

Wiederinbetriebnahme der deutschen Kernkraftwerke: Ist das machbar?

Juli 2023



RADIANT
ENERGY GROUP

Deutschland kann nach wie vor acht Reaktoren wieder in Betrieb nehmen. Im Rahmen unserer Studie konnten keine unüberwindbaren Hürden für dieses Szenario identifiziert werden.

Es ist jedoch schnelles Handeln auf administrativer und politischer Ebene erforderlich.

Brokdorf, Schleswig-Holstein DE



Inhalt

Kurzfassung	3
Einführung	4
Potenzial zur Wiederinbetriebnahme	7
Machbarkeit der Wiederinbetriebnahme	
Bedingungen für den Weiterbetrieb	9
Betriebserlaubnis	11
Wiedereinstellung von Arbeitskräften	11
Versorgung mit Brennelementen	12
Überprüfung der Ausrüstung	13
Entsorgung	13
Finanzielle Überlegungen	13
Öffentliche Zustimmung	14
Zeitplan und nächste Schritte	16
Fazit	17

Autoren	17

Kurzfassung

Deutschland hat seine letzten Kernkraftwerke am 15. April 2023 abgeschaltet. Seitdem liegen die Energiepreise über dem Niveau vor der Energiekrise, Deutschland ist zum Strom-Nettoimporteur geworden und die deutsche Industrie leidet unter der Auslagerung von Fabriken in die USA und andere Länder. Die Rücknahme des deutschen Atomausstiegs wird von der Öffentlichkeit unterstützt, lohnt sich wirtschaftlich und ist technisch machbar.

67%

öffentliche
Unterstützung
in Deutschland

67% der Deutschen unterstützen die Kernenergie auch nach der Abschaltung ihrer Kraftwerke. Eine Umfrage vom 11. Juli 2023, nach der Abschaltung der letzten deutschen Kernreaktoren, bestätigt, dass fast zwei Drittel der deutschen Öffentlichkeit die weitere Nutzung der Kernenergie zur Erreichung der EU-Klimaschutzziele befürworten, ein mehr als doppelt so hoher Anteil wie jener der Gegner der Kernenergienutzung.

250 Mrd.€

Volkswirtschaft-
licher Vorteil

250 Milliarden Euro an deutscher Industrieproduktion könnten durch günstigere Großhandelspreise für Strom gegenüber den USA gerettet werden. Ab Mai 2023 zeigen die Wirtschaftsdaten eine Verschlechterung der Industrieproduktion in Deutschland aufgrund zu hoher Energiekosten. Die Wiederinbetriebnahme von acht deutschen Reaktoren könnte jährlich mehr als 85 TWh Strom zu Kosten von 25 €/MWh liefern. 85 TWh entsprechen 40% des Strombedarfs der gesamten deutschen Industrie - oder dem Strombedarf von Unternehmen, die in Deutschland ein BIP in Höhe von 250 Milliarden Euro in den Bereichen Chemie, Petrochemie, Maschinen- und Anlagenbau erwirtschaften.

9 Monate

bis zum
Wiederanfahren

Im günstigsten Fall würden nur 9 Monate benötigt, um viele der Reaktoren wieder anzufahren. In unserem realistisch machbaren Best-Case-Szenario könnten sechs Reaktoren innerhalb von 9-12 Monaten und zwei weitere Reaktoren innerhalb von 2-3 Jahren wieder in Betrieb genommen werden. Die größte politische Herausforderung dabei läge in der Änderung des Atomgesetzes. Bei den meisten Reaktoren wäre der wichtigste zeitliche Engpass die Ausbildung des Personals. Bei zwei der in Betracht gezogenen Reaktoren würden die Reparatur, der Wiederaufbau sowie die Genehmigung neuer Betriebslizenzen mehrere Jahre dauern.

Weitere Vorteile

Die CO₂-Emissionen in der Stromerzeugung würden um bis zu 80 Millionen Tonnen pro Jahr sinken, wenn die Kohleverstromung durch emissionsfreie Stromerzeugung aus Kernkraft ersetzt wird. Etwa 5.000 gut bezahlte Arbeitsplätze in ländlichen Gebieten, wo Kernkraftwerke stehen, würden erhalten bleiben. Darüber hinaus würde die einst hochmoderne, weltweit führende deutsche Nuklearindustrie wiederbelebt, in einer Zeit, in der Länder auf der ganzen Welt dabei sind, Kapazitäten in diesem Bereich aufzubauen oder zu erweitern.

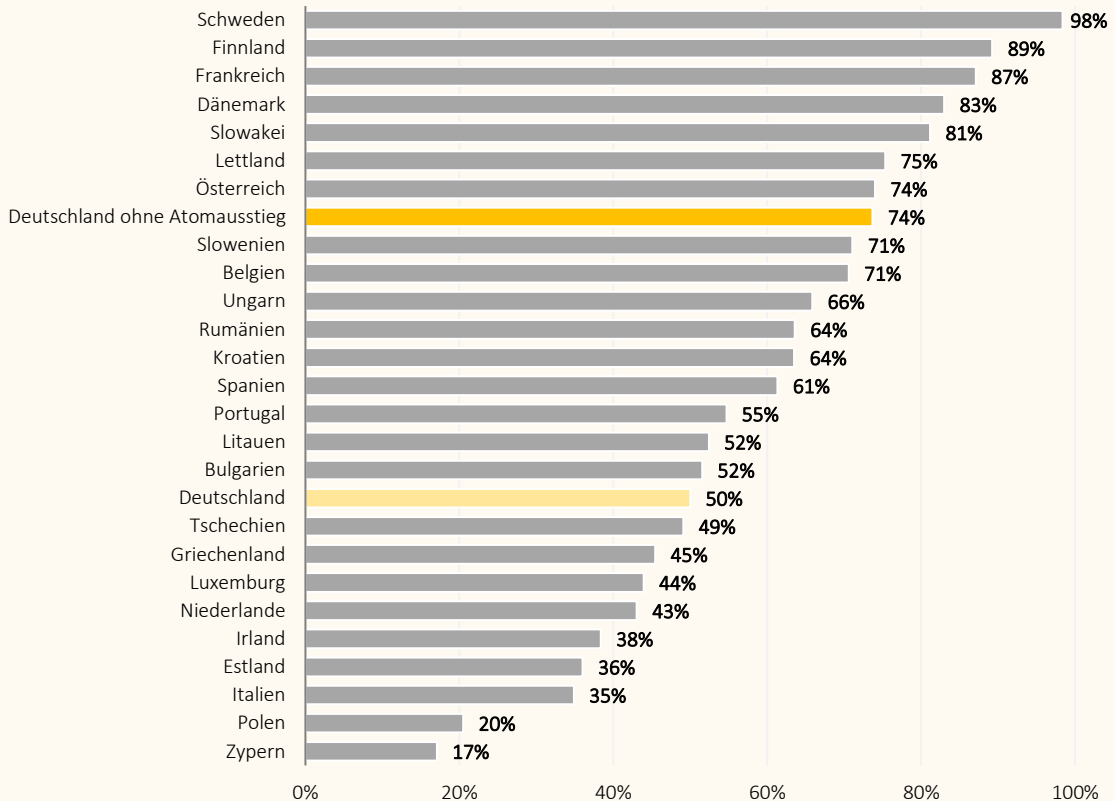
Einführung

Deutschland betrieb einst eine der größten Kernkraftwerksflotten der Welt. Das Land war auch weltweit ein führender Anbieter von Reaktoren und nuklearen Dienstleistungen. Jahrzehntelanger öffentlicher Widerstand stoppte den Ausbau der Kernenergie zum Jahr 1990, im Jahr 2002 folgte der Beschluss des Ausstiegs aus der Nutzung der Kernenergie, nach dem alle Reaktoren bis zum Jahr 2022 abgeschaltet sein sollten. Im Jahr 2009 verlängerte die Regierungskoalition unter Angela Merkel die Laufzeiten der deutschen Kernkraftwerke um bis zu 14 Jahre. Im unmittelbaren Angesicht des Reaktorunglücks in Fukushima-Daiichi im März 2011 entschied Bundeskanzlerin Merkel, sich doch für einen schnellen Ausstieg bis zum 31. Dezember 2022 einzusetzen. Nach einer viermonatigen, begrenzten Laufzeitverlängerung aufgrund von Energieengpässen infolge des de-facto-Erdgasembargos Russlands, stellten die deutschen Kernkraftwerke schließlich am 15. April 2023 die Stromproduktion ein.

Ohne den Atomausstieg hätte Deutschland einen weit höheren Anteil an CO₂-armem Strom

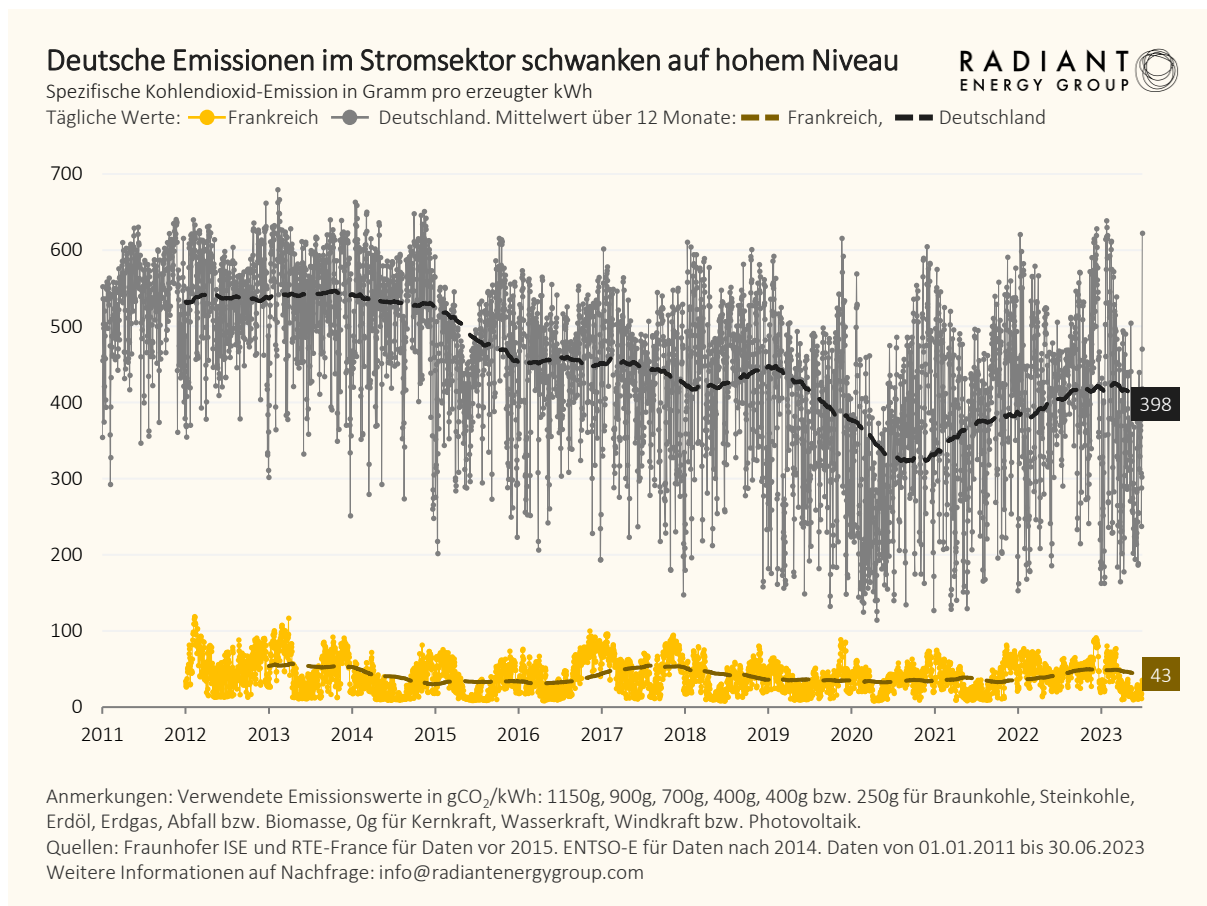


Anteil an der Gesamterzeugung in EU-Ländern, 2022, in %



Quellen: Analyse der Radiant Energy Group, EI Statistical Review of World Energy

Anstelle der Kernenergie plant Deutschland seine Kohlekraftwerke weiterzubetreiben, große Mengen an Wind- und Solarenergie zu errichten sowie Erdgas zu verwenden, um die täglichen und saisonalen Schwankungen der Erzeugung aus Wind und Sonne auszugleichen. Diese Mischung aus Wind, Sonne und Erdgas soll dann im Laufe der Zeit die Kohlenutzung ersetzen. Deutschland fördert selbst kaum Erdgas, die Kosten für den Einkauf auf dem Weltmarkt liegen in der Regel deutlich über dem Niveau, das für Deutschlands energieintensive Industriesparten verkraftbar ist. Deutschlands Ausweg bestand darin, Gaspipelines nach Russland massiv auszubauen, wo Preise deutlich unter dem Weltmarktniveau zu erzielen waren.



Spätestens der Einmarsch Russlands in die Ukraine am 24. Februar 2022 hat gezeigt, wie riskant es war, sich bei der Energieversorgung auf Russland zu verlassen. Leider hatte Deutschland seine Stromversorgung und seine Schwerindustrie langfristig auf eine friedliche Zukunft mit preiswertem Pipeline-Erdgas ausgerichtet und bezog außerdem auch einen Großteil seines Öls und seiner Steinkohle aus Russland.

Deutschland hatte geplant, 110 Milliarden Kubikmeter Erdgas pro Jahr über die Pipelines Nord Stream 1 und Nord Stream 2 direkt aus Russland zu importieren. In den Tagen vor der Invasion sagte Deutschland dann jedoch unter starkem politischen Druck die Eröffnung der bereits fertiggestellte Nord-Stream-2-Pipeline ab. Bis Mitte Juli des Jahres hatte Russland die Gasflüsse über Nord Stream 1 stark reduziert. Schließlich wurden am 26. September 2022

75% der Transportkapazität von Nord Stream durch eine Explosion zerstört.

Der Krieg und die Unterbrechung der Gasversorgung führten dazu, dass deutsche Politiker begannen, die Sinnhaftigkeit des Atomausstiegs infrage zu stellen. Am 27. Februar 2022 wurde der deutsche Wirtschafts- und Klimaminister Robert Habeck von der ARD gefragt, ob er sich vorstellen könne, die Atomkraftwerke im Rahmen des deutschen Ausstiegsplans länger als geplant laufen zu lassen. [Habeck](#) antwortete: "Es gibt keine Denktabus." [Lars Feld](#), ein hochrangiger Berater von Finanzminister Christian Lindner, verlautbarte "Atomkraft und Kohle müssen wieder auf den Tisch."

Letztendlich einigten sich die drei Parteien der deutschen Regierungskoalition im späten Frühjahr 2022 jedoch stattdessen auf die Reaktivierung von Kohlekraftwerken. Die Kernenergie war selbst innerhalb des Kabinetts zu einem kontroversen Thema geworden, wobei die Spitze der Grünen sich vehement gegen einen Weiterbetrieb der letzten drei Reaktoren einsetzte. Letztlich entschied die Regierung dennoch Ende des Jahres 2022, den Betrieb der Kernkraftwerke um mehrere Monate zu verlängern, da im Falle eines kalten Winters mit ernsthaften Engpässen bei den Erdgasvorräten in ganz Europa zu rechnen gewesen wären.

Die letzten deutschen Reaktoren stellten somit am 15. April 2023 ihren Betrieb ein. Die deutsche Öffentlichkeit hatte jedoch im Laufe der Krise eine immer positivere Haltung zur Kernenergie eingenommen, und mindestens eine der Betreibergesellschaften hatte sich öffentlich für eine Laufzeitverlängerung bis zum April 2023 ausgesprochen. Politiker forderten ebenfalls offen eine Laufzeitverlängerung, so zum Beispiel der bayerische Ministerpräsident [Markus Söder](#), der sich dafür einsetzte, die bayerischen Kernkraftwerke entgegen der Bundespolitik weiterlaufen zu lassen. Selbst ein einflussreicher Politiker der Grünen, der langjährige Vorstand der Heinrich-Böll-Stiftung [Ralf Fücks](#), zweifelte öffentlich den Sinn der Stilllegungen an, angesichts der Folgen für Klima und Wirtschaft sowie der Ausrichtung entgegen dem internationalen Konsens.

[E.On](#), einer der drei deutschen Energieversorger, äußerte sich Berichten zufolge offen für eine weitere Laufzeitverlängerung. Unter den Energieversorgern hat sich nur die [RWE](#), die den größten Teil seines Stroms aus Kohle und Erdgas erzeugt, öffentlich klar gegen eine Verlängerung ausgesprochen.

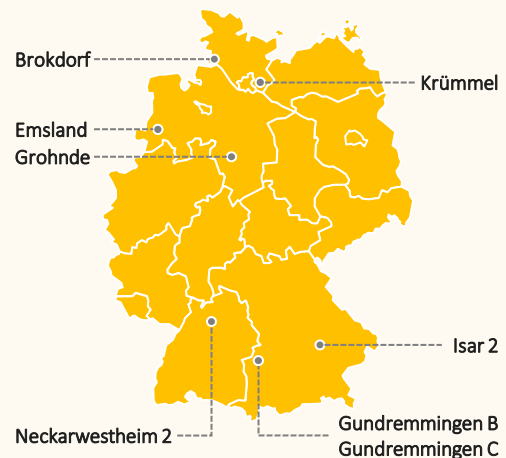
Die unmittelbarste Frage für Politik, Presse und die Öffentlichkeit ist, wie viele der deutschen Kernkraftwerke in einem überschaubaren Zeitraum wieder in einen betriebsbereiten Zustand versetzt werden können und somit zeitnah für die Stromproduktion zur Verfügung stehen können. Die **Antwort lautet**: Es gibt acht Reaktoren, die mit vertretbarem Aufwand und Kosten wieder angefahren werden können. Dieser Bericht zeigt die Hindernisse auf, die einem Neustart entgegenstehen, sowie die erforderlichen Schritte, um diese Hindernisse aus dem Weg zu räumen. Die beiden **dringendsten Maßnahmen** sind die schnellstmögliche Einstellung der momentan laufenden Rückbaumaßnahmen und der Beschluss der notwendigen Änderungen des Atomgesetzes im Bundestag.

Potenzial zur Wiederinbetriebnahme

In Deutschland gibt es mindestens acht Kernreaktoren, bei denen mit dem Rückbau entscheidender Komponenten im Reaktor-gebäude jedoch noch nicht begonnen wurde. Diese Reaktoren haben das größte Potenzial für eine Wiederinbetriebnahme. Zusammen besitzen diese Reaktoren eine elektrische Nettoleistung von insgesamt 10,7 GW, das entspricht ca. 30% des deutschen Mindest- bzw. Grundlaststrombedarfs von 35 GW.

Alle acht Reaktoren können aufgrund des guten Zustands ihres nuklearen Anlagenteils und insbesondere ihrer sicherheitsrelevanten Systeme wieder in Betrieb genommen werden. Wie leicht dies möglich ist, hängt somit vor allem von der politischen Unterstützung auf Landesebene, der Haltung des Eigentümers zur Laufzeitverlängerung sowie dem Vorliegen einer Betriebsgenehmigung ab.

Standorte der wichtigsten deutschen Kernreaktoren



Isar 2 hat unter den untersuchten Reaktoren das größte Potenzial für eine Wiederinbetriebnahme, da es sich zum einen im Bundesland Bayern befindet, dessen Regierung der Kernkraft positiv gegenüber steht, sich im Besitz von Betreibern befindet,

Potenzial zur Wiederinbetriebnahme acht deutscher Reaktoren



Name	Nettoleistung	Status der Betriebserlaubnis	Haltung der Landersregierung	Eigentümer (nukleare Haltung)	Potenzial
Isar 2 (KKI-2)	1.410 MW	✓ - liegt vor	✓ - Bayern	✓ - E.ON	●
Brokdorf (KBR)	1.410 MW	✓ - liegt vor	X - Schleswig-Holstein	✓ - E.ON	●
Grohnde (KWG)	1.360 MW	✓ - liegt vor	X - Niedersachsen	✓ - E.ON	●
Krümmel (KKK)	1.346 MW	✓ - liegt vor	X - Schleswig-Holstein	✓ - Vattenfall/E.ON	●
Neckarwestheim 2 (GKN-2)	1.310 MW	✓ - liegt vor	X - Baden Württemberg	X - EnBW	●
Emsland (KKE)	1.335 MW	✓ - liegt vor	X - Niedersachsen	X - RWE	●
Gundremmingen B (KRB-B)	1.284 MW	X - benötigt	✓ - Bayern	X - RWE	○
Gundremmingen C (KRB-C)	1.288 MW	X - benötigt	✓ - Bayern	X - RWE	○

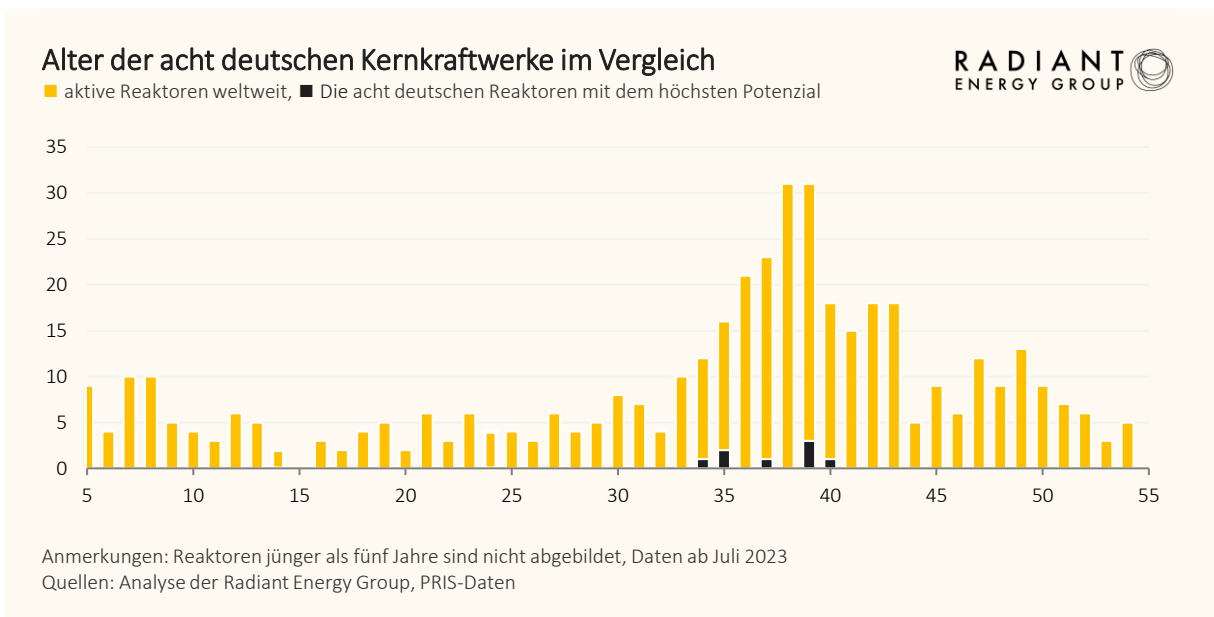
Quellen: Analyse der Radiant Energy Group, Expertenbefragung

die eine Laufzeitverlängerung befürworten, und des Weiteren zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch über eine gültige Betriebserlaubnis verfügt. Weitere Reaktoren, darunter Grafenrheinfeld und Philippsburg 2, wurden in dieser Analyse untersucht.

In Anbetracht des fortschreitenden Rückbaus dieser Reaktoren, ihres Standorts in Bundesländern, die der Kernenergie kritisch gegenüber stehen, sowie momentan widerstrebenden Eigentümern ist ihr Potenzial für die Wiederinbetriebnahme deutlich geringer als bei den acht vorgestellten Reaktoren. Diese weiteren Reaktoren bleiben dennoch gute Kandidaten für eine zukünftige Instandsetzung, sollten sich die politischen Verhältnisse in Deutschland ändern. Aus diesem Grund empfehlen wir dringend, die weitere Zerstörung auch dieser Anlagen zu stoppen.

Machbarkeit der Wiederinbetriebnahme

Die Wiederinbetriebnahme ist machbar. Acht deutsche Reaktoren befinden sich in einem technisch hervorragenden Zustand und sind jünger als andere Reaktoren, deren Laufzeit derzeit weltweit verlängert wird. Emsland I und Isar II zum Beispiel sind jeweils 35 Jahre alt, sie wurden 1988 in Betrieb genommen. Die anderen sechs Reaktoren sind ebenfalls seit weniger als 40 Jahren in Betrieb. In den USA liegt das Durchschnittsalter der in Betrieb befindlichen Reaktoren bei 43 Jahren. Das Kernkraftwerk Beznau im schweizerischen Aargau, sechs Kilometer von der deutschen Grenze entfernt, beherbergt die ältesten Druckwasserreaktoren der Welt, die bereits seit 54 Jahren in Betrieb sind. Die deutschen Reaktoren haben bereits eine Vielzahl von Nachrüstungen vorgenommen und Wartungsarbeiten durchgeführt, die für einen Betrieb von 50 Jahren und mehr erforderlich sind.



Bedingungen für den Weiterbetrieb

Laut Gesetz müssen die sechs Reaktoren, die Stand Juli 2023 noch über eine Betriebserlaubnis verfügen, in einem betriebsfähigen Zustand gehalten werden. Die beiden Reaktoren in Gundremmingen, für die derzeit keine Betriebserlaubnis vorliegt, und bei denen mit ersten Rückbauarbeiten begonnen wurde, können ebenfalls, wenn auch zu höheren Kosten und mit längeren Vorlaufzeiten, gerettet werden.

Um mit der Stilllegung eines Reaktors beginnen zu können, müssen die Anlagen eine Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (SAG) von der Atomaufsichtsbehörde des Bundeslandes erhalten, in dem sie sich befinden. Um laufende Kosten zu verringern, haben alle Kraftwerkseigentümer bereits eine SAG beantragt. Wenngleich diese Anträge von den

Betreibern jederzeit zurückgezogen werden können, so sie eben einen Nutzen darin sehen, ihre Reaktoren weiter instandzuhalten.

Sobald der Antrag gestellt wurde, können die Landesregierungen das Verfahren der Ausstellung der SAG beeinflussen - und auch verzögern. So wurde das Kernkraftwerk Krümmel zwar bereits 2011 abgeschaltet, hat aber noch immer keine Rückbaugenehmigung erhalten, da der grüne Umweltminister des Bundeslandes aufgrund von Beschwerden über technische Probleme Einwände gegen die Ausstellung erhoben hat. Ironischerweise haben die Einwände von Atomkraftgegner gegen die Rückbaupläne so dazu geführt, dass Krümmel weiterhin ein guter Kandidat für eine Wiederinbetriebnahme darstellt. In Krümmel wurden zwar die Dampfturbine und einige Notstrom-Dieselgeneratoren entfernt, bezüglich des Reaktorkerns befindet sich die Anlage jedoch in einem hervorragenden Zustand.

Die beiden Reaktoren im bayerischen Gundremmingen haben zwar ihre Rückbaugenehmigung bereits erhalten, die Maßnahmen sind jedoch noch nicht entscheidend vorangeschritten. Somit ist nach Ansicht von Industrievertretern eine Wiederinbetriebnahme weiterhin möglich, unter der Bedingung, dass der weitere Rückbau von der bayerischen Regierung gestoppt und die Betriebsgenehmigungen wieder erteilt werden.

Ein befragter Experte berichtet, dass im Fall Neckarwestheim II unter Umständen ein Austausch der Dampferzeuger notwendig wäre, allerdings nur für einen Betrieb über das Jahr 2032 hinaus. Dampferzeuger sind Bestandteil jeden Druckwasserreaktors und befinden sich innerhalb des Reaktorgebäudes. Die deutschen Reaktoren wurden so konstruiert, dass der Austausch der Dampferzeuger ohne größeren Aufwand möglich ist, der Vorgang benötigt einige Wochen. Dies ist möglich, da das Reaktorgebäude mit einer für diesen Vorgang ausreichend großen Öffnung versehen wurden.

Quellen berichten, dass sowohl Brokdorf als auch Grohnde mit ähnlichen Zeitplänen wie die drei zuletzt stillgelegten Reaktoren reaktiviert werden können. Die befragten Experten stimmten somit im Wesentlichen mit dem Urteil von [Joachim Bühler](#), Vorstandsmitglied des TÜV-Verbands, vom Juli 2022 zu, von dem die Zeitung "Bild" berichtete. Bühler sagte, dass abgeschaltete Reaktoren innerhalb weniger Monate wieder in Betrieb genommen werden könnten. Unsere Experten äußerten Vorbehalte gegenüber einiger von Bühler genannter, sehr kurzer Zeiträume und glauben, dass eine Wiederinbetriebnahme dieser Reaktoren vermutlich durch die Schulung des Personals begrenzt ist und daher vermutlich mehr als ein Jahr in Anspruch nehmen würde.

Um den Betrieb langfristig aufrechtzuerhalten, müssen weitere, kleinere Komponenten nach und nach ersetzt werden. Diese Maßnahmen sind jedoch nicht von vordringlicher Natur, die Kosten hierfür sind ohne weiteres durch den laufenden Ertrag der Reaktoren zu decken.

Betriebserlaubnis

Bevor eine Laufzeitverlängerung gewährt werden kann, muss das [Atomgesetz](#) geändert werden. Im Jahr 2011 hat der Gesetzgeber die 13. Änderung des Gesetzes vorgenommen, die die Nutzung der Kernenergie für die kommerzielle Stromerzeugung in Deutschland verbietet.

Wie das Gesetz selbst können auch die Betriebspläne geändert werden. Wie Experten der Energieversorger mitteilten, hat die Branche wesentlich mehr Erfahrung im Betrieb von Kernkraftwerken als mit der Stilllegung und Rückbau. Nach der Änderung des Atomgesetzes kann die Wiederinbetriebnahme der Kraftwerke, die noch über eine gültige Betriebserlaubnis verfügen, so schnell wie technisch gesehen möglich erfolgen. Gegebenenfalls muss vor einer Wiederinbetriebnahme die im Regelfall alle zehn Jahre fällige, periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) nachgeholt und die Anlage auf deren Grundlage auf den aktuellen Stand der Technik nachgerüstet werden. In Abstimmung mit der Aufsichtsbehörde kann dieser Prozess parallel zum Wiederaufstart des Reaktors erfolgen.

Wiedereinstellung von Arbeitskräften

Im Fall der im April stillgelegten Reaktoren dürfen die Anlagen im ersten Jahr nach der Abschaltung das Personal nicht wesentlich reduzieren. Solange abgebrannte Brennelemente vor Ort sind, muss ein großer Teil des zertifizierten Personals weiterhin am Standort vorgehalten werden. Von uns befragten Experten, die mit der Stimmung der Angestellten vor Ort vertraut sind, haben berichtet, dass die meisten Mitarbeiter bereit wären, in den aktiven Betrieb zurückzukehren.

Das Kraftwerkspersonal ist bereit, sein persönliches Leben so umzugestalten, dass eine Wiederinbetriebnahme des Kraftwerks an ihrem Standort möglich ist. Experten berichten, dass Vorruhestandsentscheidungen oder das Erreichen des Rentenalters für die Mitarbeiter kein Hindernis wären, im Falle einer Wiederinbetriebnahme der Anlagen weiter mitzuarbeiten. Darüber hinaus gehen die Betreiber davon aus, dass sie bei Bedarf auch auf andere europäische Atomprogramme zurückgreifen können, zumal auch deutsche Angestellte das Land in den zurückliegenden Jahren in Erwartung der Stilllegungen dorthin verlassen hatten. Langfristig, so die Manager der Energieversorger, dauert es etwa drei Jahre, um junge Ingenieure und Techniker so auszubilden, dass sie die volle Verantwortung für einige der Schlüsselpositionen in der Anlage übernehmen können.

Versorgung mit Brennelementen

Die zuletzt in Betrieb befindlichen Reaktoren haben keinen Kernbrennstoff für einen Normalbetrieb über Dezember 2022 hinaus bestellt. Brennelemente werden sorgfältig für jeden einzelnen Reaktor entwickelt und sind in der Regel nicht austauschbar, auch wenn Reaktoren ähnlichen Typs in Bezug auf Abmessungen oder Anreicherungsgrad Ähnlichkeiten aufweisen.

Neuer Kernbrennstoff müsste bei einem Brennelementhersteller wie Westinghouse oder Framatome nachbestellt werden. Die Kapazitäten dieser Unternehmen sind für diese Art von zusätzlichen Aufträgen ausreichend. Das Werk des Brennstofflieferanten Westinghouse in Springfield (Großbritannien) beispielsweise ist deutlich unterausgelastet und hat aus diesem Grund im Moment sein Dienstleistungsangebot reduziert, es könnte dieses aber wieder ausweiten, wenn russische Konkurrenten längerfristig von den westlichen Märkten ausgeschlossen bleiben.

Die Herstellerfirmen geben häufig eine 18-monatige Bearbeitungszeit für neue Brennelemente ab dem Zeitpunkt der Bestellung an, was zugleich dem typischen 18-monatigen Brennelementwechselzyklus der meisten Reaktoren entspricht. Philippe Knoche, der Vorstandsvorsitzende des französischen Kernbrennstoffkonzerns [Orano](#) hat jedoch erklärt, dass er bereit und willens ist, an schnellen Lösungen zu arbeiten, um den deutschen Kernkraftwerken zu ermöglichen, den Betrieb fortzusetzen.

Ein Experte berichtete, dass [Westinghouse](#) unter normalen Bedingungen nur 114 Tage für die Herstellung jeder Kernbrennstofflieferung benötigt, wenn man ab dem Zeitpunkt der Ankunft des Urans in der Produktionsanlage rechnet. Planungen sehen vor, diesen Zeitraum bis 2025 auf 57 Tage zu reduzieren.

In der Zwischenzeit gibt es Möglichkeiten, die Brennelemente in den Reaktoren über die übliche Einsatzdauer hinaus zu betreiben. Indem sie die Brennelemente im Reaktor neu anordnen, können die Betreiber den Brennstoffverbrauch optimieren und den Reaktor sicher mit einer Teilleistung weiter betreiben. Deutsche Betreiber konnten hier im Fall des 2015 stillgelegten Grafenrheinfeld Erfahrung sammeln, wo der Reaktor zwei Jahre oder mehr ohne Brennelementwechsel betrieben wurde, um die darauf anfallende Brennelementesteuer zu vermeiden. Weiterhin wurde diese Erfahrung für den Streckbetrieb der letzten Reaktoren genutzt, wo die Reaktoren so noch fast vier Monate mit der gleichen Beladung weiterlaufen konnten.

Im Fall des Kernkraftwerks Brokdorf ist genügend Kernbrennstoff vorhanden, um die Reaktoren mit dem vorhandenen Inventar und den genannten Maßnahmen für mindestens ein Jahr zu betreiben.

Überprüfung der Ausrüstung

Die Lieferketten für bestimmte Teile und Ausrüstungen, die für eine langfristige Verlängerung des Betriebs benötigt werden, wurden zum Teil aus Deutschland ausgelagert. Inländische Anbieter werden ihre Geschäftsstrategie im Falle einer Laufzeitverlängerung neu ausrichten müssen, wenn sie wieder das frühere Niveau in der Beschaffung von Ausrüstungsgegenständen aus Deutschland erreichen wollen. Kurzfristig könnte es notwendig sein, frühzeitig auf ausländische Hersteller auszuweichen. Internationale Lieferanten sind es jedoch gewohnt, maßgeschneiderte Teile und Ausrüstungen für individuelle Anlagen ihrer Kunden zu produzieren. In anderen Teilen der Welt haben sich Lieferketten je nach den jeweiligen wirtschaftlichen und politischen Bedingungen vor Ort zum Teil in Gänze in andere Länder verlagert, sodass dies für eine globalisierte Industrie kein Problem oder gar ein Novum darstellt.

Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass die deutschen Dampferzeuger mit höheren Ansprüchen an die Materialqualität hergestellt wurden als bei amerikanischen und französischen Reaktoren ähnlicher Bauart. Ein Austausch wird, wenn überhaupt, erst weit in der Zukunft erforderlich sein.

Entsorgung

Nach Angaben der IAEA produziert jeder deutsche Reaktor 25 Tonnen abgebrannte Brennelemente pro Jahr. Das bedeutet, dass bei einer Wiederinbetriebnahme der acht infrage kommenden Reaktoren zusätzlich 200 Tonnen abgebrannte Brennelemente pro Jahr anfallen würden. Würden die acht Reaktoren 20 Jahre lang weiterbetrieben, erhöhte sich die Menge des in Deutschland gelagerten Atommülls demnach von derzeit 11.000 auf etwa 15.000 Tonnen. Die hierdurch zusätzlich anfallenden Kosten könnten durch zusätzliche Beiträge in den Rückbaufonds finanziell ohne weiteres ausgeglichen werden.

Finanzielle Überlegungen

Die Kosten für das Wiederanfahren der sechs Reaktoren mit Betriebserlaubnis werden auf jeweils 100-200 Mio. € geschätzt. Das entspräche dem Überschuss, der innerhalb von zwei Monaten Betrieb erwirtschaftet würde – oder aber einer Anhebung der Betriebskosten auf etwa 25 €/MWh, was um einen Faktor vier unter den aktuellen Spotmarktpreisen läge.

Darüber hinaus ist zu erwarten, dass die geschätzten Grenzkosten für den fortgesetzten Betrieb auf demselben Niveau wie Kosten in der [Vergangenheit](#) liegen, also im Bereich von 17-18 € pro MWh bewegen. Angesichts der Inflation und höherer Brennstoff- und Servicekosten halten Experten 20-22 € pro MWh für eine belastbare Schätzung der laufenden Kosten, sobald die einmaligen Investitionen für die Wiederinbetriebnahme getätigt sind.

Die geschätzten Kosten für die Verlängerung der Laufzeit der einzelnen Reaktoren umfasst die Eilbestellung von Brennelementen, die Anpassung der Betriebsverfahren zur Verlängerung der Einsatzdauer des aktuellen Brennstoffs, die kurzfristige Neueinstellung von Personal und kleinere notwendige Anpassungen, die aufgrund des näher rückenden Abschaltungstermins möglicherweise verschoben wurden. Nach der Schätzung eines erfahrenen Managers belaufen sich die Kosten für die Vorbereitung auf den Weiterbetrieb auf jeweils 100-200 Millionen Euro. Darin enthalten sind bis zu 50 Millionen Euro für die Neubeladung mit Brennstoff. Quellen zufolge wurde bis Mitte des Sommers 2023 noch keine umfassende Kostenaufstellung vorgenommen, sodass es sich bei diesen Zahlen zwangsläufig um Schätzungen handelt.

Die Wiederanfahrkosten für Gundremmingen B und C, sowie Krümmel sind schwieriger zu bemessen. Für den Fall, dass wichtige Teile ausgetauscht oder repariert werden müssen, die im Zuge des fortschreitenden Rückbaus beschädigt oder zerstört wurden, wurde uns von einer Quelle die Zahl "bis zu 1 Milliarde Euro" genannt. Die Kosten für den Austausch von Turbinen in anderen westlichen Reaktoren belaufen sich auf mehrere hundert Millionen Euro, für den Ersatz inklusive Einbau.

Um diese Kosten richtig einzuordnen: Bei durchschnittlichen Spotmarkt-Strompreisen von 100 € pro MWh im Jahr 2023 müsste jeder der sechs 1,4-GW-Reaktoren mit Betriebserlaubnis maximal zwei Monate lang betrieben werden, um die jeweiligen Kosten für die Wiederinbetriebnahme zu decken. Eine andere Herangehensweise in der Berechnung zeigt das ebenso klar: Die Verlängerung der Laufzeit eines der 1,4-GW-Reaktoren um zehn Jahre zum einmaligen Preis von 150 Millionen Euro würde die bisherigen Betriebskosten von etwa 21 Euro pro MWh um 1,40 Euro erhöhen, also um ungefähr 10%. Zum Vergleich: Bei einem Kohlepreis von 120 € pro Tonne im Juli 2023 und einem Preis von 84 € pro Tonne für ETS-Emissionszertifikate liegen die Grenzkosten für Steinkohlekraftwerke in Deutschland derzeit bei 120 € pro MWh.

Ein Beispiel: Wenn einer dieser 1,4-GW-Reaktoren ein Jahr lang zu den aktuellen durchschnittlichen Großhandelspreisen von 100 € pro MWh betrieben werden könnte, wäre ein jährlicher Gewinn vor Steuern in der Größenordnung von 800 Millionen € möglich. Ein kalter Winter 2024/2025 – der erste Winter, für den die wiederangefahrenen Reaktoren zur Verfügung stehen würden, wenn jetzt gehandelt wird – könnte zu Strompreisen führen, die deutlich über diesem Wert liegen und somit selbst eine kurze Laufzeitverlängerung entweder für die Energieversorger höchst profitabel machen oder aber einen lebensrettenden Rückgang der Stromkosten für industrielle Stromkunden bewirken.

Öffentliche Zustimmung

Im Juli 2023, nach Abschaltung der letzten Kernkraftwerke, befürworteten 67% der deutschen Umfrageteilnehmer die weitere Nutzung der Kernenergie zur Erreichung der EU-Klimaziele. Mehr als doppelt so viele Deutsche unterstützen somit zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Kernenergienutzung, als sich gegen sie aussprechen. Dies stellt einen erheblichen Umschwung

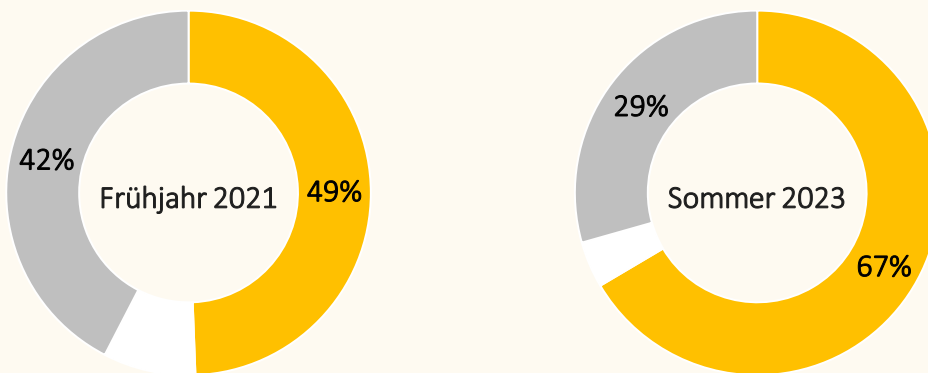
der öffentlichen Meinung im Vergleich zum Frühjahr 2021 dar, als noch ähnlich große Anteile der Öffentlichkeit die Nutzung der Kernenergie jeweils befürworteten (49%) bzw. ablehnten (42%). Seit dem Frühjahr 2021 ist die Unterstützung für die Nutzung der Kernenergie bei den Wählern aller großen deutschen Parteien gestiegen, mit Ausnahme der Grünen, bei denen die Unterstützung, nach einem Anstieg im Frühjahr 2022, nach der Abschaltung der Kernkraftwerke wieder zurückging.

Deutschlands veränderte Haltung zur Kernenergie

Sollte weiterhin Atomkraft zur Stromerzeugung eingesetzt werden, um die Klimaschutzziele der EU zu erreichen? ■ Ja ■ Unentschieden ■ Nein



Gesamtbevölkerung



Nach Wahlabsicht

AfD



FDP



CDU



SPD



Die Linke



Bündnis 90/Die Grünen



Anmerkungen: Die Umfrage „Frühjahr 2021“ wurde am 15. Juni 2021 durchgeführt mit einer Stichprobengröße von 10.052. Die Umfrage 2022, am 11. Juli 2023 mit einem Stichprobenumfang von 10.033 bzw. 10.028
 Quellen: Analyse der Radiant Energy Group, Daten von Civey / Nuklearia e.V.

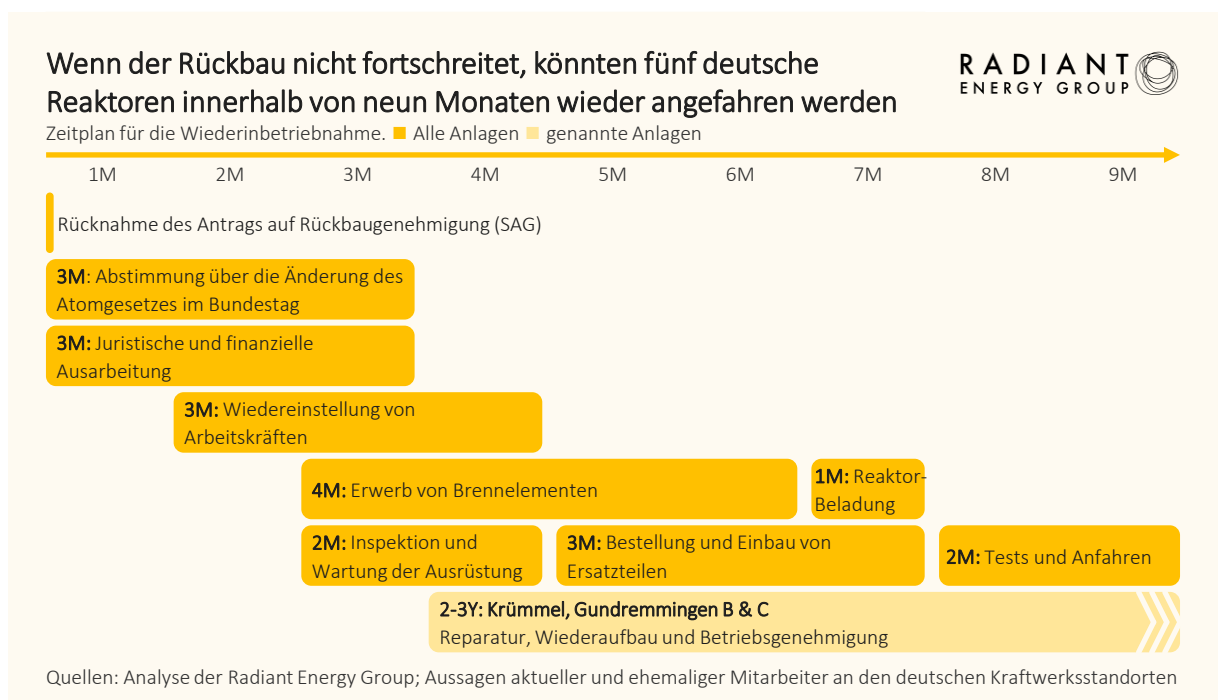
Zeitplan und nächste Schritte

Fünf der sechs deutschen Reaktoren mit gültiger Betriebserlaubnis könnten innerhalb von 9 bis 12 Monaten nach der Rücknahme ihrer Anträge zur Rückbaugenehmigung wieder angefahren werden. Drei weitere Reaktoren könnten innerhalb eines Zeitraums von zwei bis drei Jahren wieder in Betrieb genommen werden.

Die rechtlichen und gesetzlichen Anforderungen müssten schnell erfüllt werden, um die Kernkraftwerke zeitnah weiter nutzen zu können. Mitglieder des Bundestags, eine Partei oder die Bundesregierung können eine Abstimmung einleiten. Damit eine Änderung oder ein Gesetz verabschiedet werden kann, wird eine einfache Mehrheit im Parlament benötigt. Erfahrungsgemäß benötigt die Abstimmung über Gesetzesänderungen einige Monate, bis Ergebnisse vorliegen.

Das Bundesministerium für Wirtschaft kann und sollte so schnell wie möglich auf dem Verwaltungsweg ein Rückbauverbot erlassen. Der Bundestag müsste das Atomgesetz ändern, insbesondere Absatz 1, Satz 2ff; Absätze 1a-1d; Absatz 3, Satz 4ff in §7 AtG müssten gestrichen werden.

Um die Kooperation der Betreiber zu sichern, sollte der Bundestag idealerweise bei der Novellierung des Atomgesetzes eine mehrjährige Bestandsgarantie für die Betriebsgenehmigung von Kernkraftwerken beschließen. Damit wäre sichergestellt, dass Kernkraftwerke grundsätzlich genehmigt werden können, dass eine Betriebserlaubnis nur dann entzogen werden kann, wenn der Betreiber unzuverlässig ist, und dass Investitionen der Betreiber in die Anlagen über einen längeren Zeitraum wieder hereingeholt werden können, für den Fall, dass die Strompreise aufgrund einer nachlassenden Energienachfrage weiter sinken sollten.



Fazit

Die Wiederinbetriebnahme von acht deutschen Atomreaktoren ist möglich und machbar. Es wurden keine unüberwindbaren Hürden festgestellt. Schnelle und konsequente Entscheidungen auf politischer und administrativer Ebene sind erforderlich. Von oberster Priorität ist das Verhängen eines Rückbaustopps für die Kraftwerke, bis das Atomgesetz geändert ist. Versorgungsunternehmen und Industriepartner sollten dann Strombezugsverträge aushandeln, die die Kosten und den Zeitplan für die Wiederinbetriebnahme unterstützen.

Autoren



Mark W. Nelson

Mark W. Nelson studierte Luft- und Raumfahrt, sowie Kerntechnik an der Universität Cambridge. Als Berater hat er sowohl für Firmen im Bereich der Energiewirtschaft als auch für Umweltorganisationen auf der ganzen Welt gearbeitet. Über seine Analysen wurde unter anderem in der New York Times, dem Wall Street Journal sowie in Deutschland in der F.A.Z. und der Süddeutschen Zeitung berichtet. Er lebt in Chicago.



Richard Ollington

Richard Ollington studierte Maschinenbau an der Universität Cambridge und war als Strategieberater in der Industrie und der Energiebranche für Kunden auf der ganzen Welt tätig. Er arbeitete für Arthur D. Little sowie einen großen britischen Energieversorger, wo er mit der Umsetzung von nachhaltigen Lösungen wie flexiblere Stromtarife und die Förderung von Wärmepumpen im Privatkundenbereich betraut war. Er lebt in London.

Über die Radiant Energy Group

Wir sind ein Energieberatungsunternehmen, das sich für die Beendigung der Armut auf der Welt sowie gegen die globale Erwärmung einsetzt. Dafür liefern wir datenorientierte Erkenntnisse und Handlungsoptionen, um zum Erreichen einer kohlenstoffarmen Zukunft mit zugleich günstiger Energie beizutragen.

Über diesen Bericht

Um diesen Bericht zu erstellen, haben die Autoren Vorstandsmitglieder und leitende Mitarbeiter von Betreiber-gesellschaften und Kerntechnikunternehmen befragt. Die Beteiligten machten, unter der Bedingung der Wahrung ihrer Anonymität, detaillierte Angaben zu den Herausforderungen beim Wiederanfahren der angesprochenen Kernkraftwerke.

AKEN (Aktionskreis Energie & Naturschutz e.V.) ist eine unabhängige Gruppierung für Energie und Naturschutz mit Sitz in Frankfurt am Main, Deutschland.

Die Radiant Energy Group ist ein unabhängiges Beratungsunternehmen mit Sitz in Chicago, USA.

So erreichen Sie uns

info@radiantenergygroup.com

