



Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken



Titel

*Kernkraftwerk Obrigheim,
in Stilllegung*

Energiewende: Rückbau im Fokus

Unmittelbar nach den Reaktorunfällen im japanischen Kernkraftwerk Fukushima Daiichi im März 2011 beschloss die Bundesregierung die Energiewende, d. h. eine Änderung ihrer Energiepolitik. Sie ist gekennzeichnet durch einen beschleunigten Ausstieg aus der Kernenergie unter Beibehaltung der Ausbauziele für erneuerbare Energien entsprechend dem im September 2010 beschlossenen „Energiekonzept 2050“. Im Rahmen der Energiewende 2011 wurde acht Kernkraftwerken die Berechtigung zum Leistungsbetrieb entzogen. Für die verbliebenen neun Kernkraftwerke wurden jeweils Stromerzeugungskontingente

und feste Abschalttermine vorgegeben; die letzten Kernkraftwerke müssen nach den Maßgaben der 13. Atomgesetznovelle spätestens Ende 2022 vom Netz. 2011 trugen die Kernkraftwerke 18 Prozent zur Stromerzeugung in Deutschland bei (2010: 22 Prozent).

Mit der wachsenden Zahl abgeschalteter Anlagen kommt deren Rückbau verstärkt in den Fokus. Der Rückbau von Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen ist für Deutschland aber kein Neuland mehr: Es wurden bereits drei Kernkraftwerke und eine ganze Anzahl sonstiger kerntechnischer Anlagen vollständig abgebaut.

Abb. 01

Kernkraftwerke und Entsorgungseinrichtungen in Deutschland
Stand September 2012

-  Kernkraftwerk in Betrieb
-  Außer Betrieb genommen gemäß Atomgesetz-Novelle (AtG) von 2011
-  Kernkraftwerk in Stilllegung
-  Stilllegung abgeschlossen „Grüne Wiese“
-  Forschungseinrichtungen mit Versuchsreaktoren und Abfallbehandlungsanlagen
-  Abfallbehandlungsanlage
-  Zentrales Zwischenlager
- Endlagerprojekte**
-  Erkundung
-  Einlagerung beendet
-  Errichtung

Quelle: VGB



Kernkraftwerk	Reaktor- typ	Leistung (brutto) MWe
In Betrieb		
Brokdorf	DWR	1.480
Emsland	DWR	1.400
Grafenrheinfeld	DWR	1.345
Grohnde	DWR	1.430
Gundremmingen B	SWR	1.344
Gundremmingen C	SWR	1.344
Isar 2	DWR	1.485
Neckarwestheim 2	DWR	1.400
Philippsburg 2	DWR	1.468

Außer Betrieb genommen gemäß Atomgesetz-Novelle (AtG) von 2011		
Biblis A	DWR	1.225
Biblis B	DWR	1.300
Brunsbüttel	SWR	806
Isar 1	SWR	912
Krömmel	SWR	1.402
Neckarwestheim 1	DWR	840
Philippsburg 1	SWR	926
Unterweser	DWR	1.410

Kernkraftwerk	Reaktor- typ	Leistung (brutto) MWe
In Stilllegung		
Greifswald 1 ¹	WWER	440
Greifswald 2 ¹	WWER	440
Greifswald 3 ¹	WWER	440
Greifswald 4 ¹	WWER	440
Greifswald 5 ¹	WWER	440
Gundremmingen A	SWR	250
Thorium-Hochtemperatur- reaktor Hamm-Uentrop	HTR	308
Arbeitsgemeinschaft Versuchs- reaktor (AVR) Jülich ¹	HTR	15
Kompakte Natriumgekühlte Kernanlage Karlsruhe ¹	SNR	21
Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe ¹	D ₂ O-DWR	57
Lingen	SWR	268
Mülheim-Kärlich	DWR	1.302
Obrigheim	DWR	357
Rheinsberg ¹	WWER	70
Stade	DWR	672
Würgassen	SWR	670

Stilllegung abgeschlossen		
Heißdampfreaktor Großwelzheim	HDR	25
Versuchsatomkraftwerk Kahl	SWR	16
Niederaichbach	D ₂ O-CO ₂	106

Tab. 01

*Kernkraftwerke in Deutschland
Stand September 2012*

¹ Finanzierung der Stilllegung
durch die öffentliche Hand

Reaktortypen:

- DWR Druckwasserreaktor
- D₂O-CO₂ Schwerwassermoderierter
CO₂-gekühlter
Druckröhrenreaktor
- HDR Heißdampfreaktor
- HTR Hochtemperaturreaktor
- SNR Schneller Natriumgekühlter
Reaktor
- SWR Siedewasserreaktor
- WWER Druckwasserreaktor
russischer Technik

Stilllegen ist mehr als nur abschalten

Abgeschaltete Kernkraftwerke werden nicht etwa sich selbst überlassen. Der Betreiber eines Kernkraftwerks ist im Rahmen des § 7 Atomgesetz verpflichtet, dieses nach dessen endgültiger Abschaltung auf eigene Kosten abzubauen. Unmittelbar nach der Abschaltung befindet sich das radioaktive Inventar noch in der Anlage. Sie unterliegt deshalb weiter dem *Atomrecht* [↗](#). Für die Stilllegung sind gesonderte Genehmigungen erforderlich. Dasselbe gilt auch für andere kerntechnische Anlagen wie Forschungsreaktoren und Anlagen zur Versorgung mit und Entsorgung von Kernbrennstoffen.

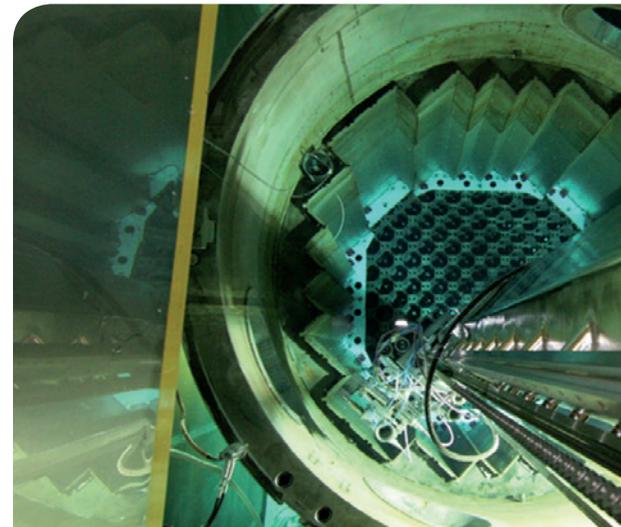
Im allgemeinen Sprachgebrauch wird „stilllegen“ häufig mit „abschalten“ gleichgesetzt. Tatsächlich beginnt die Stilllegung, wie das *Atomgesetz* [↗](#) sie versteht, in der Regel erst einige Jahre nach der endgültigen Abschaltung der Anlage, da erst das für die Stilllegung erforderliche Genehmigungsverfahren durchlaufen werden muss. Kernstück der Stilllegung ist der Rückbau des nuklearen Teils der Anlage und das Management der radioaktiven Abfälle.

Die Stilllegung ist eine technisch und organisatorisch anspruchsvolle Aufgabe und erfordert spezifische Fachkenntnisse. In Deutschland und im Ausland gibt es bereits umfassende Erfahrung, sowohl hinsichtlich der Planung und Durchführung als auch bezüglich spezieller Techniken zur *Dekontamination* [↗](#) und zur Zerlegung von Anlagenteilen.

Abb. 02

Ausbau der Kernumfassungsbleche
aus dem unteren Kerngerüst
im Kernkraftwerk Stade

Quelle: E.ON Kernkraft GmbH

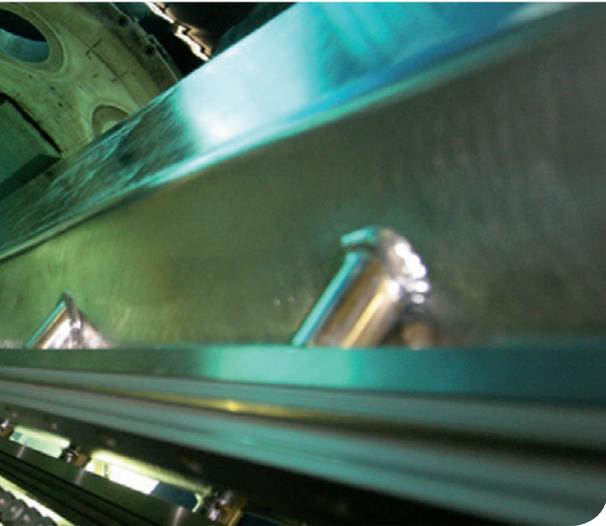


Die Stilllegung deutscher Kernkraftwerke

Bereits 1975 begann mit dem Kernkraftwerk Niederaichbach das erste derartige Stilllegungs- und Rückbauprojekt. Inzwischen sind neben Niederaichbach auch der Heißdampfreaktor Großwelzheim und das Versuchsatomkraftwerk Kahl vollständig abgebaut. Derzeit befinden sich 16 Kernkraftwerke in der Stilllegung (Tab. 01). Bei einigen Anlagen steht der Rückbau kurz

vor dem Abschluss, beispielsweise bei den fünf Blöcken in Greifswald, den Versuchsreaktoren in Karlsruhe und bei den Kernkraftwerken Würzgassen und Stade. Weitere acht Kernkraftwerke verloren im Zuge der Energiewende im Jahr 2011 ihre Berechtigung zum Leistungsbetrieb. Die neun noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke müssen nach dem geltenden Atomgesetz zu gestaffelten Terminen bis Ende 2022 den Betrieb einstellen.

Bis zur Erteilung der ersten Genehmigung zur Stilllegung befindet sich ein Kernkraftwerk nach seiner Abschaltung in der *Nachbetriebsphase* [↗](#). Für das Genehmigungsverfahren ist ein Zeitbedarf von vier bis fünf Jahren anzusetzen, der eigentliche Rückbau nimmt zehn Jahre oder mehr in Anspruch und endet mit der Entlassung der Anlage aus dem Atomgesetz. Daran schließt sich eine konventionelle, nicht-nukleare Nachnutzung von verbliebenen Gebäuden oder deren Abriss bis zur „Grünen Wiese“ an.



Strategien der Stilllegung

Zielsetzung der Stilllegung ist in jedem Falle die Beseitigung des Kernkraftwerks. Reststoffe sollen soweit wie möglich verwertet, radioaktive Abfälle zwischen- und später endgelagert werden. Für das Vorgehen lassen sich im Allgemeinen zwei Konzepte unterscheiden:

- Der **direkte Rückbau**
- Die Herstellung des **Sicheren Einschlusses** (evtl. nach Teilrückbau) mit späterem Rückbau nach einer Wartezeit von mehreren Jahrzehnten, in der die Radioaktivität in der Anlage abklingen kann. Dabei macht man sich die Tatsache zu Nutze, dass die Radioaktivität im Laufe der Zeit von selbst abnimmt.

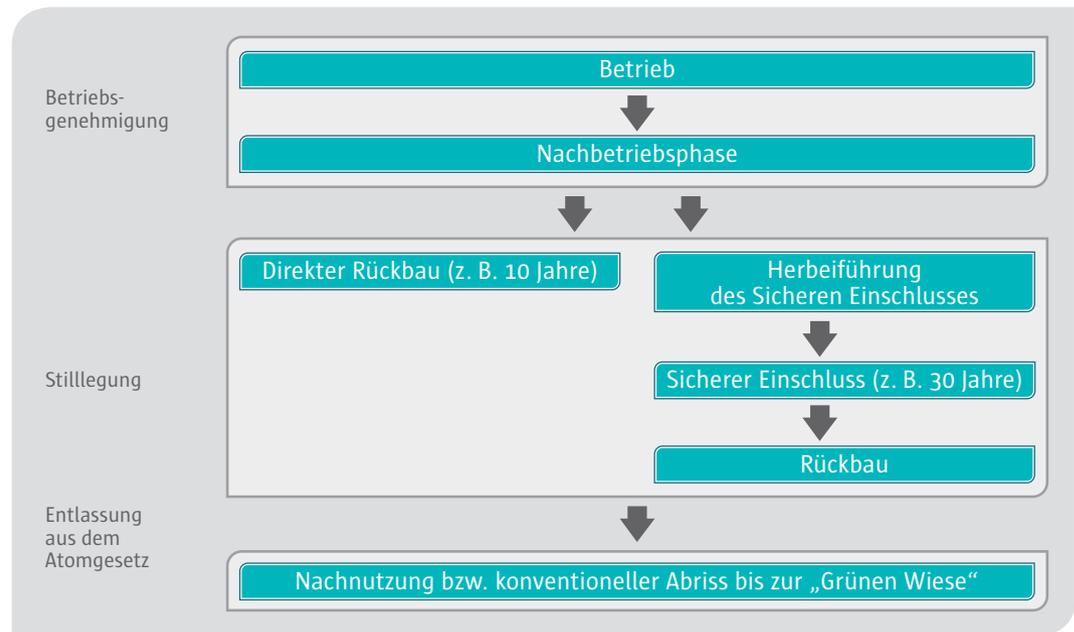


Abb. 03

Stilllegung von Kernkraftwerken

Direkter Rückbau	Sicherer Einschluss und späterer Rückbau
Wesentliche Vorteile	
<ul style="list-style-type: none"> • Verfügbarkeit von Personal, das mit der Anlage und der Betriebshistorie vertraut ist. • Milderung sozialer Folgen für das Betriebspersonal sowie wirtschaftlicher Folgen für die Region. • Gelände kann früher wieder einer anderweitigen Nutzung zugeführt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Radioaktivität klingt mit der Zeit ab; das Volumen an radioaktivem Abfall nimmt ab. • Abbauarbeit technisch einfacher durch geringere Strahlenbelastung.
Wesentliche Nachteile	
<ul style="list-style-type: none"> • Höhere noch vorhandene Radioaktivität. • Abbauarbeit komplexer aufgrund höherer Strahlenbelastung. 	<ul style="list-style-type: none"> • Messtechnischer Aufwand für die radiologische Bewertung nimmt mit der Zeit zu. • Für den Rückbau nach dem sicheren Einschluss muss neues qualifiziertes Personal gefunden werden.

Tab. 02
Wesentliche Vor- und Nachteile beider Konzepte auf einen Blick
 Quelle: GRS

Beide Strategien haben Vor- und Nachteile. In den meisten Fällen haben sich die Betreiber bisher für den direkten Rückbau entschieden. Ausschlaggebend dafür ist, dass noch Fachkräfte, die die Anlage gut kennen, zur Verfügung stehen und dass die technische Infrastruktur der Anlage noch voll funktionsfähig ist. Die Weiterbeschäftigung von Betriebspersonal mildert auch die sozialen Folgen der Abschaltung des Kernkraftwerks. Ein weiterer Vorteil ist, dass das Kraftwerksgelände früher für eine anderweitige Nutzung frei wird.

Ein Vorteil des Sicheren Einschlusses ist, dass in der Wartezeit die Radioaktivität und damit

die Strahlenbelastung innerhalb der Anlage zurückgegangen ist, sodass manche Abbauarbeiten einfacher durchzuführen sind. Außerdem hat ein Teil des abgebauten Materials seine Radioaktivität bereits so weit verloren, dass es in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden kann und nicht als radioaktiver Abfall entsorgt werden muss; es vermindert sich damit die Menge an radioaktivem Abfall.

Der Sichere Einschluss wurde bislang für den Thorium-Hochtemperaturreaktor THTR-300 in Hamm-Uentrop und für das Kernkraftwerk Lingen gewählt. Bei letzterem endet 2013 die genehmigte Einschlusszeit von 25 Jahren; der Betreiber hat den Rückbau beantragt.

Phasen und Schritte des Rückbaus

Mit der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs des Kernkraftwerks beginnt die *Nachbetriebsphase* bei weiterhin gültiger Betriebsgenehmigung.

Die Stilllegung erfordert gesonderte Genehmigungen. Deren Grundlage ist eine sorgfältige Stilllegungsplanung durch den Betreiber. Dazu werden die Anlagenteile im *Kontrollbereich* und ihr radioaktives Inventar erfasst, die

Abfolge des Abbaus geplant und über die einzusetzenden Techniken für *Dekontamination* und Zerlegung der Anlagenteile entschieden. Zur Stilllegungsplanung gehört auch die Erstellung des Konzepts für die Behandlung und Verpackung der radioaktiven Abfälle.

In der Nachbetriebsphase sind solche Maßnahmen zulässig, die durch die Betriebsgenehmigung abgedeckt sind. Zum Beispiel können



Abb. 04

Demontage eines Dampferzeugers
im Kernkraftwerk Obrigheim

Quelle: EnBW Kernkraft GmbH

die Brennelemente [↗](#) aus dem Reaktor entladen und nach einer mehrjährigen Abklingzeit im Brennelementlagerbecken in das Zwischenlager am Standort gebracht werden. Anlagenteile, vor allem im nicht-nuklearen Teil des Kraftwerks, die für den Rückbau nicht benötigt werden, können abgebaut und der Rückbau des nuklearen Teils – des „Kontrollbereichs“ der Anlage – vorbereitet werden. Des Weiteren können nukleare Systeme dekontaminiert, d. h. Ober-

flächen von anhaftenden radioaktiven Partikeln gereinigt werden. Der Rückbau selbst kann erst nach Erteilung der Stilllegungsgenehmigung beginnen. Der Zeitraum, auf den sich die Stilllegungsgenehmigung erstreckt, wird als *Restbetriebsphase* [↗](#) bezeichnet. Sie endet mit der Entlassung der rückgebauten Anlage aus dem *Atomgesetz* [↗](#).



Abb. 05

Reaktorbecken des Kernkraftwerks Stade vor der Rückbauphase 3

Quelle: E.ON Kernkraft GmbH

Der Rückbau ist ein komplexer Vorgang und dauert zehn Jahre oder mehr. Die Stilllegung kann in mehrere Phasen unterteilt werden, für die gesonderte Genehmigungen einzuholen sind. Dadurch entzerrt sich das Genehmigungsverfahren. Die einzelnen Phasen können sich überlappen (siehe Abb. 06). In wie viele Phasen der Rückbau aufgeteilt wird, liegt im Ermessen des Betreibers.

Während eines Teils der Rückbauphasen werden einige betriebliche Systeme weiter benötigt, z. B. Lüftungs- und Filteranlagen, Strom- und Wasserversorgung, Hebezeuge zur Handhabung größerer Anlagenteile, Umgebungsüberwachung, Wasseraufbereitung und Abfallbehandlung.

Bei der Abfolge der Arbeitsschritte spielen insbesondere der Reaktortyp und die räumlichen Gegebenheiten eine Rolle. Als Beispiel mag der Rückbau des Kernkraftwerks Stade dienen:

- In **Phase 1** wurden im nuklearen Bereich („Kontrollbereich“[↗](#)) möglichst viele nicht mehr benötigte Systeme abgebaut, nämlich die Flutwasserbehälter, die Druckspeicher,

die Regelstabführungen und die Regelstabeinsätze sowie weitere kontaminierte Systeme. Dadurch wurde Platz für die späteren Arbeiten geschaffen. Außerdem wurden verschiedene nicht-nukleare Anlagenteile abgebaut.

- In **Phase 2** wurden die Primärkühlmittelleitungen einschließlich der Pumpen sowie die *Dampferzeuger* [↗](#) abgebaut.
- **Phase 3** galt den am stärksten radioaktiv belasteten Komponenten, nämlich dem *Reaktordruckbehälter* [↗](#) mit den Kerneinbauten und seiner Betonabschirmung, dem „*Biologischen Schild*“[↗](#).
- In **Phase 4** wurden alle noch verbliebenen Systeme im Kontrollbereich abgebaut, zuletzt die Abwasseraufbereitungsanlage und die Abluftanlage. Die Reinigung und *Dekontamination* [↗](#) der Gebäudestrukturen ist noch im Gange. Wenn die Anforderungen an die Freigabe erfüllt sind, kann der Kontrollbereich aufgehoben und die rückgebaute Anlage aus dem *Atomgesetz* [↗](#) entlassen werden.

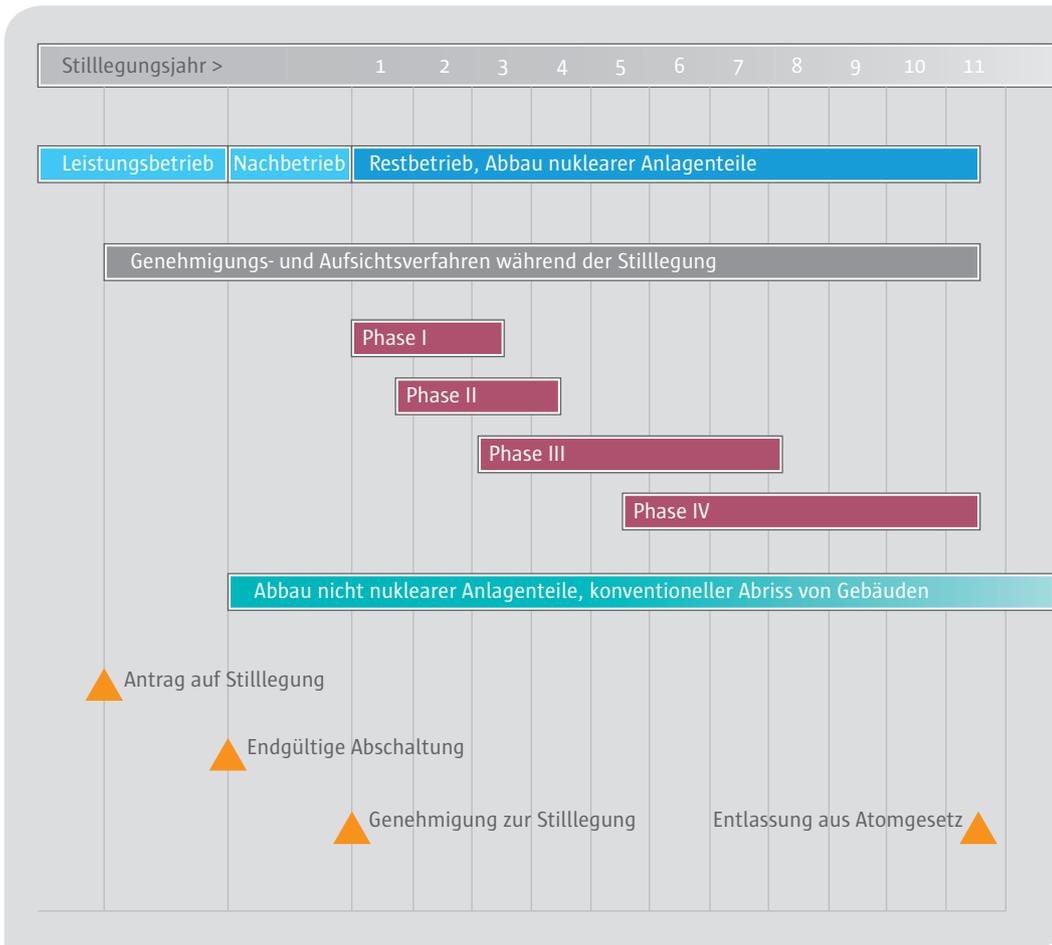


Abb. 06
 Beispielhaftes zeitliches Ablaufschema
 Quellen: GRS, E.ON Kernkraft GmbH

Oberstes Gebot: Sicherheit und Strahlenschutz

Für die Stilllegung von Kernkraftwerken gilt dasselbe Schutzziel wie für deren Betrieb, nämlich Schutz von Betriebspersonal, Bevölkerung und Umwelt vor unzulässiger Strahlenbelastung. Das Gefährdungspotenzial ist während der Stilllegung allerdings ungleich niedriger: Das radioaktive Inventar ist wesentlich kleiner und große Freisetzungskräfte wie hohe Temperaturen und Drücke fehlen. Dennoch sind Störungen mit Freisetzung radioaktiver Stoffe denkbar. Dem wird durch geeignete Maßnahmen zur Störfallvermeidung und -beherrschung sowie durch Begrenzung der Auswirkungen Rechnung getragen.

Die gebrauchten *Brennelemente* [↗](#) enthalten mehr als 99,99 Prozent des radioaktiven Inventars eines Kernkraftwerks. Nach Entfernen der Brennelemente beträgt also das Aktivitätsinventar (in Becquerel, Bq) höchstens ein Zehntausendstel der ursprünglichen Menge und ist zum größten Teil im *Reaktordruckbehälter* [↗](#) und seinen Einbauten gebunden. Vor Beginn des Rückbaus kann das Aktivitätsinventar durch *Dekontamination* [↗](#) von Systemen weiter reduziert werden. Es verringert sich im Zuge

des Rückbaus weiter, bis es schließlich vollständig entfernt ist.

Eine Vielzahl von technischen und administrativen Maßnahmen stellt sicher, dass die Anforderungen an den Strahlenschutz des Personals eingehalten werden: Das radioaktive Inventar wird in Systemen und Räumen eingeschlossen; Abschirmmaßnahmen reduzieren die Strahlenbelastung am Arbeitsplatz; das Personal trägt Schutzausrüstung.

Die Stilllegungsgenehmigung enthält Grenzwerte für die maximal zulässige Ableitung von radioaktiven Stoffen mit Abluft und Abwasser. Diese Grenzwerte sind niedriger als in der Betriebsphase. Durch Filterung der Abluft und Reinigung der Abwässer werden auch diese Werte weit unterschritten.

Wohin mit Reststoffen und Abfällen?

Eine der wichtigsten Aufgaben beim Rückbau von Kernkraftwerken ist die Minimierung der endzulagernden Abfälle. Nur ein kleiner Teil der Gesamtmasse eines Kernkraftwerks ist während des Betriebs mit radioaktiven Stoffen in Berührung gekommen („kontaminiert worden“). Davon kann der größte Teil durch

Dekontamination so weit gereinigt werden, dass das Material behördlich freigegeben, also aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung entlassen und in den Stoffkreislauf zurückgeführt oder als Bauschutt konventionell deponiert werden kann.

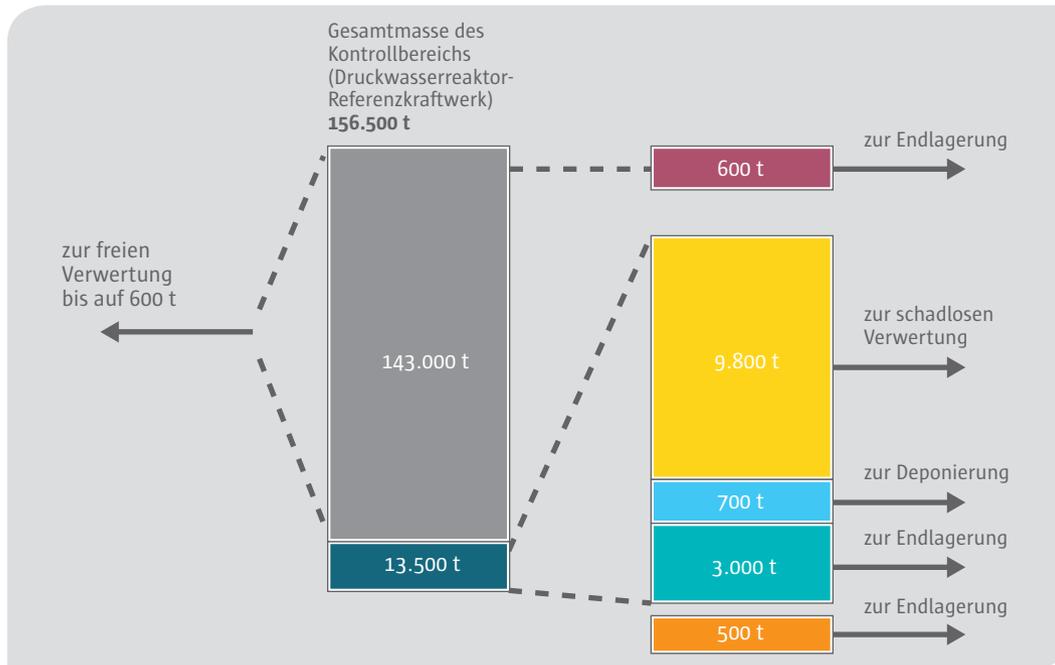


Abb. 07

Grobe Mengenbilanz des Kontrollbereichs eines Kernkraftwerks

- Beton und Armierung
- Anlagenteile
- Radioaktiver Abfall (Beton/Armierung)
- Material zur schadlosen Verwertung
- Abfall zur konventionellen Deponierung
- Radioaktiver Abfall (Anlagenteile)
- Radioaktiver Abfall (Sekundärabfall z.B. aus der Dekontamination)

Quelle: VGB

In der Nähe des Reaktorkerns ist das Material durch Neutronenstrahlung aktiviert worden, d. h. es haben sich innerhalb des Materials radioaktive Nuklide gebildet, die nicht durch *Dekontamination* ↗ entfernt werden können. Diese Anlagenteile – im Wesentlichen die Kerneinbauten und die kernnahen Zonen des *Reaktordruckbehälters* ↗ und des *Biologischen Schildes* ↗ – bilden die Hauptmasse der endzulagernden radioaktiven Abfälle. Von der Gesamtmasse des *Kontrollbereichs* ↗, d. h. des nuklearen Teils eines Kernkraftwerks müssen nur etwa drei Prozent als radioaktiver Abfall in ein Endlager verbracht werden.

Die Strahlenschutzverordnung regelt das Verfahren zur Freigabe von radioaktiv belasteten Bauteilen zur Verwendung oder Verwertung und enthält für jedes in Frage kommende Radionuklid Grenzwerte. Jedes freizugebende Bauteil wird also einzeln freigemessen. Die Freigabe erfolgt durch die Aufsichtsbehörde. Bauteile, die die Freigabekriterien nicht erfüllen, sind als radioaktive Abfälle zu entsorgen. Eine Alternative ist die Aufbewahrung in einem Abklinglager zur späteren Freimessung, wenn die Radioaktivität abgenommen hat. Auch die

Gebäude müssen vor ihrer Wiederverwendung oder ihrem Abriss freigemessen werden.

Die radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung werden behandelt und verpackt und so lange zwischengelagert, bis das Endlager Schacht Konrad betriebsbereit ist (nach heutigem Kenntnisstand nicht vor 2019). Die gebrauchten *Brennelemente* ↗ müssen am Standort zwischengelagert werden, bis ein Endlager für hochradioaktive, wärmeerzeugende Abfälle zur Verfügung steht.

Techniken zur Dekontamination und zur Zerlegung von Komponenten

Eine Dekontamination dient mehreren Zwecken:

- der Reduzierung der Strahlenbelastung des Personals beim Rückbau,
- der möglichst weitgehenden Verwertung von Anlagenteilen und
- der Reduktion des Volumens an radioaktiven Stoffen, die endgelagert werden müssen.

Bei der Dekontamination sollen möglichst wenig Sekundärabfälle entstehen.

Für die Beseitigung oberflächlicher *Kontamination* stehen mechanische Verfahren (z. B. Bürsten, Sandstrahlen, Hochdruckreinigen mit Wasser oder Dampf) und chemische Verfahren (mittels Säuren, Schäumen oder Gelen) zur Verfügung. Bei tiefer eingedrungener Kontamination, z. B. bei Wandflächen von Räumen, werden verschiedene mechanische Verfahren zum Oberflächenabtrag eingesetzt.



Abb. 08 (links)
Sandstrahlanlage im Kernkraftwerk
Obrigheim

Abb. 09
Dekontamination eines Behälters
mit Höchstdruckwasserstrahl
Quelle: EnBW Kernkraft GmbH

Zerlegetechniken dienen dem Abbau von Anlagenteilen und deren Zerlegung in handhabbare und verpackbare Stücke. Das Aufgabenspektrum ist groß: Es reicht vom Abbau kleiner, wenig oder gar nicht kontaminierter Rohrleitungen bis zum Abbau und der Zerlegung stark aktivierter, dickwandiger Teile. Ein Teil dieser Arbeiten muss aus Gründen des Strahlenschutzes fernbedient durchgeführt werden oder zur Abschirmung sogar unter Wasser erfolgen. Auch Betonstrukturen mit starker Armierung müssen zerlegt werden. Für die Vielfalt an Aufgaben stehen entsprechend unterschiedliche thermische und mechanische Zerlegetechniken zur Verfügung und haben sich in der Praxis bewährt.

Wichtige thermische Techniken sind autogenes Brennschneiden, Plasmaschmelzschnitten, Lichtbogenschneiden, Funkenerosion und Laserstrahlschnitten. Zu den mechanischen Verfahren zählen Sägen, Seilsägen, Fräsen, Trennschleifen, Scheren und Wasser-Abrasivschneiden. Alternativ zur Zerlegung vor Ort kann es sinnvoll sein, bestimmte große Anlagenteile wie z. B. *Dampferzeuger* extern zerlegen und eventuell auch einschmelzen zu lassen.

Es werden verschiedene Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur weiteren Verbesserung von Dekontaminations- und Zerlegetechniken durchgeführt. Sie zielen auf höhere Effizienz, geringeren Zeitbedarf, Verringerung der Sekundärabfälle und Verringerung der Personendosis.

Kompetenz und Erfahrung in Deutschland

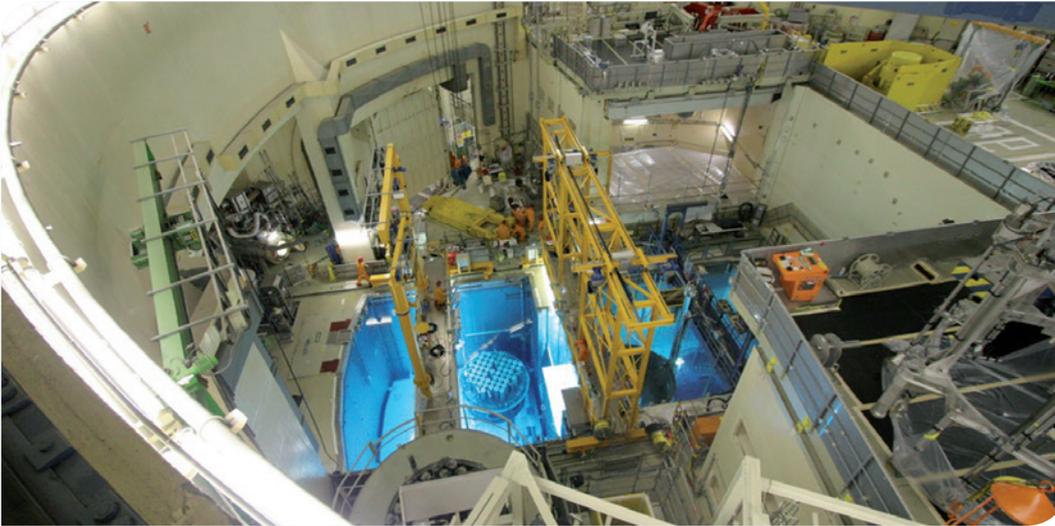


Abb. 10

Blick in das Containment während des Rückbaus

Quelle: E.ON Kernkraft GmbH

Die deutschen Betreiber setzen bei Stilllegungsprojekten insbesondere auch auf die eigene Belegschaft. So wird die Vertrautheit mit der Anlage weiter genutzt und Personalanpassungsmaßnahmen werden begrenzt. Beim Betreiber akkumuliert sich Know-how, das ihm bei Folgeprojekten zugute kommt. Aufgaben, die spezifische Kompetenzen erfordern, wie beispielsweise die System-Dekontamination, bestimmte Zerlegearbeiten und der Rückbau von Gebäuden, werden von Fach-

unternehmen durchgeführt. Auf dem Gebiet der Stilllegung ist in Deutschland eine größere Zahl von Unternehmen tätig.

Die Aufgaben in der Stilllegungs- und Rückbauphase sind teilweise vergleichbar mit denen im Leistungs- und Revisionsbetrieb, teilweise fallen Aufgaben weg und neue kommen hinzu. Entsprechend ergeben sich zum Teil deutlich veränderte Tätigkeitsschwerpunkte in den technischen, kaufmännischen und

administrativen Bereichen. Personalstruktur und Organisation müssen dem angepasst werden. Organisatorisch ist der Rückbau eine besondere Herausforderung, die noch über das Revisionsmanagement hinausgeht, da sich die Anlage im Zuge des Rückbaus ständig verändert. Stilllegung und Rückbau erfordern Multiprojekt-Management mit vorausschauendem, komplexem Planen.

Aufgrund der Vielzahl der laufenden oder bereits abgeschlossenen Projekte kann man aufseiten der Unternehmen, der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden sowie der von diesen hinzugezogenen Sachverständigen von technisch und rechtlich eingespielten Prozessen sprechen.

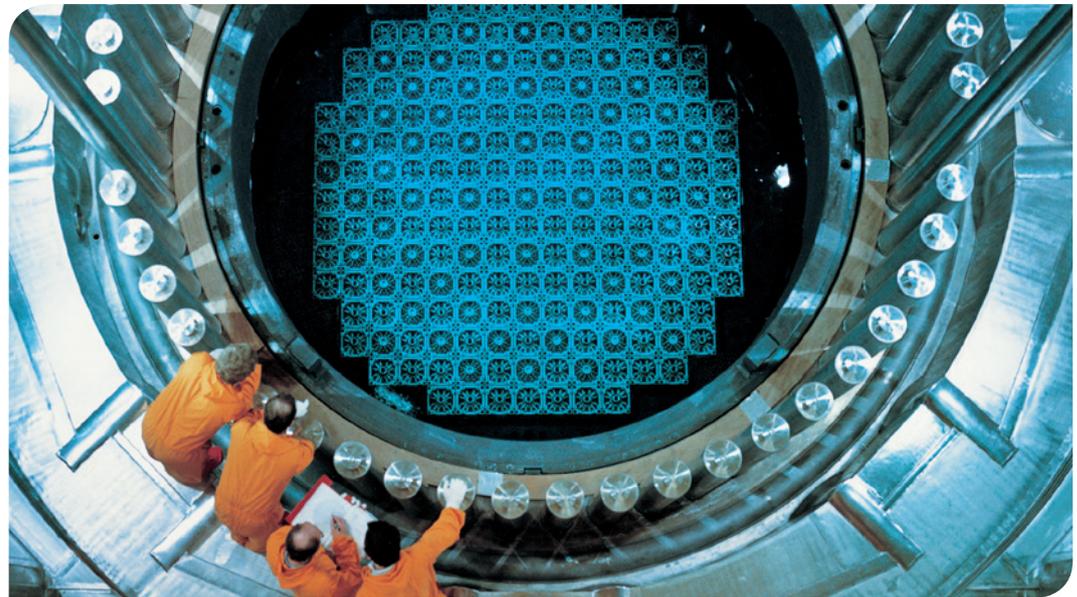


Abb. 11

Blick in den Reaktorkern

Quelle: RWE Power AG

Rechtlicher Rahmen für Genehmigung und Aufsicht

Nach dem *Atomgesetz* [§ 7, Abs. 3](#) ist für die Stilllegung eines Kernkraftwerks eine Genehmigung erforderlich. Einzelheiten regelt die Atomrechtliche Verfahrensverordnung ([§ 19b](#)). Schon im Genehmigungsverfahren für den Bau des jeweiligen Kernkraftwerks musste der Antragsteller ein Konzept für den späteren Rückbau der Anlage vorlegen. Der Antrag auf Genehmigung der Stilllegung muss Angaben zu den insgesamt geplanten Maßnahmen zum Rückbau sowie zu deren verfahrensmäßiger Umsetzung enthalten. Das Genehmigungsverfahren schließt eine Umweltverträglichkeitsprüfung unter Beteiligung der Öffentlichkeit ein. Zuständig für Genehmigung und Aufsicht sind die Länderbehörden, die dem Weisungsrecht des Bundes unterstehen.

Das gesamte Stilllegungsverfahren kann in mehrere Phasen unterteilt werden, die getrennt beantragt und genehmigt werden. Vor jeder einzelnen Tätigkeit, z. B. dem Abbau eines Anlagenteils, ist eine behördliche Erlaubnis einzuholen, und die Durchführung erfolgt unter der Aufsicht von Behördenvertretern. Auch die Freigabe von Anlagenteilen aus dem *Kontrollbereich* [§ 7](#) zur schadlosen Verwertung oder Beseitigung erfolgt durch die jeweilige Landesbehörde.

Bei allen Arbeiten sind die Vorschriften der Strahlenschutzverordnung einzuhalten.

Wer trägt die Stilllegungskosten?

Nach dem Verursacherprinzip trägt der Betreiber die Kosten für die Stilllegung der Anlage sowie für die Zwischen- und Endlagerung der radioaktiven Abfälle. Bei den kommerziell genutzten Kernkraftwerken sind das die Stromversorgungsunternehmen bzw. die ihnen gehörenden Betriebsgesellschaften. Nach den Bilanzvorschriften haben die Unternehmen durch die Bildung von *Rückstellungen* dafür zu sorgen, dass zum Zeitpunkt der Stilllegung das benötigte Geld vorhanden ist. Die Stromversorgungsunternehmen haben dafür insgesamt rund 30 Milliarden Euro zurückgestellt. Das deutsche Rückstellungssystem hat sich seit Jahrzehnten auch im internationalen Vergleich bewährt. Die Höhe der benötigten Rückstellungen wird von den Betreibern auf Basis bestehender Entsorgungsverträge sowie externer Expertisen und Gutachten sorgfältig ermittelt und ist von unabhängigen Wirtschaftsprüfern bestätigt sowie von Finanzbehörden anerkannt. Die Rückstellungen werden jährlich überprüft und aktualisiert.

Bei den Kernkraftwerken der DDR (Greifswald 1 – 5 und Rheinsberg) sowie bei Forschungs- und Versuchseinrichtungen trägt die öffentliche Hand die Kosten. Hier wird für die Zukunft mit Aufwendungen von etwa 10 Milliarden Euro gerechnet.

Kurz zusammengefasst

Abgeschaltete Kernkraftwerke lassen sich vollständig abbauen, ohne Risiko für die Bevölkerung, die Umwelt und das Personal. In Deutschland sind drei Anlagen bereits komplett zurückgebaut, weitere Projekte stehen kurz vor dem Abschluss. Erfahrenes Fachpersonal steht ausreichend zur Verfügung. Die Techniken für den Rückbau sind erprobt. Genehmigung und Management der Stilllegung erfolgen nach eingespielten Vorgehensweisen. Der Rückbau dauert zehn Jahre oder mehr. Die Betreiber haben für die Kosten von Stilllegung sowie Zwischen- und Endlagerung der radioaktiven Abfälle Rückstellungen gebildet und bereits in

der Vergangenheit die Endlager-Erkundung und -Errichtung anteilig zu ihrem Abfallaufkommen finanziert. Der allergrößte Teil der beim Rückbau anfallenden Reststoffe kann wiederverwertet oder konventionell deponiert werden. Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle werden zwischengelagert, bis das Endlager Schacht Konrad betriebsbereit ist. Überdies müssten die im Standortzwischenlager aufbewahrten *Brennelemente* [↗](#) grundsätzlich so lange zwischengelagert werden, bis ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland zur Verfügung steht. Wann dies der Fall sein wird, lässt sich derzeit nicht zuverlässig abschätzen.



Abb. 12

Kernkraftwerk Biblis

Quelle: RWE Power AG

Glossar

➤ **Atomgesetz/Atomrecht**

Gesetzliche Grundlage für die Nutzung der Kernenergie in Deutschland. In seiner ursprünglichen Fassung trat das Gesetz am 1. Januar 1960 in Kraft. Es ist seither mehrfach novelliert worden.

➤ **Biologischer Schild**

Eine den Reaktordruckbehälter umgebene Betonabschirmung zur Strahlenabschirmung und -reduzierung.

➤ **Brennelement**

Aus einer Vielzahl von Brennstäben montierte Anordnung, in der der Kernbrennstoff in den Reaktor eingesetzt wird.

➤ **Containment**

Druckfester und gasdichter Sicherheitsbehälter der den Reaktordruckbehälter in einem Kernkraftwerk umschließt.

➤ **Dampferzeuger**

Großkomponente zur Erzeugung von Wasserdampf und Übertragung der Wärme aus dem Reaktorkreislauf in den Wasser-Dampf-Kreislauf (Sekundärkreis) zum Antrieb des Generators über die Turbinen.

➤ **Dekontamination**

Vollständige oder teilweise Entfernung einer radioaktiven Kontamination mittels chemischer oder physikalischer Verfahren, z. B. durch Abspülen, Reinigung mit Chemikalien oder Abschleifen. Dekontamination von Luft und Wasser erfolgt durch Filtern oder Verdampfen und Ausfällen.

➤ **Kontamination**

Anhaftung von radioaktiven Stoffen, z. B. Verunreinigung von Arbeitsflächen, Geräten, Räumen, Wasser, Luft etc.

➤ **Kontrollbereich**

Räumlich abgetrennter und überwachter Bereich, in dem Personen eine effektive Dosis von mehr als 6 Millisievert jährlich erhalten können. Der Zutritt ist nur unter Beachtung besonderer Strahlenschutzvorschriften zulässig.

➤ **Nachbetriebsphase**

Phase zwischen der endgültigen Abschaltung eines Kernkraftwerks und der Erteilung der Stilllegungsgenehmigung. In dieser Phase sind solche Maßnahmen zulässig, die durch die Betriebsgenehmigung abgedeckt sind, z. B. Entladung der Brennelemente aus dem Reaktor.

➤ **Reaktordruckbehälter**

Dickwandiger zylindrischer Stahlbehälter, der bei einem Kernkraftwerk den Reaktorkern und andere Einbauten in der Nähe des Reaktorkerns umschließt. Er ist aus einem speziellen Feinkornstahl gefertigt, der eine hohe Zähigkeit aufweist.

➤ **Restbetrieb, Restbetriebsphase**

Phase, auf die sich die Stilllegungsgenehmigung erstreckt. Sie endet mit der Entlassung der Anlage aus dem Atomgesetz. Während der Restbetriebsphase werden alle Systeme und Komponenten weiterbetrieben, die zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe während der Stilllegung und des Abbaus erforderlich sind.

➤ **Rückstellungen**

Finanzielle Vorsorge der Kernkraftwerksbetreiber für Rückbau und Entsorgung der Anlagen basierend auf öffentlich-rechtlichen Verpflichtungen, insbesondere dem Atomgesetz, sowie Auflagen, die in den Betriebsgenehmigungen festgeschrieben sind.

Quellen und weiterführende Informationen:

- Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG)
www.gesetze-im-internet.de/atg/index.html
- Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV)
www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/strlschv_2001/gesamt.pdf
- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Stilllegung kerntechnischer Anlagen
www.bfs.de/de/kerntechnik/stilllegung
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes vom 26. Juni 2009
www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh/volltext/3_BMU/3_73_1109.pdf
- EnBW Kernkraft GmbH: Abbau des Kernkraftwerks Obrigheim
http://www.enbw.com/content/de/magazin/energiewissen/abbau_obrigheim/index.jsp
- Entsorgungskommission des Bundes (ESK):
www.entsorgungskommission.de
- E.ON Kernkraft GmbH:
 - Stade: Stilllegung und Rückbau des Kernkraftwerks – vom Kernkraftwerk zur „Grünen Wiese“. 2008
www.eon-kernkraft.com/pages/ekk_de/Standorte/_documents/kernkraft-rueckbau_Stade_de.pdf
 - Vom Kernkraftwerk zur „Grünen Wiese“ – Stilllegung und Rückbau des Kernkraftwerks Würgassen. 2008
www.eon-kernkraft.com/pages/ekk_de/Standorte/_documents/rueckbau_wuergassen_010403.pdf
 - Kernkraftwerk Würgassen – 12 Jahre erfolgreicher Rückbau. 2009
www.eon-kernkraft.com/pages/ekk_de/Standorte/_documents/KKW_12J_Rueckbau.pdf
- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Februar 2012
www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-S-50.pdf
- RWE Power AG: Anlage Mülheim-Kärlich – Ein Kernkraftwerk im Rückbau.
www.rwe.com/web/cms/de/17200/rwe-power-ag/standorte/kernkraft/kkw-muelheim-kaerlich/
- Vattenfall Europe Nuklear Energy GmbH:
www.vattenfall.de/de/kernkraft.htm
- VGB PowerTech: Entsorgung von Kernkraftwerken: Eine technisch gelöste Aufgabe. 2011
www.vgb.org/abfallmanagement.html
- DATf: Stilllegung und Rückbau – Vom Kernkraftwerk zur Grünen Wiese. Februar 2011
www.kernenergie.de/kernenergie/themen/entsorgung/stilllegung--rueckbau.php



DAtF | Kernenergie
im Dialog

Herausgeber:
Deutsches Atomforum e.V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin
info@
www. kernenergie.de

Januar 2013
Alle Rechte vorbehalten.