 28. "EWI Merit-Order Tool 2022 Update", EWI, November 2022
<https://www.ewi.uni-koeln.de/en/publications/ewi-merit-order-tool-2022-update/>
 29. "Is Nuclear Power Getting a New Chance?", Handelsblatt, November 14, 2024, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/kernenergie-bekommt-die-atomkraft-eine-neue-chance/100088496.html>
 30. "Uranium Enrichment," World Nuclear Association, Updated November 19, 2024, <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/uranium-enrichment>
 31. "Urenco Deutschland," Urenco, 2024, <https://www.urengo.com/global-operations/urengo-deutschland>
 32. "IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-1.24", IAEA, 2013, https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1601_web.pdf
 33. "Finland / Posiva Completes First Stage Of Trial Run At Onkalo Deep Geological Repository", NucNet, September 16, 2024, <https://www.nucnet.org/news/posiva-completes-first-stage-of-trial-run-at-onkalo-repository-for-spent-nuclear-fuel-9-1-2024>
 34. "Environmental Permit Granted for Swedish Repository", World Nuclear News, October 25, 2024, <https://world-nuclear-news.org/articles/environmental-permit-granted-for-swedish-repository>
 35. "Public Attitudes toward Clean Energy 2023 - Nuclear", Radiant Energy Group, 2023, <https://www.radiantenergygroup.com/reports/public-attitudes-toward-clean-energy-2023-nuclear>
 36. "Public Attitudes toward Clean Energy 2023 - Nuclear", Radiant Energy Group, 2023, <https://www.radiantenergygroup.com/reports/public-attitudes-toward-clean-energy-2023-nuclear>

Über Radiant Energy Group

Die Radiant Energy Group ist ein Energieberatungsunternehmen, das sich für die Beendigung der Armut und des Klimawandels einsetzt, indem es Führungskräften aus Wirtschaft und Politik datengestützte Erkenntnisse und Strategien zur Verfügung stellt, um eine kohlenstoffarme, energiereiche Zukunft zu realisieren.

Die Radiant Energy Group ist ein unabhängiges Beratungsunternehmen mit Sitz in Chicago und London.

Über diesen Bericht

Für die Recherchen zu diesem Bericht wurden vertrauenswürdige Experten aus der deutschen Industrie und unabhängige Sachverständige befragt sowie deutschsprachige Publikationen und Medien herangezogen. Die Befragten haben unter der Bedingung der Anonymität Einzelheiten zu den Herausforderungen der Wiederinbetriebnahme von Kernkraftwerken in Deutschland benannt.

Besonderer Dank gilt Noah Rettberg für seine Ratschläge und Empfehlungen.

Deutsche Fassung: Peters Coll. Unternehmens- und Politikberatung.

Kontaktieren Sie uns

info@radiantenergygroup.com

