

Wealer, Ben; Gerbaulet, Clemens; Seidel, Jan Paul; von Hirschhausen, Christian

Research Report

Stand und Perspektiven des Rückbaus von Kernkraftwerken in Deutschland ("Rückbau-Monitoring 2015")

DIW Data Documentation, No. 81

Provided in Cooperation with:

German Institute for Economic Research (DIW Berlin)

Suggested Citation: Wealer, Ben; Gerbaulet, Clemens; Seidel, Jan Paul; von Hirschhausen, Christian (2015) : Stand und Perspektiven des Rückbaus von Kernkraftwerken in Deutschland ("Rückbau-Monitoring 2015"), DIW Data Documentation, No. 81, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/125145>

Standard-Nutzungsbedingungen:

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

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

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

Terms of use:

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

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

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

Data Documentation

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung

2015

Stand und Perspektiven des Rückbaus von Kernkraftwerken in Deutschland (»Rückbau-Monitoring 2015«)

Ben Wealer, Clemens Gerbaulet, Jan Paul Seidel and Christian von Hirschhausen

IMPRESSUM

© DIW Berlin, 2015

DIW Berlin

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung

Mohrenstr. 58

10117 Berlin

Tel. +49 (30) 897 89-0

Fax +49 (30) 897 89-200

www.diw.de

ISSN 1861-1532

All rights reserved.

Reproduction and distribution

in any form, also in parts,

requires the express written

permission of DIW Berlin.



Data Documentation 81

Ben Wealer¹, Clemens Gerbaulet², Jan Paul Seidel³, Christian von Hirschhausen⁴

Stand und Perspektiven des Rückbaus von Kernkraftwerken in Deutschland („Rückbau-Monitoring 2015“)

Berlin, November 2015

¹ Corresponding author: Technische Universität Berlin, ben_wealer@mailbox.tu-berlin.de, phone +49 176-327-363-79.

² DIW Berlin, Technische Universität Berlin, cgerbaulet@diw.de.

³ Technische Universität Berlin, janpaulseidel@gmail.com, phone +49 162-464-641-7.

⁴ DIW Berlin, Technische Universität Berlin, chirschhausen@diw.de.

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Rückbaustrategie und Rückbauphasen	3
2.2	Kerntechnische Anlagen: Bautypen und Reaktordruckbehälter (RDB)	6
2.3	Lager und Transportbehälter	9
3	Rückbau-Monitor	11
3.1	Stillgelegte KKW und KKW in der Stilllegungsphase	11
3.1.1	HDR Großwelzheim (HDR)	13
3.1.2	Kernkraftwerk Niederaichbach (KKN)	13
3.1.3	Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe (MZFR)	14
3.1.4	Kernkraftwerk Lingen (KWL)	14
3.1.5	Kernkraftwerk Gundremmingen Block A (KRB-A)	15
3.1.6	Versuchsatomkraftwerk Kahl (VAK)	16
3.1.7	Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich (KMK)	16
3.1.8	Thorium-Hochtemperaturreaktor Hamm-Uentrop (THTR-300)	17
3.1.9	Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Juelich (AVR)	18
3.1.10	Kernkraftwerk Greifswald (KGR 1-5)	18
3.1.11	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage Karlsruhe (KNK II)	20
3.1.12	Kernkraftwerk Rheinsberg (KKR)	20
3.1.13	Kernkraftwerk Würgassen (KWW)	21
3.1.14	Kernkraftwerk Stade (KKS)	22
3.1.15	Kernkraftwerk Obrigheim (KWO)	23
3.1.16	SNR 300	23
3.1.17	Zusammenfassende Darstellung	24
3.2	KKW in der Nachbetriebsphase	25
3.2.1	Rückbaupläne der Betreiber	25
3.2.2	Mögliche Hindernisse für einen zeitnahen Rückbau	28
3.2.2.1	Kernbrennstofffreiheit	30
3.2.2.2	Fehlende Transport-Behälter und Zwischenlagerung	30
3.2.2.3	Sonderbrennstäbe	31
3.2.2.4	Sonstige Hindernisse	32
4	Marktbeobachtung	32
4.1	Im Rückbau tätige Unternehmen	32
4.1.1	Energiewerke Nord GmbH (EWN GmbH)	33
4.1.2	GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS)	34

4.1.3 NUKEM Technologies GmbH	35
4.1.4 Areva GmbH.....	35
4.1.5 Siempelkamp Ingenieur und Service GmbH.....	36
4.1.6 NIS Ingenieurgesellschaft GmbH (NIS)	37
4.1.7 Babcock Noell GmbH (BNG)	38
4.1.8 Weitere Anbieter	38
4.2 Spezifische und beobachtbare Tätigkeiten.....	40
5 Fazit	42
Literaturverzeichnis	43
Anhang.....	50
A1: Auszug „Rückbau-Monitor 2015“ S.50 - 55.....	50
A2: Rückbauphasen der einzelnen KKW S:56 - 58.....	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stakeholder im Genehmigungsprozess	4
Abbildung 2: Reaktordruckbehälter samt Einbauten	8
Abbildung 3: Konzernverflechtungen im deutschen Rückbaumarkt	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stillgelegte KKW und KKW in der Stilllegungsphase.....	11
Tabelle 2: Stillgelegte KKW und KKW in der Stilllegungsphase – Zusammenfassende Darstellung	24
Tabelle 3: KKW in der Nachbetriebsphase und Gundremmingen B	29

1 Einleitung

Nach dem 2011 unter dem Eindruck der Nuklearkatastrophe in Fukushima beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergie stehen die Atomkonzerne vor großen Herausforderungen: dem Rückbau der Kernkraftwerke sowie der anschließenden Endlagerung des Atommülls. Mit der 13. Novelle des Atomgesetzes wurden 2011 den sieben ältesten Kernkraftwerken und dem KKW Krümmel die Betriebsgenehmigung entzogen. Die verbleibenden acht Kernkraftwerke – Grafenrheinfeld wurde im Juni 2015 abgeschaltet – werden bis 2022 stufenweise vom Netz genommen. Gegenwärtig bereiten sich die betroffenen Energieunternehmen auf die bevorstehenden technischen und finanziellen Herausforderungen vor. So hat sich E.ON SE jetzt dazu entschieden die Kernkraftsparte 2016 doch nicht durch das neue Unternehmen Uniper abzuwickeln, sondern die Sparte von einer gesonderten operativen Einheit unter dem Namen „Preussen-Elektra“ von Hannover aus zu steuern.⁵ Des Weiteren haben E.ON Technologies GmbH und Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH im Mai 2015 eine Kooperationsvereinbarung geschlossen, mit dem Ziel die gemeinsame Entwicklung und Nutzung von Rückbaukompetenzen, wie zum Beispiel die Zerlegung von Großkomponenten, Logistik, Reststoffbehandlung oder Entsorgung, voranzutreiben. Die beiden Geschäftsführer betonen, dass dieser Schritt die nötige Basis für eine wirtschaftliche Optimierung ihres Rückbaugeschäfts unter Einhaltung höchster Sicherheits- und Umweltstandards schafft.⁶

Im Fokus dieser Datendokumentation steht die grundlegende Analyse der technischen und organisatorischen Gegebenheiten des Rückbaus von Kernkraftwerken in Deutschland. Im ersten Abschnitt der Arbeit wird zunächst ein Rückbauphasenmodell definiert und eine kurze Einführung in die technischen Grundlagen vorgenommen. Dies umfasst neben der Beschreibung der komplexesten technischen Systeme auch eine kurze Einführung in die für den Rückbau relevanten Transport- und Lagerbehälter. Anschließend wird der Status Quo, der im Rückbau befindlichen oder bereits rückgebauten Leistungsreaktoren in Deutschland in einem Rückbau-Monitor dargestellt sowie ein Ausblick auf den Rückbau der 2011 abgeschalteten Anlagen inklusive des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld gegeben. Den Abschluss dieses

⁵ Vgl. Handelsblatt (2015).

⁶ Vgl. Vattenfall (2015c).

Teils bildet die Darstellung der Probleme, die den Rückbauprozess möglicherweise verzögern könnten.

Der zweite Abschnitt der Studie umfasst eine Marktanalyse, bei der die in Deutschland tätigen Rückbauunternehmen analysiert werden. Diesen Unternehmen werden die einzelnen Tätigkeiten, die sie bei Rückbauprojekten in Deutschland übernommen haben, zugeordnet, um daraus Schlüsse über die Anbieter für einzelne Rückbauphasen zu ziehen. Ziel ist es außerdem einen generellen Überblick über die im Rückbau tätigen Unternehmen sowie die bestehenden Abhängigkeiten zwischen diesen Unternehmen zu schaffen.⁷

⁷ Die vorliegende Data Documentation beruht überwiegend auf einer Forschungsarbeit von Seidel und Wealer (2015): Rückbau von Kernkraftwerken in Deutschland. Berlin, Technische Universität Berlin.

2 Grundlagen

Zunächst werden im folgenden Kapitel die organisatorischen Grundlagen des Rückbaus von Kernkraftwerken sowie die wesentlichen Rückbauphasen eingeführt. Anschließend werden die wesentlichen Unterschiede zwischen den zwei Leichtwasserreaktor-Bautypen, die in Deutschland im Einsatz sind, aufgezeigt sowie der Reaktordruckbehälter samt Einbauten vorgestellt. Da die Transport- und Lagerbehälter ebenfalls eine den Rückbau betreffende Problematik darstellen können, werden diese ebenfalls eingeführt.

2.1 Rückbaustrategie und Rückbauphasen

Im direkten Anschluss an den Leistungsbetrieb erfolgen die Nachbetriebs- (NBP) sowie die Stilllegungsphase. Die Nachbetriebsphase endet mit dem Erlangen der ersten Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (SAG), woraufhin die Anlage in die Stilllegungsphase überführt wird. In der NBP, die noch durch die Betriebsgenehmigung abgedeckt ist, dürfen nur Arbeiten durchgeführt werden, die auch Teil dieser sind, wie beispielsweise die Entladung von Brennelementen oder die Dekontamination von Anlagen und Systemen.⁸ Nach Scheuten, F. (2012) hat sich der Umfang der Maßnahmen, welche in der NBP rechtmäßig sind, mit der 13. Novelle des Atomgesetzes (AtG) maßgeblich erweitert. Mit dieser Novelle ist eine Rückkehr der Kernkraftwerke in den Leistungsbetrieb nach dem Abschalten ausgeschlossen, was dazu führt, dass Änderungsgenehmigungen, die dem Leistungsbetrieb zuwiderlaufen, nunmehr grundsätzlich zulässig wären.⁹

Im §7 Absatz 3 AtG ist festgelegt, dass für die Stilllegung, den Abbau und den langfristigen Einschluss einer kerntechnischen Anlage oder von Anlagenteilen jeweils eine Genehmigung erforderlich ist. Der Ablauf des Genehmigungsverfahrens wird in der Atomrechtlichen Verfahrensordnung (AtVfV) geregelt. Wesentliche Merkmale hierbei sind die Antragstellung mit Vorlage von Unterlagen, Öffentlichkeitsbeteiligung, Möglichkeit der Aufteilung in mehrere Genehmigungsschritte und die Umweltverträglichkeitsprüfung.¹⁰ Genehmigungsanträge werden bei der jeweils zuständigen Landesbehörde gestellt, bearbeitet und geprüft. Das

⁸ Vgl. BMUB (2009, S.9).

⁹ Vgl. Scheuten, F. (2012, S. 159).

¹⁰ Vgl. BMUB (2013, S. 41 ff.).

Landesministerium arbeitet dabei mit einer unabhängigen technischen Gutachterorganisation, wie beispielsweise dem TÜV, zusammen und kann im Einzelfall auch nachgeordnete Behörden mit Aufsichtsaufgaben beauftragen.¹¹ Abbildung 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Stakeholder im Genehmigungsprozess.

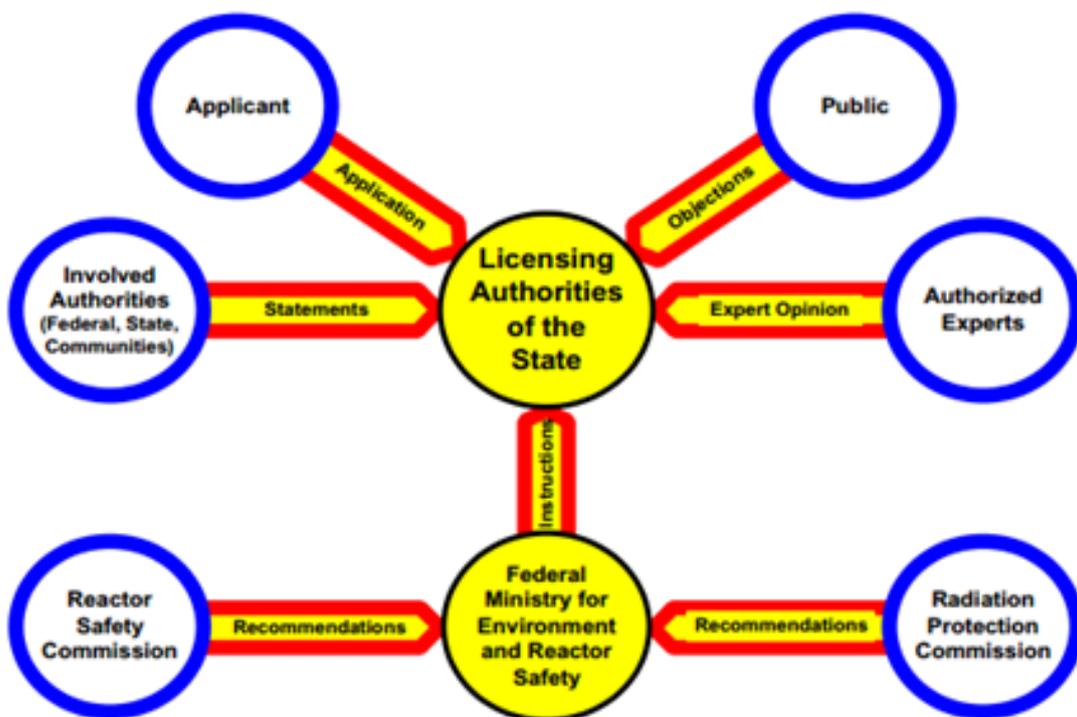


Abbildung 1: Stakeholder im Genehmigungsprozess

Quelle: IAEA (2000, S. 102)

Dem Betreiber der Anlage stehen bei der Wahl der Stilllegungsstrategie nach § 7 Abs. 3 AtG die beiden grundlegenden Alternativen: *direkter Rückbau* und *sicherer Einschluss* zur Verfügung. Eine dritte Strategie, das sog. „entobment“ beziehungsweise „Begräbnis“ des Reaktors – eine dauerhafte vor-Ort Verwahrung der Anlage – wie es in den Vereinigten Staaten eine Option ist, ist in Deutschland auszuschließen. Nach BMUB (2009) erfolgt beim direkten Rückbau nach der Erteilung der Stilllegungsgenehmigung der sofortige Abbau der Anlage oder von Anlagenteilen und endet mit der Entlassung aus der atomrechtlichen Überwa-

¹¹ Vgl. BMUB (2013, S. 48 ff.).

chung. Beim sicheren Einschluss hingegen erfolgt vor dem Rückbau der Anlage und der Entlassung aus dem AtG eine Verwahrung der Anlage über mehrere Jahrzehnte. Die Stilllegungsstrategie kann ebenfalls eine Mischform aus diesen beiden grundlegenden Strategien sein. So ist eine besondere Variante des direkten Abbaus die Herausnahme ganzer, unzerlegter Großkomponenten, die der sogenannten Abklinglagerung zugeführt werden. Bei dieser Strategie wird der Vorteil des Abklingens der Aktivität, wie es beim sicheren Einschluss vorliegt, ausgenutzt.¹²

Dem *Leitfaden zur Stilllegung* ist zu entnehmen, dass mit dem erstmaligen Antrag auf Erteilung einer Genehmigung nach § 7 Absatz 3 AtG und nach § 19b Absatz 1 AtVfV vom Betreiber auch Informationen über die insgesamt geplanten Maßnahmen zur Stilllegung der Anlage vorgelegt werden müssen. Diese Informationen sollen die verantwortlichen Landesbehörden in die Lage versetzen, darüber zu urteilen, ob die weiteren geplanten Maßnahmen erschwert oder behindert werden und ob eine sinnvolle Reihenfolge der Abbaumaßnahmen auch unter Strahlenschutzgesichtspunkten gegeben ist.¹³ Der Zeitraum bis zur Erlangung einer Stilllegungs- und ersten Abbaugenehmigung beträgt in der Regel zwischen drei und fünf Jahren.¹⁴

Der sich anschließende Rückbau von KKW erfolgt dann laut GRS (2012) phasenweise von „außen nach innen“. Begonnen werden die Arbeiten in den Kraftwerksbereichen mit keiner bzw. geringer Kontamination und schreiten in höher kontaminierten oder aktivierten Bereichen fort. Der Rückbau einer kerntechnischen Anlage lässt sich vereinfacht in die nachfolgenden allgemeinen Phasen gliedern:¹⁵

- **Phase 1:** Rückbau erster Systeme, die in der Stilllegungsphase nicht mehr benötigt werden, sowie Aufbau der Logistik im Kontrollbereich.
- **Phase 2:** Rückbau von höher aktivierten Anlagenteilen wie bspw. die Dampferzeuger oder Teile des Primärkühlkreislaufs, Vorbereitung des Rückbaus von höher aktivierten Großkomponenten.

¹² Vgl. BMUB (2009, S. 6 ff.).

¹³ Vgl. BMUB (2009, S. 6).

¹⁴ Vgl. Scheuten, F. (2012, S. 158).

¹⁵ Vgl. GRS (2012, S.12 ff.).

- **Phase 3:** Rückbauarbeiten im Kontrollbereich, wie bspw. Rückbau des Reaktordruckbehälters oder des Biologischen Schildes.
- **Phase 4:** Rückbau der restlichen kontaminierten Anlagenteile, Beseitigung der bis dahin benötigten Teile, wie Kräne und Filtersysteme, und Dekontamination der Gebäudeoberflächen. Mögliche Freigabe des Gebäudes aus dem Geltungsbereich des AtG.
- **Phase 5:** Konventionelle Nutzung oder Abriss der Gebäude.

Die eingereichten Anträge auf Stilllegung und Abbau, zumindest die der KKW, die sich zurzeit in der Stilllegungsphase befinden, decken sich weitestgehend mit den vorgestellten Phasen, wobei die Phasen vier und fünf oft zusammengefasst werden. In den eingereichten Unterlagen der 2011 abgeschalteten KKW gliedert sich der Rückbau zum Großteil nur in zwei Phasen (siehe 3.2). Die Phasen 1 bis 4 sind atomrechtlich relevant und enden mit der Entlassung der Gebäude nach § 7 Absatz 1 AtG aus der atomrechtlichen Überwachung. Der Rückbau muss jedoch nicht mit der Freigabe enden. So kann nach BMUB (2009) die Anlage einschließlich Anlagengelände in eine andere nach Atom- oder Strahlenschutzrecht genehmigte Anlage überführt werden.¹⁶ Nach der Freigabe erfolgt dann eine konventionelle Weiternutzung der Gebäude oder es wird, mit Hilfe des Abrisses der Gebäude, der Zustand der sog. „Grünen Wiese“ hergestellt.

2.2 Kerntechnische Anlagen: Bautypen und Reaktordruckbehälter (RDB)

In Deutschland sind aktuell zwei Bautypen von Leichtwasserreaktoren im Einsatz, der Druckwasserreaktor (DWR) sowie der Siedewasserreaktor (SWR). Im SWR strömt Wasser von unten nach oben durch den Reaktor und wird durch die Brennstäbe erhitzt. Ein Teil des Wassers verdampft und wird der Turbine zugeführt, wo der Dampf entspannt wird. Anschließend wird der aus der Turbine austretende Dampf im Kondensator verflüssigt und wieder dem Kreislauf zugeführt. Da in diesem Prozess kontaminiertes Wasser über Rohrleitungen aus dem Reaktordruckbehälter (RDB) in das Maschinenhaus geführt wird, muss dieses, wie der RDB, in eine Sicherheitsabschirmung einbezogen sein.¹⁷ Beim DWR gibt es hingegen zwei Kreisläufe. Im ersten, dem Hauptkühlkreis, wird das Sieden des Wassers mit Hilfe eines

¹⁶ Vgl. BMUB (2009, S. 12 ff.).

¹⁷ Vgl. Volkmer, M. (2007 S. 44).

Druckhalters verhindert. Dieses erhitzte Wasser gibt seine Wärme an einen Sekundärkreis ab, wodurch verhindert wird, dass radioaktive Stoffe in den zweiten Kreislauf und somit in das Maschinenhaus gelangen. Der wesentliche Unterschied besteht somit in der Größe des Kontrollbereichs, dem Bereich mit erhöhter Strahlenbelastung, der im SWR wesentlich größer ausfällt. Im Gegensatz zum SWR muss das Maschinenhaus bei dem DWR-Konzept nicht mit in die Sicherheitsabschirmung einbezogen werden. Dies bedeutet, dass im DWR weniger Material mit radioaktiven Stoffen in Kontakt kommt und somit im Zuge des Rückbaus auch weniger dekontaminiert werden muss, was sich auch auf die Menge der endzulagernden Abfälle auswirkt.

Der Rückbau des RDB und seiner Einbauten stellt das komplexeste Unterfangen im Rückbauprozess dar. In der Abbildung 2 wird der RDB eines DWR samt Einbauten, wie beispielsweise den Steuerstabantriebsstützen oder den Führungen für die Kerninstrumentierung, und RDB-Deckel gezeigt.

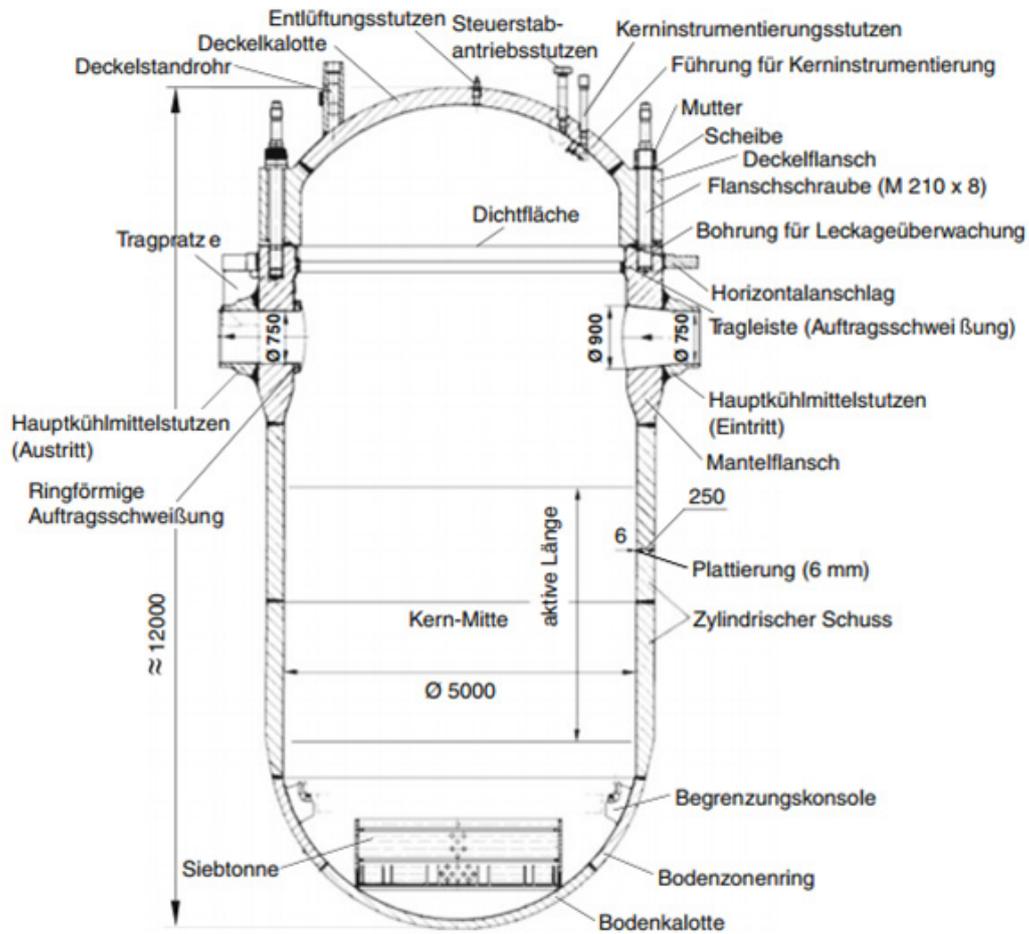


Abbildung 2: Reaktordruckbehälter samt Einbauten

Quelle: Areva aus Ziegler, A; Allelein, H. (2013, S. 256)

Der Reaktorkern – die Brennelementeanordnung mit ihrer Umschließung und allen innerhalb dieses Volumens vorhandenen Anlagenteilen – bildet zusammen mit den umgebenden Strukturen einschließlich des Reaktordruckbehälters den eigentlichen Reaktor.¹⁸ Da hier die Kettenreaktion stattfindet, ist die Aktivität auch nach dem Entfernen der Brennelemente fest in das Material eingebunden. Mit 10^{16} Becquerel (Bq) liegt hier die höchste Aktivitätsmenge vor, die in Anlagenteilen nach dem Entfernen der Brennelemente im gesamten Kernkraftwerk feststellbar ist.¹⁹ Die Abbildung macht auch die, für die Umsetzung des Rückbaus, anspruchsvollen Dimensionen des RDB deutlich. Der Behälter hat einen Durchmesser von 5 Metern, eine Wanddicke von 25 Zentimetern sowie eine Höhe von 12 Metern. Der RDB eines SWR ist vergleichsweise noch größer ausgelegt.²⁰ Diese Eckdaten veranschaulichen die Komplexität des Rückbaus dieses Anlagenteiles, welches am Ende endlagergerecht zerlegt und verpackt vorliegen muss. Zur Endlagerung in der Schachanlage Konrad ist die Verpackung in sogenannten MOSAIK-Behältern vorgesehen.

2.3 Lager und Transportbehälter

Für den Transport und die Zwischenlagerung von Brennelementen werden derzeit in Deutschland in erster Linie die sogenannten Castor-Behälter (CASTOR, Cask for Storage and Transport of Radioactive Material) verwendet. Diese bestehen aus 6 Meter langen Gusswänden mit einer Wandstärke von 450 mm und müssen technisch so ausgelegt sein, dass sie alle denkbaren Unfallauswirkungen überstehen können. Dazu gehören Stürze aus 9 Metern Höhe, ein halbstündiger Feuertest bei 800°C ebenso wie die Auswirkungen eines Zusammenpralls mit einer Lok oder einer unnachgiebigen Wand oder der Beschuss mit einem Projektil.²¹ Es gibt mehrere Varianten von Castoren, jeweils für 19 Brennelemente aus Druckwasserreaktoren (Castor V/19) und für 52 Brennelemente aus Siedewasserreaktoren (Castor

¹⁸ Vgl. Ziegler, A.; Allelein, H. (2013, S. 252).

¹⁹ Siehe Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 4).

²⁰ Siehe Ziegler, A.; Allelein, H. (2013, S. 255 ff.).

²¹ Vgl. Grupen (2008, S. 129).

V/52).²² Die Castorbehälter enthalten ein radioaktives Inventar von 10^{17} Bq und sind so ausgelegt, dass an ihrer Oberfläche gewisse Dosisleistungen nicht überschritten werden dürfen. Für die Endlagerung in Salzgestein wurde der sogenannte Pollux-Behälter entwickelt. Dieser bietet entweder Platz für 10 Druckwasser- oder 30 Siedewasserbrennelemente und kann aufgrund seiner geringeren Größe in ein Salzbergwerk gebracht werden. Ob diese Behälter aber tatsächlich für die Endlagerung eingesetzt werden, ist offen. Hergestellt werden sowohl Castor- als auch Pollux-Behälter von der Firma Gesellschaft für Nuklear Service mbH (GNS), welche zu 100 % den Atomkonzernen EON, RWE, EnBW und Vattenfall gehört und auch die Beladung der Transportbehälter in den Kernkraftwerken übernimmt (siehe 4.1).²³ Für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle gibt es eigene Transport- und Lagerbehälter wie den MOSAIK-Behälter. Die MOSAIK-Behälter werden im Auftrag der GNS von Siempelkamp hergestellt und können ein Volumen zwischen 130 und 490 dm³ fassen.²⁴ Dementsprechend klein müssen die Bauteile aus den Kernkraftwerken zerlegt werden um lagerfähig zu sein.

²² Vgl. GNS (2015c).

²³ Vgl. GNS (2015d).

²⁴ Vgl. GNS (2015e).

3 Rückbau-Monitor

Im nachfolgenden Abschnitt wird ein Überblick über die Rückbauaktivitäten in den Kernkraftwerken in Deutschland gegeben. Dazu wird auf die einzelnen Rückbauphasen, der sich im Prozess der Stilllegung befindlichen Anlagen, eingegangen sowie ein Ausblick für die KKWs, die in naher Zukunft rückgebaut werden und schon einen Antrag auf Stilllegung gestellt haben, gegeben. Außerdem werden Abhängigkeiten aufgezeigt, die möglicherweise den Rückbauprozess verzögern könnten.

3.1 Stillgelegte KKW und KKW in der Stilllegungsphase

Dieser Teil der Studie soll eine Übersicht liefern und wird nur auf einzelne Aspekte des Rückbaus der einzelnen KKWs näher eingehen. Eine detailliertere Beschreibung des Rückbaus liefert eine im Anhang dargestellte Tabelle mit den einzelnen Rückbauphasen der deutschen Kernkraftwerke. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die 15 kerntechnischen Anlagen, die rückgebaut sind oder sich zurzeit im Rückbau befinden, aufsteigend geordnet nach dem Jahr ihrer Außerbetriebnahme.

Tabelle 1: Stillgelegte KKW und KKW in der Stilllegungsphase²⁵

KKW-Block	Gesellschafter	Reaktortyp	Ab-schal-tung	Rückbau-strategie	Rückbau
HDR Grosswelz-heim	Karlsruher Institut für Technologie	Heißdampfreaktor (25 MW _{el})	1971	Sofortiger Rückbau	Von 1988 bis 1998
Nieder-aichbach	Karlsruher Institut für Technologie	Schwerwasser-moderierter Druckröhrenreaktor (100 MW _{el})	1974	Langfristiger Einschluss; Rückbau ab 1987	Von 1987 bis 1995
Lingen	RWE Power AG	SWR (1. Gen., 183 MW _{el})	1977	Langfristiger Einschluss	Antrag auf Rückbau in

²⁵ Eigene Darstellung nach Atommuellreport (2015b), Atommuellreport (2015c), BfS (2015), Deutscher Bundestag (2011a), Deutscher Bundestag (2011b), E.ON Kernkraft GmbH (2008a), FZ Juelich (2015), und MUKEBW (2015a), NMUEK (2015a), NMUEK (2015b), IAEA (2015), RWE Power AG (2002), Schönberger, U. (2013), Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009).

KKW-Block	Gesellschafter	Reaktortyp	Ab-schal-tung	Rückbau-strategie	Rückbau
					2008 eingereicht
Mehr-zweckfor-schungsreaktor Karlsruhe	WAK Rückbau- und Entsorgungs GmbH (EWN)	Schwerwasser-moderierter Druckkesselreaktor (57 MW _{el})	1984	Sofortiger Rückbau	Seit 1984
Gundremmingen A	75% RWE, 25% E.ON	SWR (1. Gen, 237 MW _{el})	1977	Sofortiger Rückbau	Seit 1983
VAK Kahl	80% RWE, 20% Bayernwerk AG	SWR (AEG, 15 MW _{el})	1985	Sofortiger Rückbau	Von 1988 bis 2010
Mülheim-Kärlich	RWE AG	DWR (Konvoi, 1.219 MW _{el})	1988	Sofortiger Rückbau	Seit 2004 bis voraussichtl. 2021
THTR-300	31% RWE, 26% Gemeinschaftskraftwerk Weser GmbH & Co. OHG, 26% Mark E AG, 12% Gemeinschaftskraftwerk Hattingen GmbH, 5% SW Aachen	Heißdampfreaktor (296 MW _{el})	1988	Langfristiger Einschluss von 1997 bis voraussichtlich 2027	Beginn voraussichtl. 2030
AVR Juelich	Energiewerke Nord GmbH	Hochtemperaturreaktor (13 MW _{el})	1988	Hybrid	Seit 2003 bis voraussichtl. 2022
Greifswald 1-5	Energiewerke Nord GmbH	5 DWR (VVER V-230, V-213; 5 x 408 MW _{el})	1989 - 1990	Hybrid	Seit 1995
Rheinsberg	Energiewerke Nord GmbH	DWR (VVER-70, 62 MW _{el})	1990	Hybrid	Seit 1995 bis voraussichtl. 2069
KNK II	Karlsruher Institut für Technologie	Natriumgekühlter schneller Brutreaktor (21 MW _{el})	1991	Sofortiger Rückbau	Seit 1993 bis voraussichtl. 2019

KKW-Block	Gesellschafter	Reaktortyp	Ab-schal-tung	Rückbau-strategie	Rückbau
Würgassen	E.ON Kernkraft GmbH	SWR (1. Gen, 640 MW _{el})	1994	Sofortiger Rückbau	Von 1997 bis 2014
Stade	66,7% E.ON Kernkraft GmbH; 33,3% VENE ²⁶ GmbH	DWR (1. Gen, 640 MW _{el})	2003	Sofortiger Rückbau	Von 2005 bis ursprünglich 2015
Obrigheim	EnBW Kraftwerke AG	DWR (340 MW _{el})	2005	Hybrid	Seit 2008 bis voraussichtl. 2020 bzw. 2025

3.1.1 HDR Großwelzheim (HDR)

Der Heißdampfreaktor Großwelzheim in Bayern – ein SWR mit Dampfüberhitzung - startete seinen kommerziellen Leistungsbetrieb 1970 und wurde bereits 1971 wieder von Netz genommen. Grund waren fehlerhafte Brennelemente, die aufgrund von konstruktiven Mängeln einen Weiterbetrieb bei Vollast nicht erlaubt hätten.²⁷ Laut BfS (2015) begann der Betreiber mit dem Erhalt der 1. SAG im Februar 1983 mit dem sofortigen Rückbau der Anlage. Der Rückbau dauerte 10 Jahre und endete mit konventionellen Abbauarbeiten Mitte Oktober 1998, wobei die Anlage im Mai desselben Jahres aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen wurde.²⁸ Der Rückbau des HDR endete somit mit der Wiederherstellung der „Grünen Wiese“.

3.1.2 Kernkraftwerk Niederaichbach (KKN)

Der Schwerwassermoderierte Druckröhrenreaktor in Bayern ging 1973 in den Leistungsbetrieb über, wurde aber bereits 1974 wieder abgeschaltet, da sich in der Zwischenzeit herausstellte, dass Leichtwasserreaktoren die wirtschaftlichere Variante sind. Nach Schönberger, U.

²⁶ Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH.

²⁷ Vgl. Schönberger, U. (2013, S. 67).

²⁸ Vgl. BfS (2015, S. 25).

(2013) befand sich der Reaktor danach von 1981 bis 1987 im langfristigen Einschluss und wurde zwischen 1987 und 1995 vollständig zurückgebaut. Laut BfS (2015) erfolgten ein Rückbau bis zur „Grünen Wiese“ und die Entlassung aus dem AtG im August 1998. Allerdings sind die Bodenplatten von Reaktor- und Gruftgebäude im Boden verblieben, da zur vollständigen Beseitigung eine Grundwasserabsenkung erforderlich gewesen wäre.²⁹ Die Rückbaukosten betragen 140 Millionen Euro, davon wurden 132 Millionen Euro vom Bund getragen, die restlichen 8 Millionen kamen von der Siemens AG.³⁰

3.1.3 Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe (MZFR)

Der MZFR in Baden-Württemberg war von 1966 bis 1984 in Betrieb und wird seit 1984 in mehreren atomrechtlichen Phasen zurückgebaut. Laut BfS (2015) erfolgte am 31.01.2007 die Erteilung der 8. SAG, welche unter anderem den Rückbau der aktivierten Teile des biologischen Schildes und den Abriss aller Gebäudestrukturen beinhaltet. 2011 endete der fernbediente Rückbau des aktivierten Betons des biologischen Schildes. Mittlerweile sind die Dekontaminationsarbeiten und Demontearbeiten weit fortgeschritten und der endgültige Abriss des Reaktorgebäudes wird vorbereitet.³¹

3.1.4 Kernkraftwerk Lingen (KWL)

Das Kernkraftwerk Lingen in Niedersachsen war von 1968 bis 1977 im Betrieb und befindet sich seit 1988 im langfristigen Einschluss. Der Betreiber, die Kernkraft Lingen GmbH – eine hundertprozentige Tochter der RWE Power AG - reichte 2008 den Antrag nach §7 Abs. 3 AtG auf den Abbau der Anlage ein. 2013 – 25 Jahre nach dem langfristigen Einschluss – sollten die Rückbauarbeiten beginnen, der Antrag wurde jedoch noch nicht vom Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz genehmigt. Der Kernkraft Lingen GmbH (2012) zufolge soll der Rückbau nach Erteilung der Genehmigung in drei Phasen erfolgen. In der ersten Genehmigungsphase erfolgen die Anpassung der Infrastruktur für den Abbau und

²⁹ Vgl. BfS (2015, S. 25).

³⁰ Siehe Schönberger, U. (2015, S. 65).

³¹ Vgl. BfS (2015, S. 21).

der Rückbau aller nicht mehr benötigten nicht-kontaminierten und kontaminierten Anlagenteile. In einem zweiten Schritt werden die aktivierten Bauteile, wie der Reaktordruckbehälter mit Einbauten und der biologische Schild demontiert. Ebenfalls Teil dieser Phase ist die Dekontamination und Freigabe der Gebäudeflächen. Der Rückbau endet anschließend mit der dritten nicht dem Atomrecht unterliegenden Phase, dem Abbruch der freigegebenen Gebäudestrukturen unter konventionellen und baurechtlichen Randbedingungen.³² Eine nähere Beschreibung der Rückbauaktivitäten des KKW Lingen findet sich im Anhang.

3.1.5 Kernkraftwerk Gundremmingen Block A (KRB-A)

Dem KKW Gundremmingen A in Bayern, das von 1967 bis 1977 in Betrieb war, wurde 1983 die Genehmigung zur Stilllegung erteilt. Der sofortige Rückbau der Anlage erfolgt nach den vorgestellten vier atomrechtlichen Phasen, wobei die Phase 4 neben der Freigabe der Gebäude auch deren Abbruch enthält. Nach Thierfeldt/Schartmann (2009) ist der Rückbau mittlerweile weit fortgeschritten, allerdings auch über 30 Jahre nach Erteilung der Stilllegungsgenehmigung noch immer nicht beendet. Die Zerlegung des RDB ist abgeschlossen, die aktivierten und kontaminierten Stahlteile sind in Gussbehältern verpackt und im Zwischenlager Mitterteich eingelagert. Der biologische Schild wurde zerlegt und entsorgt, der aktivierte Anteil des Betonbruchs ist zusammen mit Stahlteilen des Reaktors in Endlagerbehälter verpackt. Demzufolge sind alle aktivierten Komponenten aus dem Reaktorgebäude entfernt und die Anlage befindet sich dementsprechend in der Phase 4, der Phase der Gebäudedekontamination.³³ In dem ehemaligen Technikgebäude, das als Technologiezentrum genutzt wird, werden Dekontaminationsarbeiten und Abfallbehandlungsarbeiten für die beiden noch laufenden Blöcke B und C durchgeführt.³⁴ Nach Schönberger, U. (2013) sollten die Rückbauarbeiten bereits 2005 abgeschlossen sein. Die Kosten für die Rückbauarbeiten werden auf 2,2

³² Vgl. Kernkraft Lingen GmbH (2012, S. 18 ff.).

³³ Vgl. Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 47).

³⁴ Vgl. BfS (2015, S. 22).

Milliarden Euro geschätzt.³⁵ Eine nähere Beschreibung der Rückbauaktivitäten im Block A des KKW Gundremmingen findet sich im Anhang.

3.1.6 Versuchatomkraftwerk Kahl (VAK)

Das Versuchatomkraftwerk Kahl in Bayern war von 1962 bis 1985 im Leistungsbetrieb und damit das erste Kernkraftwerk zur Elektroenergieerzeugung in Deutschland.³⁶ Laut BfS (2015) erfolgte der sofortige Rückbau zwischen 1988 und 2010. Dabei wurden 1989 sämtliche Brennelemente aus der Anlage entfernt und zur Wiederaufbereitungsanlage nach Karlsruhe (WAK) gebracht. Bestrahlte MOX-Brennelemente kamen hingegen in ein zentrales Lager nach Schweden.³⁷ Auf die atomrechtliche Freigabe der Gebäude und des Geländes im Mai 2010 folgte im September des gleichen Jahres mit dem Gesamtabriss des Versuchatomkraftwerkes die Wiederherstellung der Grünen Wiese.³⁸ Der Rückbau kostet insgesamt 150 Millionen Euro.³⁹

3.1.7 Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich (KMK)

Das KKW Mülheim-Kärlich in Rheinland-Pfalz, nördlich von Koblenz, wurde lediglich von August 1987 bis September 1988 betrieben und befand sich bis zur Stilllegungs- und Abbaugenehmigung am 16. Juli 2004 in der Nachbetriebsphase. In dieser Phase erfolgte in den Jahren 2001 und 2002 der Abtransport der Brennelemente zur Wiederaufbereitung nach La Hague.⁴⁰ Nach MWKELRLP (2013) erfolgt der sofortige Rückbau von KMK in vier, davon drei atomrechtlich relevanten, Phasen, welche wiederum, aus Gründen eines schnelleren Fortschritts des Genehmigungsverfahrens, unterteilt wurden. Der Abbau des RDB mit seinen Einbauten, der aktivierten Bereiche des biologischen Schildes sowie der Abbau des Dampferzeugers sind Teil der Phase 2b.⁴¹ In der dritten Phase erfolgen die Entlassungen der einzel-

³⁵ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 55).

³⁶ Siehe BfS (2015, S. 25).

³⁷ Siehe Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 48 ff.).

³⁸ Vgl. BfS (2015, S. 25 ff.).

³⁹ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 68).

⁴⁰ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 178).

⁴¹ Vgl. MWKELRLP (2013, S. 14).

nen Anlagen und Anlagenteile aus der atomrechtlichen Überwachung. Anschließend erfolgt die vierte Phase, der konventionelle Abriss oder eine anderweitige Nutzung der Gebäude.⁴² 2013 wurde die Genehmigung für die Abbauphase 2a erteilt, was den Abbau der Hauptkühlmittelpumpen, der Rohrleitungen des Hauptkühlkreislaufes sowie den mit diesem abbautechnisch im Zusammenhang stehenden Restteilen von physisch angebundenen Systemen, Hilfseinrichtungen, Abstützungen und Mess- und Prüfeinrichtungen beinhaltet. Die Genehmigung für die, im August 2013 beantragte Phase 2b steht seitens der Landesbehörde noch aus.⁴³ Nach Schönberger, U. (2013) wurden Bauteile des Maschinenhauses, unter anderem die Turbine und der Generator, an einen ägyptischen Energieversorger verkauft. Die Rückbauarbeiten dauern voraussichtlich bis mindestens 2021 an und die Kosten werden auf ca. 725 Millionen Euro geschätzt.⁴⁴ Eine nähere Beschreibung der Rückbauaktivitäten im KKW Mülheim-Kärlich findet sich im Anhang.

3.1.8 Thorium-Hochtemperaturreaktor Hamm-Uentrop (THTR-300)

Der von 1987 bis 1988 in Nordrhein-Westfalen betriebene THTR-300 war ein heliumgekühlter Hochtemperatur Kugelhaufenreaktor bei dem Thorium als Brennstoff eingesetzt wurde. Der Reaktor befindet sich seit 1997 im langfristigen Einschluss, voraussichtlich 2030 soll dann der Rückbau der Anlage erfolgen.⁴⁵ Im Oktober 1993 erfolgte die erste SAG, woraufhin der Reaktorkern bis 1995 entladen wurde. Die Kugelbrennelemente wurden in CASTOR-Behälter verladen und in das Brennelement-Zwischenlager Ahaus transportiert.⁴⁶ Die bisherigen Kosten, die auf 430 Mio. Euro geschätzt werden, und die zukünftigen Kosten, die für den langfristigen Einschluss bis 2030, den Rückbau und die Endlagervorausleistung anfallen und für die ca. 675 Millionen Euro veranschlagt werden, müssen zu einem großen Teil vom Bund und vom Land Nordrhein-Westfalen getragen werden.⁴⁷

⁴² Vgl. Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 55).

⁴³ Vgl. RWE Power AG (2015a, S. 2 ff.).

⁴⁴ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 177).

⁴⁵ Vgl. Schönberger, u. (2015, S. 155).

⁴⁶ Vgl. BfS (2015, S. 24).

⁴⁷ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 155).

3.1.9 Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Juelich (AVR)

Der AVR Juelich – ein graphitmoderierter und heliumgasgekühlter Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor – in Nordrhein-Westfalen war von 1969 bis 1988 in Betrieb. Die Kugelbrennelemente bestanden, anders als beim THTR-300, nicht aus Thorium, sondern waren graphitumschlossene Urankugeln. Laut BfS (2015) wurde der Reaktorkern bis auf 197 BE entladen und die BE wurden in das zentrale Zwischenlager auf dem Gelände des Forschungszentrums Jülich verbracht. Die verbleibenden BE können bis zur Zerlegung des RDB nicht mit strahlenschutztechnisch und wirtschaftlich vertretbarem Aufwand geborgen werden.⁴⁸ Seit 1994 befindet sich die Anlage im langfristigen Einschluss. Die EWN GmbH – seit 2003 alleiniger Eigentümer des AVR Juelich – hat als Ziel des Rückbaus bei der Übernahme die „Grüne Wiese“ ausgegeben.⁴⁹ Laut BfS (2015) erhielt die AVR GmbH 2009 die Genehmigung zum Rückbau der Anlage. Das Konzept sieht eine hybride Strategie vor, bei der der RDB 2014 nach der Heraushebung in das Ablagegestell der Materialschleuse des AVR abgesetzt wurde und dann 2015 in das 600 Meter entfernte Zwischenlager transportiert werden soll.⁵⁰ Das Rückbauprojekt soll planmäßig bis 2022 abgeschlossen sein und bis dahin voraussichtlich 360 Millionen Euro gekostet haben.^{51,52}

3.1.10 Kernkraftwerk Greifswald (KGR 1-5)

Der erste Block KGR-1 des Kernkraftwerks Greifswalds am Standort Lubmin in Mecklenburg-Vorpommern war von Juli 1974 bis Februar 1990 am Netz, KGR-4 wurde im Juli 1990 als letztes endgültig abgeschaltet. KGR-5 war nur im November 1989 in Betrieb. Die Stilllegungsgenehmigung für die Blöcke 1-5 des KKW Greifswald wurde am 30. Juni 1995 erteilt. Der Rückbau wird hier von der staatlichen Energiewerke Nord GmbH (EWN) durchgeführt, die unter anderem für die Abwicklung der Atomanlagen der ehemaligen DDR verantwortlich ist. Beim Kernkraftwerk Greifswald handelt es sich bezogen auf die installierte Kraftwerks-

⁴⁸ Vgl. BfS (2015, S. 23).

⁴⁹ Vgl. Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 56).

⁵⁰ Vgl. BfS (2015, S. 24).

⁵¹ Siehe FZ Juelich (2015).

⁵² Siehe Schönberger, U. (2013, S. 167).

leistung um das weltweit größte Rückbauprojekt. Nach Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009) sollte die Anlage, mit Ausnahme des Maschinenhauses und der Reaktorgebäude, binnen 18 Jahren zurückgebaut werden. Die Kernbrennstofffreiheit der Anlage besteht seit dem 22.05.2006.⁵³ Der Rückbau der Anlage begann somit zu einem Zeitpunkt, in dem das KKW noch nicht kernbrennstofffrei war. Zur fernbedienten Demontage der aktivierten Bauteile der Reaktordruckbehälter und ihrer Einbauten wurde eine Zerlegestation, sowohl zur Unterwasserdemontage als auch zur Demontage an der Luft, eingerichtet. In dieser Station wurden unter anderem die RDB-Einbauten aus den Blöcken 1 und 2 zerlegt. Die Einbauten der Blöcke 3 und 4 liegen zur Abklinglagerung im Zentralen Zwischenlager Nord (ZLN), welches sich auch auf dem ehemaligen Kraftwerksgelände befindet.⁵⁴ Die Abklingzeit wird auch für die RDB der Blöcke 1-5 genutzt, die so lange im ZLN zwischengelagert werden sollen bis sie möglichst ohne Fernhandhabung bearbeitet werden können. Außerdem befinden sich im ZLN Großbauteile des Primärkreislaufes, unter anderem die 17 Dampferzeuger, die im Zeitraum bis 2035 zerlegt werden sollen.⁵⁵ EWN verfolgt somit am Standort Greifswald eine hybride Rückbaustrategie, so wird die Anlage direkt rückgebaut, jedoch wird die Abklinglagerung für höher aktivierte Anlagenteile ausgenutzt. Laut BfS (2015) wurde die letzte Genehmigung am 28.02.2014, die insgesamt 22. Abbaugenehmigung sowie die 38. Änderungsgenehmigung, erteilt. Erstere beinhaltet den Rückbau bzw. Abbruch des nicht mehr benötigten und für eine andere Nutzung vorgesehenen Abluftkamins Nord einschließlich des Luftkanals des Spezialgebäudes 1. Der aktuelle Antrag zum Abriss und Rückbau nicht mehr benötigter baulicher Anlagen des Spezialgebäudes Nord 1 befindet sich in der Begutachtung. Insgesamt ist der Rückbau der Anlagenteile des Kontrollbereiches einschließlich Spezialgebäude der Blöcke 1-5 zu circa 85%, die Anlagenteile der Überwachungsbereiche zu 95% abgeschlossen.⁵⁶ Das KKW Greifswald befindet sich somit in der vorgestellten vierten Phase: Abbau der restlichen kontaminierten Anlagenteile, wobei die Phase 3 – Rückbau der aktivierten Anla-

⁵³ Siehe BfS (2015, S. 22).

⁵⁴ Vgl. Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 42 ff.).

⁵⁵ Vgl. Deutscher Bundestag (2010, S. 2).

⁵⁶ Vgl. BfS (2015, S.22 ff.).

genteile – durch die Ausnutzung des Abklingens für mehrere Großkomponenten nicht abgeschlossen ist. Die bisherigen Kosten belaufen sich laut EWN auf 2,8 Milliarden Euro und werden gesamt auf 4 Milliarden geschätzt.⁵⁷

3.1.11 Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage Karlsruhe (KNK II)

KNK I in Baden-Württemberg – ein thermischer Reaktor – ging 1971 zum ersten Mal in Betrieb und wurde später in die Anlage KNK II umgebaut. KNK II war von 1979 bis 1991 im Leistungsbetrieb und war der deutschlandweit einzige betriebene Schneller Brüter. Laut BfS (2015) erfolgte die erste SAG im August 1993. Der umgesetzte sofortige Rückbau gliedert sich in zehn Phasen, von denen acht bereits abgeschlossen sind. Dementsprechend befindet sich KNK II zurzeit in der neunten Phase, in der Maßnahmen zum Abbau der Primärschirmung umgesetzt werden. Die Gebäude sollen nach der Freigabe abgerissen werden, wodurch die angestrebte „Grüne Wiese“ wiederhergestellt wäre.⁵⁸ Die Kosten belaufen sich voraussichtlich auf 350 Millionen Euro und die Pläne sehen vor, dass der Rückbau bis 2019 abgeschlossen sein wird.⁵⁹

3.1.12 Kernkraftwerk Rheinsberg (KKR)

Wie das Kernkraftwerk in Greifswald ist auch am Standort Rheinsberg in Brandenburg die Energiewerke Nord GmbH für die Durchführung der Rückbauaktivitäten verantwortlich. Der DDR-Versuchsreaktor wurde 1991, nach 24 Jahren Leistungsbetrieb, endgültig abgeschaltet und bis 2001 in der Nachbetriebsphase gehalten. Nach EWN GmbH (2015) wurden in dieser Zeit die Brennelemente in das Zentrale Zwischenlager Nord in Lubmin gebracht. Der Rückbau am Standort Rheinsberg untergliedert sich in acht Phasen. Die im Maschinenhaus erfolgten Rückbauarbeiten waren Gegenstand der ersten Phase. Die sich anschließenden Phasen 2 – 6 beinhalteten die Arbeiten im Kontrollbereich, wobei auch in Rheinsberg für die aktivierten Anlagenteile Trocken- und Nasszerlegeplätze eingerichtet wurden. Die Zerlegung des Reaktorschachtes erfolgte beispielsweise vor Ort, während der RDB verpackt und 2007 zur Einla-

⁵⁷ Siehe Schönerger, U. (2013, S. 109).

⁵⁸ Vgl. BfS (2015, S. 21).

⁵⁹ Siehe Schönberger, U. (2103, S. 37).

gerung in das ZLN gebracht wurde. In Phase 7 steht die Entkernung der Anlage sowie das Herstellen der radiologischen Bedingungen für einen späteren Abriss, der Gegenstand der letzten Phase 8 ist, im Mittelpunkt.⁶⁰ Derzeit befindet sich das KKR eben in jener 7. Phase, in der die Betonstrukturen der Gebäude dekontaminiert werden. Der BT-Drucksache 17/7607 ist zu entnehmen, dass die EWN GmbH eine hybride Rückbaustrategie anwendet, so kommt neben der Abklinglagerung für aktivierte Großkomponenten, anschließend an die Gebäude-dekontamination, eine Verwahrzeit der Gebäude in Höhe von 50 Jahren zum Einsatz. Die Gebäude sollen dann im Jahr 2069 abgerissen werden.⁶¹ Die letzten Kostenschätzungen für den Rückbau von KKR beliefen sich auf 600 Millionen Euro.⁶² Eine nähere Beschreibung der Rückbauaktivitäten im KKW Rheinsberg findet sich im Anhang.

3.1.13 Kernkraftwerk Würgassen (KWW)

1994 wurden bei einer Revision des KKW Würgassen in Nordrhein-Westfalen Rissansätze im Kernmantel festgestellt, die mehrere Um- und Nachrüstmaßnahmen erfordert hätten. PreussenElektra, der damalige Betreiber der Anlage, entschied sich deswegen 1995 aus wirtschaftlichen Gründen gegen die erforderlichen Maßnahmen und stellte im September des gleichen Jahres den Antrag auf Stilllegung und Rückbau der Anlage, welcher im April 1997 genehmigt wurde. Der Siedewasserreaktor war somit von 1975 bis 1994 in Betrieb. Laut E.ON Kernkraft GmbH (2008a) wurden in der dreijährigen Nachbetriebsphase die Brennelemente zur Wiederaufbereitung nach La Hague transportiert. Der sofortige Rückbau des KKW Würgassen gliedert sich in fünf atomrechtliche Phasen und den sich anschließenden Abbau der Gebäude und Kultivierung des Kraftwerkgeländes.⁶³ Die Rückbauarbeiten im Sicherheitsbehälter sind in zwei Phasen unterteilt: Phase 3 - die Demontage des Druckabbausystems und weiterer Komponenten im Sicherheitsbehälter und die Phase 4 – der Abbau des RDB und des Biologischen Schildes. 2014 - 17 Jahre nach Rückbaubeginn - ist der Rückbau atomrechtlich abgeschlossen, trotz des fehlenden Abschlusses der Phase 6 (Abbau der Gebäude und Rekul-

⁶⁰ Vgl. EWN GmbH (2015).

⁶¹ Siehe Deutscher Bundestag (2011a, S.2).

⁶² Vgl. Deutscher Bundestag (2011a, S.4).

⁶³ E.ON Kernkraft GmbH (2008).

tivierung des Kraftwerksgeländes), für den es keiner atomrechtlichen Genehmigung bedarf.⁶⁴ Das unabhängige Nachkühlsystem-Gebäude sowie die Transportbereitstellungshalle wurden jedoch noch nicht abgerissen und dienen als Zwischenlager für mittel- und schwach-radioaktive Abfälle, die auf die Eröffnung des Endlagers Konrad warten. 2012 schätzte E.ON die Kosten auf circa 1 Milliarde Euro.⁶⁵ Eine nähere Beschreibung der Rückbauaktivitäten im Block A des KKW Würgassen findet sich im Anhang.

3.1.14 Kernkraftwerk Stade (KKS)

Das Kernkraftwerk Stade in Niedersachsen – 1972 in Betrieb genommen - wurde 2003 endgültig abgeschaltet und befindet sich seit 2005 im Rückbau. Nach Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009) gliedert sich der sofortige Rückbau in die vier vorgestellten atomrechtlichen Phasen, gefolgt vom Abbruch der Gebäude. Das KKW Stade nutzte noch im April 2005 – kurz vor dem Stichtag, ab dem der Transport von abgebrannten Brennelementen in die Wiederaufbereitung verboten wurde – die letzte Möglichkeit seine Brennelemente nach La Hague zu bringen.⁶⁶ Die erste SAG erhielt der Betreiber, die E.ON Kernkraft GmbH, im September 2005, die letzte Genehmigung, jene für die 4. Phase, wurde 2011 erteilt. Nach Loeb, A. (2011) wurde der RDB als Bestandteil der Rückbauphase 3 demontiert, zerlegt, verpackt und entsorgt. Die Zerlegung erfolgte in erste Linie thermisch, während mechanische Trennverfahren unterstützend für spezielle Aufgabenstellungen hinzukamen.⁶⁷ 2015 sollten die Rückbauarbeiten abgeschlossen sein, jedoch verzögert sich der Rückbau seit 2014, da am Boden des Containments eine Kontamination festgestellt wurde. KKS befindet sich somit zurzeit in der Phase 4, der Herstellung der Kontaminationsfreiheit. Ursprünglich rechnete der Betreiber mit Gesamtkosten in Höhe von 500 Millionen Euro und einem Ende der Rückbauarbeiten in 2015.⁶⁸ Eine nähere Beschreibung der Rückbauaktivitäten des KKW Stade findet sich im Anhang.

⁶⁴ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 157).

⁶⁵ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 157).

⁶⁶ Vgl. Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 52).

⁶⁷ Vgl. Loeb, A. (2011, S. 171 ff.).

⁶⁸ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 133).

3.1.15 Kernkraftwerk Obrigheim (KWO)

Nach 36 Betriebsjahren wurde der Leistungsbetrieb des KKW Obrigheim in Baden-Württemberg im Mai 2005 eingestellt. Im August 2008 erhielt die EnBW Kernkraft GmbH die 1. SAG und konnte mit dem Rückbau beginnen. Dem Baden-Württembergischen Umweltministerium zufolge erfolgt der Rückbau nach den oben vorgestellten vier atomrechtlichen Phasen. 2008 wurden die zwei Dampferzeuger zur Abklinglagerung ins Zentrale Zwischenlager Nord transportiert.⁶⁹ Der Betreiber verfolgt somit eine hybride Rückbaustrategie: es erfolgt der sofortige Rückbau mit Ausnutzung der Abklingzeit für die Dampferzeuger. Laut BfS (2015) erhielt das Kernkraftwerk Obrigheim am 30.04.2013 die dritte SAG, welche die Genehmigung für den Abbau von aktivierten Anlagenteilen im Kontrollbereich, unter anderem des RDB-Unterteils, der RDB-Einbauten und des Biologischen Schilts beinhaltet.⁷⁰ Das KWO befindet sich zurzeit in der dritten Phase, der Rückbauarbeiten im Kontrollbereich, im Reaktorgebäude sind rund 90 Prozent des Materials entfernt.⁷¹ Bezüglich des Abrisses oder einer anderweitigen Nutzung der Gebäude im Anschluss an die Phase 4 sind von der Seite des Betreibers EnBW bisher keine Angaben gemacht worden. Laut Aussage eines EnBW-Sprechers soll der Rückbau zwischen 2020 und 2025 abgeschlossen sein.⁷² Die bisherigen Kostenprognosen gehen von Kosten von voraussichtlich 600 Millionen Euro aus.⁷³ Eine nähere Beschreibung der Rückbauaktivitäten im KKW Obrigheim findet sich im Anhang.

3.1.16 SNR 300

Mit der Errichtung des Schnellen Brütters SNR 300 wurde 1973 begonnen, das internationale Projekt wurde jedoch nie fertig gestellt. Dadurch ergaben sich aus der Anlage selbst keine kerntechnischen Stilllegungsaufgaben. So waren nur die SNR-Brennelemente zu entsorgen, welche in Frankreich zu MOX-BE für Leichtwasserreaktoren weiterverarbeitet wurden.⁷⁴

⁶⁹ Vgl. Deutscher Bundestag (2011b, S. 2).

⁷⁰ Vgl. BfS (2015, S.22).

⁷¹ Vgl. ebd.

⁷² Siehe Atommuellreport (2015c).

⁷³ Siehe Schönberg, U. (2013, S.30).

⁷⁴ Vgl. Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 60).

3.1.17 Zusammenfassende Darstellung

Die nachfolgende Tabelle fasst die Angaben bezüglich Rückbaubeginn und –ende sowie die Rückbaukosten der KKW in Stilllegung beziehungsweise der bereits stillgelegte Anlagen zusammen. Außerdem wurde versucht den aktuellen Status der Anlage hervorzuheben, indem die oben beschriebenen Rückbautätigkeiten der einzelnen Betreiber den im Kapitel 2.1 beschriebenen Phasen zugeordnet wurden.

Tabelle 2: Stillgelegte KKW und KKW in der Stilllegungsphase – Zusammenfassende Darstellung⁷⁵

KKW-Block	Gesellschafter	Aktueller Stand	Rückbau- beginn	Rückbau- ende	Rückbau- kosten
HDR Gross- welzheim	Karlsruher Institut für Technologie	abgeschlos- sen	1988	1998	
Niederaich- bach	Karlsruher Institut für Technologie	abgeschlos- sen	1987	1995	140 Millionen Euro
Lingen	RWE Power AG	Seit 1988 im Langfris- tigen Ein- schluss			
Gund- remmingen A	75% RWE Power AG; 25% E.ON Kernkraft GmbH	Phase 4	1983		Voraussichtl. 2,2 Milliar- den Euro
MZFR Karlsru- he	WAK GmbH (EWN)	Phase 4	1984		
VAK Kahl	80% RWE, 20% Bayernwerk AG	abgeschlos- sen	1988	2010	150 Millionen Euro
Mülheim- Kärlich	RWE AG	Phase 2	2004	Voraus- sichtl. bis 2021	Voraussichtl. 725 Mio. Euro
THTR-300	31% RWE, 26% Gemeinschafts- kraftwerk Weser GmbH & Co. OHG,	Seit 1997 im Langfris- tigen Ein- schluss	Voraus- sichtl. 2030		Voraussichtl. 675 Millionen Euro

⁷⁵ Eigene Darstellung nach Atommuellreport (2015b), Atommuellreport (2015c), Deutscher Bundestag (2011a), IAEA (2015), FZ Juelich (2015), NMUEK (2015b), Schönberger, U. (2013), Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009).

KKW-Block	Gesellschafter	Aktueller Stand	Rückbau- beginn	Rückbau- ende	Rückbau- kosten
	26% Mark E AG, 12% Gemein- schaftskraftwerk Hattingen GmbH, 5% SW Aachen				
AVR Juelich	Energiewerke Nord GmbH	Phase 3	2003	Voraus- sichtl. 2022	Voraussichtl. 360 Millionen Euro
Greifswald 1-5	Energiewerke Nord GmbH	Phase 4	1995		Voraussichtl. 4 Milliarden Euro
Rheinsberg	Energiewerke Nord GmbH	Phase 4	1995	Voraus- sichtl. 2069	Voraussichtl. 600 Millionen Euro
KNK II	Karlsruher Institut für Technologie	Phase 4	1993	Voraus- sichtl. 2019	Voraussichtl. 350 Mio. Euro
Würgassen	E.ON Kernkraft GmbH	abgeschlos- sen	1997	2014	ca.1 Milliarde Euro
Stade	66,7% E.ON Kern- kraft GmbH; 33,3% VENE GmbH	Phase 4	2005		Ursprünglich 500 Millionen Euro geplant
Obrigheim	EnBW Kraftwerke AG	Phase 3	2008	Voraus- sichtl. 2020-2025	Voraussichtl. 600 Millionen Euro

3.2 KKW in der Nachbetriebsphase

3.2.1 Rückbaupläne der Betreiber

Die acht im Jahr 2011 durch das Moratorium abgeschalteten Anlagen: Brunsbüttel, Krümmel, Biblis A und B, Philippsburg 1, Isar / Ohu 1, Neckarwestheim 1, Unterweser sowie das KKW Grafenrheinfeld- im Juni 2015 abgeschaltet - befinden sich aktuell in der Nachbetriebsphase. Nachdem die Kernkraft Krümmel GmbH und Co. oHG am 24. August 2015 für das KKW Krümmel den Antrag auf Stilllegung und Abbau gestellt hat, befinden sich auch alle acht Anlagen aus dem Moratorium 2011 im Stilllegungs-Genehmigungsverfahren. Das KKW

Gundremmingen B, das nach dem Zeitplan der 13. Novelle des AtG als nächstes, voraussichtlich am 31.12.2017, abgeschaltet wird, hat ebenfalls bereits den Antrag auf die 1. SAG gestellt.

Brunsbüttel (KKB) und Krümmel (KKK)

In den Anlagen in Schleswig-Holstein Brunsbüttel bzw. Krümmel rechnet Vattenfall mit einem Beginn der Rückbauarbeiten 2017 bzw. in Krümmel in den Jahren 2019/2020. Vattenfall geht von einem Zeitraum von 10-15 Jahren für den vollständigen Rückbau - bis hin zur grünen Wiese - aus.⁷⁶

Biblis A (KWB-A) und B (KWB-B)

Der Betreiber, die RWE Power AG, reichte im August 2012 den Antrag auf sofortige Stilllegung beim Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz ein. Die Rückbauarbeiten für beide Blöcke A und Block B werden voraussichtlich 20 Jahre andauern.⁷⁷ Mit der 1. SAG rechnet RWE im 1. Quartal 2016.⁷⁸

Isar 1 (KKI-1) und Unterweser/Esenshamm (KKU)

E.ON Kernkraft GmbH reichte im Mai 2012 die Anträge auf Stilllegung und Abbau für das KKW Isar 1 in Bayern und für das KKW Unterweser in Niedersachsen ein. Die Genehmigung für KKI-1 erfolgt voraussichtlich Ende 2015 beziehungsweise Anfang 2016.⁷⁹ Die Rückbau-dauer für KKI-1 beträgt voraussichtlich 10 Jahre, der Rückbau der Anlage KKU wird voraussichtlich bis 2025 andauern.⁸⁰ E.ON rechnet mit Rückbaukosten für Unterweser in Höhe von 1 Milliarde Euro.⁸¹

⁷⁶ Siehe Vattenfall (2015a) und Vattenfall (2015b).

⁷⁷ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 93 ff.).

⁷⁸ Siehe. HMUKLV (2015b).

⁷⁹ Siehe Deutscher Bundestag (2015b, S.2).

⁸⁰ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 61), Schönberger, U. (2013, S. 129).

⁸¹ Siehe Schönberger, U. (2013, S. 129).

Neckarwestheim 1 (GKN-1) und Philippsburg 1 (KKP-1)

Der Antrag auf Stilllegung und Abbau wurde für die beiden Anlagen in Baden-Württemberg im April 2013 eingereicht. Laut EnBW Kernkraft sollen die sofortigen Rückbauarbeiten in den Anlagen Neckarwestheim 1 und Philippsburg 1 mindestens 15 Jahre andauern.⁸²

Grafenrheinfeld (KKG)

Für das KKW Grafenrheinfeld in Bayern, welches am 27. Juni 2015 endgültig abgeschaltet wurde, hat der Betreiber E.ON am 28. März 2014, mehr als ein Jahr vor der geplanten Außerbetriebnahme, den Antrag auf die 1. SAG gestellt.

Inhalt der Stilllegungsanträge

Die Anträge auf Stilllegung und Abbau für die Kernkraftwerke in der Nachbetriebsphase sind nahezu identisch, verfolgen alle die Strategie des direkten Rückbaus und gliedern sich in mindestens zwei atomrechtliche Phasen. In einer ersten Phase wird die Infrastruktur für den Abbau von Anlagenteilen geschaffen und es erfolgt der Abbau von kontaminierten, nicht kontaminierten und aktivierten Anlagenteilen, die nicht mehr für den Restbetrieb benötigt werden, einschließlich der RDB-Einbauten. In einer zweiten Phase erfolgt dann der Abbau des RDB und weiterer aktivierter Anlagenteile sowie der Bereiche um das Brennelementelagerbecken, den Abstell- und den Reaktorraum. Mit dem Abschluss der 2. Phase erfolgt die Freigabe der Gebäude aus der atomrechtlichen Überwachung. Mit Ausnahme der KKW Neckarwestheim 1 und Philippsburg 1, hier besteht die Phase 3 aus der Entlassung der Gebäude aus dem AtG oder eine anderweitige atomrechtliche Nutzung.⁸³ Beim KKI-1 hat der Betreiber keine genauen Angaben zum Vorgehen in der dritten Phase gemacht. So erfolgt nach der Freigabe der Abriss der Gebäude oder eine anderweitige Nutzung.⁸⁴ Die einzigen Angaben über einen Rückbau bis hin zur „Grünen Wiese“ macht Vattenfall für die Anlagen Krümmel und Brunsbüttel. Hier besteht die dritte Phase aus dem Abriss der Gebäude.⁸⁵

⁸² Siehe MUKEBW (2015b, S.15).

⁸³ Vgl. EnBW Kernkraft (2013c, S.10).

⁸⁴ Vgl. E.ON Kernkraft GmbH (2012a, S.2).

⁸⁵ Siehe Vattenfall (2015a) und Kernkraftwerk Krümmel GmbH & Co. OHG (2015, S.3).

3.2.2 Mögliche Hindernisse für einen zeitnahen Rückbau

Mit einer durchschnittlichen Aktivität von 10^{20} - 10^{21} Bq machen die Brennelemente einen Großteil des Aktivitätsinventars eines stillgelegten KKW aus.⁸⁶ Im Vergleich dazu ist die Aktivität des aktivierten Materials in Reaktornähe mit 10^{16} Bq deutlich niedriger. Die Kernbrennstofffreiheit der Anlage beeinflusst den Zeitplan der Rückbaumaßnahmen erheblich und ist somit ein wesentlicher die Rückbaumaßnahmen beeinflussender Faktor.⁸⁷ Die Herbeiführung der Kernbrennstofffreiheit hängt wiederum von anderen Faktoren, wie dem Abbrand der Brennelemente, der Mindestabklingzeit oder der Verfügbarkeit von den notwendigen Behältern ab. Die nachfolgende Tabelle enthält die Anzahl an vorhandenen Brennelementen im Nasslager (NL) sowie im Reaktordruckbehälter (RDB), die Anzahl an Sonderbrennstäben (SBS), die geplanten Zeitpunkte der Kernbrennstofffreiheit (KBSF) der abgeschalteten Anlagen sowie Angaben, falls vorhanden, bezüglich des geplanten Rückbaus wie Rückbaubeginn, -dauer und -kosten:

⁸⁶ Vgl. Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 4).

⁸⁷ Unter Kernbrennstofffreiheit versteht man das Entfernen der Brennelemente (BE) aus dem Reaktorkern und aus dem Lagerbecken im Inneren des Reaktorgebäudes und die anschließende Zwischenlagerung in Transport- und Lagerbehältern im standortnahen Zwischenlager.

Tabelle 3: KKW in der Nachbetriebsphase und Gundremmingen B⁸⁸

KKW-Block	Gesellschafter	Reaktortyp	BE im RDB	BE im NL	SBS	Geplante KBSF	Rückbaubeginn	Rückbau-Dauer
Biblis A	RWE AG	DWR (2. Gen., 1.167 MW)	0	440	59	Voraussichtl. 2016		Voraussichtl. 20 Jahre
Biblis B	RWE Power AG	DWR (2. Gen., 1.240 MW)	0	506	235	Voraussichtl. 2017		Voraussichtl. 20 Jahre
Brunsbüttel	66.6% VENE GmbH; 33,3% E.ON Kernkraft GmbH	SWR (KWU-69, 771 MW)	517	0	12	Voraussichtl. 2017	Voraussichtl. 2017	Voraussichtl. 10 bis 15 Jahre
Grafenrheinfeld	E.ON Kernkraft GmbH	DWR (Vor Konvoi, 1.275 MW)	193	404				
Gundremmingen B	75% RWE Power AG; 25% E.ON Kernkraft GmbH	SWR (KWU-72, 1.284 MW)	784	2.224				
Isar 1	E.ON Kernkraft GmbH	SWR (KWU-69, 878 MW)	0	1.734	44	Voraussichtl. 2018	-	Voraussichtl. 10 Jahre
Krümme	50% VENE GmbH; 50% E.ON Kernkraft GmbH	SWR (KWU-69, 1.346 MW)	0	1.094	62	-	Voraussichtl. 2019 / 2020	Voraussichtl. 10 bis 15 Jahre
Neckarwestheim 1	98,45% EnBW AG	DWR (2. Gen., 785 MW)	0	347	84	Voraussichtl. 2017		Mindestens 15 Jahre

⁸⁸ Eigene Darstellung nach Deutscher Bundestag (2014b), Deutscher Bundestag (2015a), IAEA (2015), MUKEBW (2015b), Schönberger, U. (2013), (2015), Vattenfall (2015a), Vattenfall (2015b).

KKW-Block	Gesellschafter	Reaktortyp	BE im RDB	BE im NL	SBS	Geplante KBSF	Rückbau-beginn	Rückbau - Dauer
Philippslippsburg 1	EnBW Kraftwerke AG	SWR (KWU-69, 890 MW)	0	886	29	Voraussichtl. 2017		Voraussichtl. 15 bis 20 Jahre
Unterweser / Esenshamm	E.ON Kernkraft GmbH	DWR (2. Gen, 1.345 MW)	0	413	77	Voraussichtl. 2019/2020		Voraussichtl. bis 2025

3.2.2.1 Kernbrennstofffreiheit

Wie man der Tabelle entnehmen kann, planen die Anlagenbetreiber teilweise mit den Rückbauarbeiten zu beginnen, auch wenn die Anlage zu dem Zeitpunkt noch nicht vollständig kernbrennstofffrei ist.⁸⁹ Fraglich ist zurzeit noch, wie die Landesbehörden dies aus Strahlenschutzgesichtspunkten bewerten, da die Mitarbeiter durch die vorhandenen Brennelemente einem höherem Risiko einer Strahlenbelastung ausgesetzt sind.⁹⁰

3.2.2.2 Fehlende Transport-Behälter und Zwischenlagerung

Nach der nötigen Abklingzeit können die Brennelemente aus der Nasslagerung in die Trockenlagerung in einem Zwischenlager überführt werden. Eine notwendige Bedingung hierfür ist die Bereitstellung der dafür benötigten Transport- und Lagerbehälter, sowie ein vorhandenes standortnahes Zwischenlager. Beide Bedingungen sind aktuell nicht selbstverständlich gegeben, da es sowohl Probleme in der Castoren-Produktion als auch im Genehmigungsverfahren für Abfallbehälter gibt.

⁸⁹ Der BT-Drucksache 18/4291 ist zu entnehmen, dass die Bundesregierung mögliche Risiken bei Beginn der Rückbauarbeiten bei nicht gegebener Kernbrennstofffreiheit, wie beispielsweise die Unterbrechung der Kühlung der Brennelemente oder die Auslösung von Kritikalitätsunfällen durch Unfälle oder Beschädigungen an Komponenten, nicht höher bewertet, da Arbeiten erst nach erfolgter Genehmigung, auch unter Strahlenschutzaspekten beginnen können und die Umsetzung des Rückbaus somit der staatlichen Kontrolle unterliegt; vgl. Deutscher Bundestag (2015b, S.3).

⁹⁰ Die Möglichkeit noch vorhandener Kernbrennstoffe in der Anlage wird in den eingereichten Anträgen der Anlagenbetreiber auf Stilllegung vermerkt. So wird spezifiziert, falls bei Rückbaubeginn noch keine Kernbrennstofffreiheit gegeben vorliegt, dass der Abbau von Anlagenteilen unter Beachtung der jeweiligen Rückwirkungsfreiheit und der Belange der Anlagensicherung erfolgt; vgl. bspw. EnBW Kernkraft GmbH (2013b, S. 2).

Außerdem wurde dem Zwischenlager Brunsbüttel vom Oberverwaltungsgericht (OVG) Schleswig nach einer Klage eines Anwohners im Juni 2013 die Genehmigung entzogen. Laut BT-Drucksache 18/4887 wird zurzeit geprüft welche Auswirkungen das Urteil des OVG Schleswig, das seit Januar 2015 mit der Entscheidung vom Bundesverwaltungsgericht rechtskräftig ist, auf die derzeitigen 49 Zwischenlagereignisverfahren hat.

Aus Sicht der Gesellschaft für Nuklear Service mbH (GNS) ist der gesamte Bedarf an Behältern bis 2027 gedeckt, da die Produktion von 50 auf 80 Castor-Behälter gesteigert wurde.⁹¹ Außerdem hat die Belieferung, der noch in Betrieb befindlichen KKW, mit Castoren nach Angaben der Energieversorgungsunternehmen Vorrang vor den KKW, die mit Inkrafttreten der 13. Novelle des AtG ihre Berechtigung zum Leistungsbetrieb verloren haben.⁹²

3.2.2.3 Sonderbrennstäbe

Ein weiteres Hindernis für die Kernbrennstofffreiheit und damit für einen zügigen Rückbaubeginn sind nach BT-Drucksache 18/4887 und BT-Drucksache 18/444 die sogenannten Sonderbrennstäbe (SBS). Dies sind dichte oder undichte Brennstäbe, Brennstababschnitte, loser Brennstoff, bestrahlte oder unbestrahlte BE, für die Köcher in den vorhandenen Castoren Behältern nachgerüstet und auch genehmigt werden müssen. Sonderbrennstäbe sind z.B. in großer Zahl dadurch entstanden, dass mit dem ungeplanten Abschalten der Kernkraftwerke nach dem Moratorium 2011, viele der in den Reaktoren befindlichen Brennstäbe nur teilweise abgebrannt sind. Für den Castor V/19, dem Behälter für BE aus den DWR wird am Standort-Zwischenlager in Biblis ein Pilotverfahren zum Verpacken von SBS in Köchern betrieben. Die Genehmigungsunterlagen liegen dem BfS vor, allerdings noch nicht vollständig. Für SBS aus SWR ist eine derzeitige Beladung in ein Transport- und Lagerbehälter weder zugelassen noch beantragt.⁹³ Das heißt, will man das Ziel der Kernbrennstofffreiheit bis spätestens 2020 erreichen, müssen in den nächsten 5 Jahren das Beladen von Köchern im Castor V/52 bean-

⁹¹ Vgl. Deutscher Bundestag (2015a, S.6 ff.).

⁹² Vgl. Deutscher Bundestag (2014a, S. 4).

⁹³ Vgl. Deutscher Bundestag (2015a, S.6) & Deutscher Bundestag (2014a, S. 3).

tragt, erprobt und genehmigt werden und für ein Inventar von mindestens 147 SBS produziert werden.

3.2.2.4 Sonstige Hindernisse

Ein weiteres Hindernis für die Rückbauarbeiten ist die Inbetriebnahme des Endlagers Schacht Konrad für mittel- und schwachradioaktive Abfälle, das aller Voraussicht nach 2022 eröffnet wird. Jegliche Verzögerung bei der Fertigstellung des Endlagers Schacht Konrad kann sich auch auf den Abtransport von radioaktiven Materialien von den Rückbaustandorten und somit auch auf den Fortschritt der Rückbauarbeiten selbst auswirken.

Ein Mitarbeiter der GRS charakterisierte die aktuelle Situation der KKW, die zur Zeit in der NBP sind, auf dem GRS Fachgespräch 2015 folgendermaßen: die Abschaltung der Anlagen erfolgte ohne Vorplanung und entsprechende Vorbereitung; sehr viele – zum Teil erst wenig abgebrannte – Brennelemente liegen im RDB bzw. im Nasslager. Weiterhin sind Transport- und Lagerbehälter nicht in ausreichender Anzahl verfügbar, was den kurzfristigen Transport der Brennelemente in die jeweiligen standortnahen Zwischenlager unmöglich macht. Als Konsequenz ist damit zu rechnen, dass der derzeitige Zustand noch einige Jahre andauern wird.⁹⁴ Somit kann das Ziel der Kernbrennstofffreiheit bis spätestens 2020 zumindest in Frage gestellt werden und es muss dadurch bedingt mit Verzögerungen beim Rückbau gerechnet werden.

4 Marktbeobachtung

4.1 Im Rückbau tätige Unternehmen

Dieser Abschnitt fasst Informationen zur Marktsituation in Deutschland im Bereich Stilllegung, Rückbau und Entsorgung zusammen. Dabei wird, sofern verfügbar, der Bezug zu den definierten Rückbauphasen hergestellt.

⁹⁴ Vgl. GRS (2015, S.5).

4.1.1 Energiewerke Nord GmbH (EWN GmbH)

Eine wichtige Rolle im Rückbau kommt dem bundeseigenen Rückbauunternehmen - Energiewerke Nord GmbH - zu, das 1991 aus dem „Volkseigenen Kombinate Kernkraftwerke Bruno Leuschner, Greifswald“, im Zuge der Stilllegung der KKW Rheinsberg und Greifswald entstand. Die EWN GmbH ist ein Unternehmen des Bundes, alleiniger Gesellschafter ist das Bundesministerium der Finanzen. Die EWN GmbH hat sich im Laufe der Zeit zu einem Stilllegungsunternehmen in Europa entwickelt, so dass Mitarbeiter der EWN GmbH aufgrund ihres Know-hows auch für Dritte im In- und Ausland tätig werden, beispielsweise im Auftrag der GNS bei der Castor-Abfertigung in verschiedenen Kraftwerken.⁹⁵ Seit 2009 besitzt die EWN GmbH 25 % der Gesellschafteranteile an der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE). Außerdem ist die EWN seit 2006 hundertprozentiger Eigentümer der Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH (WAK GmbH), der Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH (AVR GmbH) sowie der Zwischenlager Nord GmbH (ZLN GmbH) in Rubenow. Die EWN GmbH ist somit neben den Rückbauprojekten in Greifswald und Rheinsberg auch für den Rückbau der Atomforschungsanlagen in Jülich und Karlsruhe verantwortlich.

EWN bietet wie bereits erwähnt seine Dienstleistungen auch für Dritte an. So wurde EWN für die Phase 3 des Rückbaus des KKW Obrigheim mit der fernbedienten Zerlegung des Reaktors und den aktivierten Einbauten sowie in Phase 2 für den Rückbau der kontaminierten Großkomponenten im Kontrollbereich beauftragt (siehe Babcock Noell GmbH). Aus dem KKW Obrigheim stammen auch die zwei Dampferzeuger im ZLN, die dort zwischengelagert und anschließend konditioniert werden. Darüber hinaus wurden auch Materialien aus dem KKW Mülheim-Kärlich im ZLN konditioniert.⁹⁶ Aus der BT-Drucksache 17/4009 ist zu entnehmen, dass weitere Großkomponenten zur Abklinglagerung sowie mittel- bis schwachra-

⁹⁵ Vgl. Marlies, P. (2011, S. 160 ff).

⁹⁶ Vgl. Marlies, P. (2011, S. 163 ff.).

dioaktive Reststoffe aus Anlagen anderer Betreiber, also nicht aus dem KKR oder dem KGR, zwischen den Jahren 2011 und 2013 ins ZLN gebracht wurden.⁹⁷

4.1.2 GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS)

Die Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, 1974 gegründet, gehört zu 48% der E.ON Kernkraft GmbH, 28% der RWE Power AG, 18,5% der Südwestdeutsche Nuklear-Entsorgungsgesellschaft mbH (SNE) und 5,5% der Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH (VENE). Laut Bundesanzeiger teilen sich die Gesellschafteranteile der SNE zu 86,49% die EnBW Kernkraft AG und zu 13,51% E.ON Kernkraft GmbH. Die GNS ist wiederum 100%ig beteiligt an der BLG Brennelementlager Gorleben GmbH, der BZA Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH, der Acta Technologien GmbH, der WTI Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH sowie 75%iger Eigentümer der DBE GmbH.⁹⁸ Außerdem verfügt die GNS auf dem Gelände des Brennelementlagers Gorleben über die deutschlandweit einzige Heiße Zelle, die Pilot-Konditionierungsanlage Gorleben.

Die GNS bietet sowohl im Bereich schwach- und mittelradioaktiver sowie im Bereich der hochradioaktiven Abfälle Dienstleistungen an. Diese reichen von der Konditionierung, Verpackung, Transport bis hin zur Zwischen- und Endlagerung. Bekannt ist die GNS hauptsächlich für die Produktion der Castor-Behälter.⁹⁹ Laut GNS erhielt das Unternehmen 2008 den Auftrag über die vollständige Ausstattung des Raumes zur Endkonditionierung der Verdampferkonzentrate sowie der Mischabfälle in der Zentralen Dekontaminations- und Wiederaufbereitungsanlage (ZDW) der EWN in Lubmin. Außerdem entwickelte und errichtete die GNS innerhalb der ZDW eine vollautomatische Infasstrocknungsanlage mit zugehöriger Infrastruktur samt Trocknungskammeranlage und Verdeckelungsstation. Während des Rückbaus des KKW Stade übernahm die GNS 2007 den Transport der vier Dampferzeuger nach

⁹⁷Nach einer Behandlung bzw. Konditionierung können außerdem feste radioaktive Reststoffe aus anderen kerntechnischen Anlagen mit Leichtwasserreaktoren im ZLN zwischengelagert werden. Zu der Frage, wem diese Großkomponenten oder Abfälle gehören, macht die Bundesregierung zur Wahrung von Geschäftsgeheimnissen keine Angaben.; vgl. Deutscher Bundestag (2010, S. 4 ff.).

⁹⁸ Vgl. GNS (2015a).

⁹⁹ In Deutschland sind es vor allem die Castor-Behälter V/19 – dem Behälter für Brennelemente und Abfälle aus DWR – sowie dem Typ V/52 – dem Behälter für Brennelemente und Abfälle aus den SWR.

Schweden zum Entsorgungsdienstleister Studsvik. Im Bereich der Forschungsreaktoren war GNS auch aktiv und übernahm als Konsortialpartner den Rückbau des Reaktor- und Absetzblocks des Forschungsreaktors Merlin in Jülich.¹⁰⁰

4.1.3 NUKEM Technologies GmbH

Die Nukem Technologies GmbH wurde 1960 als eines der ersten Nuklearunternehmen in Deutschland gegründet. Laut Scheffler (2011) reicht das Portfolio von der Konzeptplanung einzelner Anlagen wie Zementierungseinrichtungen oder Hochdruckpressen bis zur Auslegung, Lieferung und Inbetriebnahme von kompletten Abfallbehandlungszentren. Seit 2009 ist die NUKEM Technologies GmbH eine 100%ige Tochtergesellschaft der russischen Atomstroyexport. Über diese ist die NUKEM in die staatliche Nuklear-Holding Rosatom eingebunden.

Nukem errichtete, im Konsortium mit der GNS, am bulgarischen KKW Kozloduy ein Lager für Brennelemente. Seit 2008 führt Nukem mit dem französischen Konsortialpartner ONET Technologies Grands Projets die fernhantierte Zerlegung des RDB mit seinen Einbauten und Peripheriesystemen sowie des biologischen Schildes im französischen Kernkraftwerks Brennilis in der Bretagne durch.¹⁰¹ Ende der 1990er-Jahre war NUKEM beim ersten deutschen KKW-Rückbauprojekt, dem Rückbau des Versuchsreaktors Kahl beteiligt. Dort war das Unternehmen verantwortlich für die Zerlegung der RDB-Einbauten mittels Wasser-Abrasiv-Suspensionsstrahl-Schneidverfahren. Auch in Gundremmingen Block A war das Unternehmen aktiv und zerlegte hier Anlagenteile mittels Plasmaschneidverfahren.¹⁰²

4.1.4 Areva GmbH

Die deutsche Areva GmbH ist aus der früheren Siemens-Tochter „Kraftwerk Union AG“ hervorgegangen. Die Areva GmbH mit Sitz in Erlangen ist laut Bundesanzeiger eine hundertprozentige Tochter der Areva NP S.A.S. in Frankreich und konnte bereits Erfahrungen im Rückbau in Deutschland sammeln. Areva war während der 3. Rückbauphase im KKW Stade für die

¹⁰⁰ Vgl. GNS (2015b).

¹⁰¹ Vgl. Scheffler, B. (2011, S. 176 ff.).

¹⁰² Vgl. Brüggemann, P. (2009, S. 520 ff.).

Zerlegung und anschließende Verpackung der RDB-Einbauten verantwortlich.¹⁰³ Im Kernkraftwerk Würgassen hat Areva die gleichen Aufgaben in der 3. Rückbauphase übernommen.¹⁰⁴ 2013 unterzeichnete das Unternehmen mit den deutschen EVUs Großaufträge zur Lieferung von 79 Brennelement-Lagerbehältern – den TN 24 E-Behälter für Uran- und MOX-Brennelemente – im Gesamtwert von mehr als 200 Millionen Euro.¹⁰⁵ Somit steht Areva jetzt im deutschen Markt in direkter Konkurrenz zu GNS. Im September 2015 erhielt das Unternehmen von VENE den Auftrag zur Zerlegung von Brennelementen für die KKW Brunsbüttel und Krümmel. Die Arbeiten umfassen die Entnahme und das Öffnen der unbenutzten Brennelemente sowie das anschließende Zerlegen und Recyclen.¹⁰⁶ Ein weiteres Unternehmen der Areva-Gruppe im Bereich Rückbau ist die deutsche DSR Ingenieurgesellschaft mbH, welche Ingenieur-, Projektmanagement - und Beratungsleistungen für den Betrieb und Abbau kerntechnischer Anlagen anbietet.

4.1.5 Siempelkamp Ingenieur und Service GmbH

Die Siempelkamp Ingenieur und Service GmbH ist im Zuge der Neuaufstellung Mitte des Jahres 2015 aus der Siempelkamp Nukleartechnik GmbH hervorgegangen. Das Unternehmen ist in Besitz eines langjährig bewährten Leistungsspektrums im Bereich Stilllegung und Rückbau, welches vom Projektmanagement und Durchführung von Rückbaumaßnahmen, bis hin zur Lieferung von Einrichtungen für den Rückbau sowie den entsprechenden Werkzeugen reicht. Deutschlandweit einzigartig ist der Betrieb der Schmelzanlage CARLA, in der radioaktiv belastete metallische Reststoffe recycelt werden können. Daraus entstehen Produkte, die später in der Kerntechnik zum Einsatz kommen - beispielsweise Abschirmbehälter aus Guss oder Schwerbeton.¹⁰⁷ Im Auftrag der GNS fertigt die im Januar ausgegründete Siempelkamp Behältertechnik GmbH dickwandige Sphäroguss-Behälterkörper für die CASTOR-Behälter,

¹⁰³ Vgl. Schmitz, A.; Knoll, P. (2009, S. 514 ff.).

¹⁰⁴ Siehe Areva GmbH (2015a).

¹⁰⁵ Vgl. Areva GmbH (2013).

¹⁰⁶ Vgl. Areva GmbH (2015b).

¹⁰⁷ Vgl. Quade/Kluth (2009, S. 590 ff.).

ebenso wie Teile für die MOSAIK Container und Guss-Container.¹⁰⁸ Laut Siempelkamp lieferte die Konzernschwester Siempelkamp Krantechnik GmbH 2013 dem KKW Neckarwestheim ein Transportsystem für die Handhabung von MOSAIK-Behältern. Des Weiteren bietet das Unternehmen Planleistungen, Projektunterstützung und –überwachung für den Rückbau der KKW Mülheim-Kärlich und Würgassen an.¹⁰⁹

4.1.6 NIS Ingenieurgesellschaft GmbH (NIS)

Die NIS ist ein hundertprozentiges Tochterunternehmen der Siempelkamp Nukleartechnik GmbH. Im Bereich Stilllegung und Rückbau verfügt dieses Unternehmen ebenfalls über langjährige Erfahrungen und ein breites Leistungsspektrum. Dieses reicht von der Planung und Durchführung von Rückbaumaßnahmen bis hin zur Lieferung von mechanischen und thermischen Zerlegewerkzeugen sowie Manipulatoren zum Wassereinsatz. Als Konsortialführer übernahm die NIS im Konsortium mit der E.ON Anlagenservice GmbH die Demontage, Zerlegung, Verpackung und Entsorgung des RDB im KKW Stade während der 3. Rückbauphase. Im Zuge der Rückbauarbeiten beauftragte die NIS Siempelkamp Krantechnik mit der Herstellung, Lieferung und Montage eines Portalkrans für den geplanten Rückbau-Einsatz im Kontrollbereich.¹¹⁰ Im KKW Biblis A, das sich zurzeit in der NBP befindet, dekontaminierte die NIS 2013 den Primärkreislauf.¹¹¹

Auf internationaler Ebene verantwortet das Unternehmen die Beschaffung des Equipments zur thermischen Zerlegung der RDB des KKW Zion in den USA. Nach Truetsch war das Unternehmen auch im Versuchsreaktor Kahl in den Phasen drei, vier und fünf im Rückbau aktiv. Während der dritten Phase war NIS verantwortlich für den Rückbau des Brennelementelagerbeckens und des biologischen Schildes. In Phase vier übernahm NIS die Entkernung des Reaktorgebäudes und in Phase fünf wurde, nach der Demontage der Betonaußenschale des Reaktorgebäudes, die Freigabe des Anlagengeländes gewährleistet.¹¹² Darüber hinaus er-

¹⁰⁸ Vgl. Siempelkamp (2015).

¹⁰⁹ Vgl. Siempelkamp (2014, S. 88).

¹¹⁰ Vgl. Loeb, Andreas (2011, S. 171).

¹¹¹ Vgl. Siempelkamp (2014, S. 82).

¹¹² Vgl. Truetsch, B. (2015).

stellte NIS im Jahr 2000 eine anlagenspezifische Studie zur Stilllegung der Kernkraftwerke in Deutschland, welche dem BMUB seither als Referenzstudie für den Rückbau in Deutschland gilt.¹¹³

4.1.7 Babcock Noell GmbH (BNG)

BNG – ein hundertprozentiges Tochterunternehmen der Bilfinger SE- bietet im Bereich der Nukleartechnik sowie im Nuklearservice ein breites Spektrum vom Engineering, der Fertigung, der Montage über den Kraftwerks- und Anlagenservice, die Abfallbehandlung bis hin zum Rückbau an.¹¹⁴ BNG konnte im Rückbau von Forschungsreaktoren sowie im Rückbau des Schwerwasserreaktors Niederaichbach Erfahrung sammeln. Von Februar bis Juni 2012 war BNG zusammen mit der EWN GmbH verantwortlich für den Rückbau der kontaminierten Großkomponenten wie den zwei Dampferzeugern, Kühlpumpen und Druckhaltern in Rückbauphase zwei des KKW Obrigheim.¹¹⁵

4.1.8 Weitere Anbieter

Nach Klooß (2012) ist das Interesse bei Großkonzernen wie Bilfinger oder Siemens am nuklearen Geschäft gesunken. Bilfinger will zukünftig sein Kernkraftgeschäft auf die Modernisierung von KKW außerhalb von Deutschland konzentrieren. Aktuell stehen Verhandlungen mit EnBW bezüglich einer Kooperation beim Reststoffmanagement für den Rückbau der KKW Neckarwestheim I und Philippsburg I an. Siemens wiederum zieht einen endgültigen Schlussstrich unter sein Atomgeschäft. Lediglich der Baukonzern Hochtief, der schon am Bau der meisten deutschen KKW beteiligt war, will vom bevorstehenden Rückbau profitieren.¹¹⁶

Ein weiteres bedeutendes mittelständisches Unternehmen im Bereich Rückbaus ist die Sat. Kerntechnik GmbH. Vor allem bei der Dekontamination von Anlagen ist dieses Unternehmen innovativ führend. Laut Sat. Kerntechnik war das Unternehmen in der Rückbauphase zwei im KKW Mülheim-Kärlich beteiligt. Die Sat. Kerntechnik GmbH stellte dort die Maschinen, Gerä-

¹¹³ Vgl. Deutscher Bundestag (2012, S.5).

¹¹⁴ Vgl. Babcock Noell GmbH (2015).

¹¹⁵ Vgl. EnBW Kernkraft GmbH (2012, S. 32).

¹¹⁶ Vgl. Klooß, K. (2012).

te und Hilfseinrichtung zur Demontage bereit und demontierte die Rohrleitungs-Pumpen, Frischdampf- und Speisewasserleitungen im Maschinenhaus. Im KKW Stade stellte das Unternehmen zudem Fachpersonal für die Bereich Dekontamination, Strahlenschutz und Rückbau sowie eine Diamant-Seilsäge zur Verfügung.¹¹⁷

Weitere Firmen, die im deutschen Rückbau-Geschäft tätig sind, sind: die STEAG Energy Services GmbH, Westinghouse Electric Germany GmbH, Studsvik GmbH & Co. KG sowie Brenk Systemplanung GmbH.¹¹⁸ Die nachfolgende Abbildung zeigt die bestehenden Verbindungen zwischen den im Rückbau tätigen Unternehmen auf und macht damit die hohe Marktkonzentration und die engen Verflechtungen der Unternehmen untereinander deutlich:

¹¹⁷ Vgl. Sat. Kerntechnik (2015).

¹¹⁸ Vgl. Deutscher Bundestag (2012, S.1).

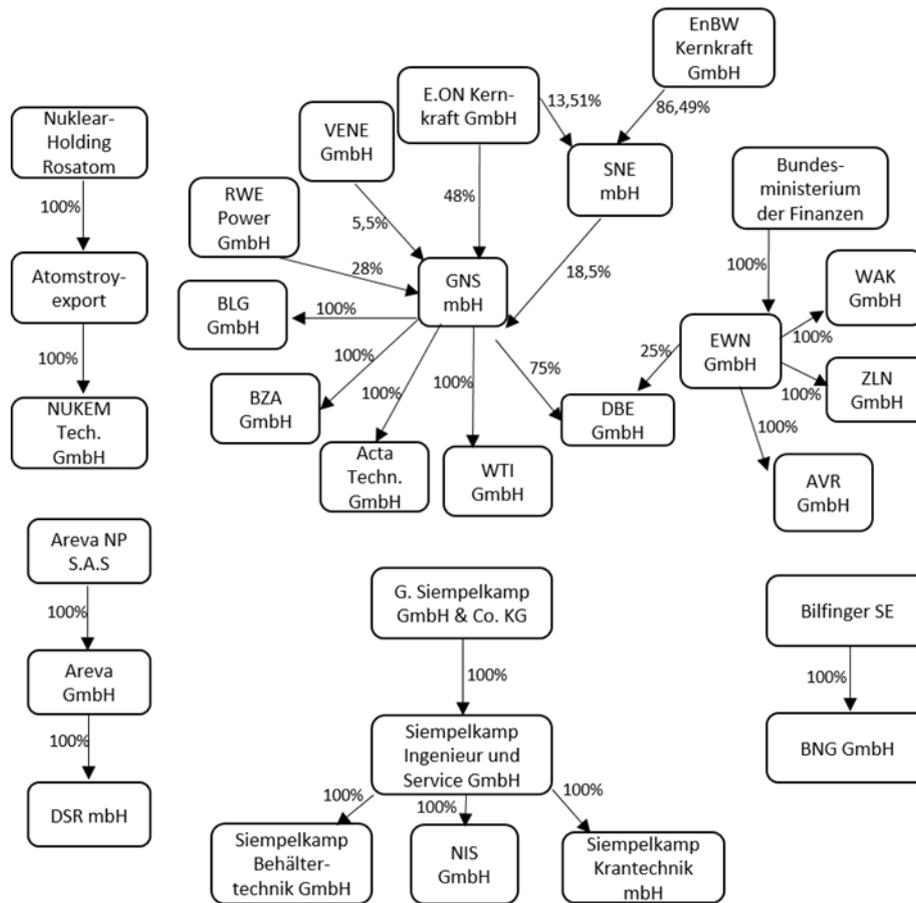


Abbildung 3: Konzernverflechtungen im deutschen Rückbaumarkt

Quelle: Eigene Darstellung.

4.2 Spezifische und beobachtbare Tätigkeiten

Die Betrachtung der Aktivitäten der vorgestellten Spezialunternehmen verdeutlicht, dass diese in erste Linie in der dritten Rückbauphase aktiv waren bzw. sind. Die Ursache ist darin zu suchen, dass der Rückbau des RDB und seinen Einbauten die komplexeste und spezifischste Aufgabe im Rückbauprozess darstellt. Bei dieser Aufgabe werden die höchsten Anforderungen an den Strahlenschutz aber auch an die Abbau- und Zerlegeverfahren gestellt. Die Arbeiten finden zum Teil unter Wasser oder mit Hilfe von Manipulatoren statt. So ist nicht nur der eigentliche Prozess der Demontage, Zerlegung und Verpackung der Anlagenteile und der damit verbundene logistische Aufwand anspruchsvoll, sondern auch die Planung der Rückbauarbeiten vor dem Demontagebeginn. Beispielsweise mussten fast alle in der dritten

Rückbauphase beim KKW Stade eingesetzten Werkzeuge speziell angefertigt werden.¹¹⁹ Gleichzeitig sind an dieser Stelle aber auch Synergieeffekte denkbar, falls sich beispielsweise ein Betreiber dazu entscheidet den gleichen Anbieter für alle seine rückzubauenden Anlagen zu verpflichten. So könnten anlagenspezifisches Knowhow, lessons learned und bereits gefertigte Werkzeuge einen positiven Effekt auf die Rückbaudauer und –kosten haben.

Weitere spezifische Tätigkeiten sind bei Unternehmen wie der GNS, die auf Abfall spezialisiert und phasenübergreifend tätig sind, angesiedelt. Auch die Dekontaminationsarbeiten in der Phase zwei und vier sowie das Freimessen in Phase vier müssen von Spezialfirmen erledigt werden und fallen somit ebenfalls in den Bereich der spezifischen Tätigkeiten.

Die restlichen Arbeiten, wie der Abbau von nicht kontaminierten Anlagenteilen oder Gebäudestrukturen, sind leicht beobachtbar und erfordern weniger spezifisches Wissen, und können somit von nicht auf Nukleardienstleistungen spezialisierten Firmen angeboten werden. Denkbar sind dabei in erster Linie einfache Bau- und Abrissunternehmen.

Abschließend bleibt festzustellen, dass der Rückbaumarkt in den Phasen, die Spezialwissen und –ausrüstung erfordern, bezüglich der Verhandlungsmacht zwischen den Nachfragern von Dienstleistungen und den wenigen Anbietern, ungleich verteilt ist und von einigen Big Playern mit spezialisierten Tochterfirmen beherrscht wird. Die Gefahr eines Marktversagens mit daraus folgenden Ineffizienzen und Kostensteigerungen ist dadurch gegeben.

¹¹⁹ Vgl. Schmitz, A.; Knoll, P. (2009, S. 515).

5 Fazit

Die hier vorgenommene Analyse der derzeitigen Situation des Rückbaus zeigt, dass dieser sowohl aus technischer als auch aus institutioneller Perspektive anspruchsvoll ist; besonders komplex stellen sich administrative und organisatorische Herausforderungen dar. Den Landesbehörden steht eine große Anzahl an umfangreichen Genehmigungsverfahren bevor. Vor dem Hintergrund, dass die durchschnittliche Bearbeitungszeit aktuell bis zu fünf Jahre beträgt, ist davon auszugehen, dass die Bearbeitungszeiten in Zukunft, aufgrund der steigenden Menge von Anträgen, weiter zunehmen werden. Des Weiteren ist damit zu rechnen, dass es infolge der in dieser Arbeit aufgezählten Probleme zu Verzögerungen im Rückbauprozess kommen wird. Zu nennende Probleme sind dabei fehlende Castoren, der Castoren-Liefervorrang für die aktuell in Betrieb befindlichen KKW und die fehlenden Behälter für Sonderbrennstäbe.

Nicht nur in Deutschland, sondern weltweit wird der Rückbaubedarf in den nächsten Jahren und Jahrzehnten stark ansteigen, da ein Großteil der derzeit im Betrieb befindlichen Anlagen in den 1970er und 1980er Jahren errichtet wurden. Der großen Nachfrage nach Rückbaudienstleistungen stehen jedoch nur eine Handvoll Spezialunternehmen gegenüber. Obwohl in dieser Arbeit der Fokus auf dem deutschen Rückbaumarkt liegt, soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass die dargestellten Unternehmen auch international tätig sind und die beschriebenen Dienstleistungen anbieten.¹²⁰ Es handelt sich derzeit um ein eher enges Oligopol, mit der Gefahr von Kostensteigerungen aufgrund der geringen Anzahl von Anbietern.

Obwohl die technische Machbarkeit des Rückbaus gegeben erscheint, zeigen doch alle bisher umgesetzten Projekte, dass es immer wieder zu einer massiven Überschreitung der Zeit- und Kostenpläne kommt.

¹²⁰ Auf dem Weltmarkt für Nukleardienstleistungen sind darüber hinaus die Unternehmen Energy Solutions sowie Babcock International führende Anbieter.

Literaturverzeichnis

- Areva GmbH (2013): Areva unterzeichnet Großaufträge zur Lieferung von Brennelement-Lagerbehältern; online abrufbar unter: <http://de.areva.com/DE/areva-deutschland-2007/presseinformationen-deutsche-region.html>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 17:07 Uhr.
- Areva GmbH (2015a): Areva wins new contract for Würgassen Decommissioning Project; online abrufbar unter: www.areva.com/EN/news-7150/areva-wins-new-contract-for-wurgassen-decommissioning-project.html, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 13:33 Uhr.
- Areva GmbH (2015b): Areva erhält Auftrag zur Zerlegung von Brennelementen; online abrufbar unter: <http://de.areva.com/DE/areva-deutschland-2517/presseinformationen-deutsche-region.html>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 13:35 Uhr.
- Atommuellreport (2015a): Daten AKW Gundremmingen B; online abrufbar unter: <http://www.atommuellreport.de/daten/akw-gundremmingen-b.html>, zuletzt besucht am 29.10.2015 um 18:15 Uhr.
- Atommuellreport (2015b): Daten zum AKW Würgassen; online abrufbar unter: <http://www.atommuellreport.de/daten/akw-wuergassen.html>, zuletzt besucht am 02.11.2015 um 09:29 Uhr.
- Atommuellreport (2015c): Daten zum AKW Obrigheim; online abrufbar unter: <http://www.atommuellreport.de/daten/akw-obrigheim.html>, zuletzt besucht am 02.11.2015 um 09:29 Uhr.
- Babcock Noell GmbH (2015): Unternehmensprofil Babcock Noell GmbH; online abrufbar unter: <http://www.bilfinger.com/leistungen/energie/power/babcock-noell/>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 13:37 Uhr.
- BfS – Bundesamt für Strahlenschutz (2015): Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2014. Hgg. v. Bundesamt für Strahlenschutz. Salzgitter.
- BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009): Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach §7 des Atomgesetzes. BAnz 2009, Nr. 162a, vom 26.06.2009.
- BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2013): Übereinkommen über nukleare Sicherheit. Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland für die Sechste Überprüfungsstagung im März/April 2014. 1. Aufl. Hgg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Erfurt; online abrufbar unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/bericht_uebereinkommen_nukl_sicherheit_bf.pdf am 27.09.2015 um 11:00 Uhr.
- Brüggemann, Pascal (2009): Trends bei der Rückbauplanung und den verwendeten Schneidverfahren. In: atw – Internationale Zeitschrift für Kernenergie 54 (8/9), August/September 2009, S. 520-523.

- Deutscher Bundestag (2010): BT-Drucksache 17/4009 – Atommüll – Zwischenlager Nord, Teil 1. Hgg. v. Deutschen Bundestag, 17. Wahlperiode. Berlin.
- Deutscher Bundestag (2011a): BT-Drucksache 17/7607 - Atomkraftwerk Rheinsberg und Atomare Abfälle. Hgg. v. Deutschen Bundestag, 17. Wahlperiode. Berlin.
- Deutscher Bundestag (2011b): BT-Drucksache 17/4575 – Atommüll – Zwischenlager Nord, Teil 2. Hgg. v. Deutschen Bundestag, 17. Wahlperiode. Berlin.
- Deutscher Bundestag (2012): BT-Drucksache 17/11944 – Rückbau von Atomkraftwerken – Sachstand und Marktsituation. Hgg. V. Deutschen Bundestag, 17. Wahlperiode. Berlin
- Deutscher Bundestag (2014a): BT-Drucksache 18/444 - Verfügbarkeit und Zulassungssituation von Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente aus Atomkraftwerken. Hgg. v. Deutschen Bundestag, 18. Wahlperiode. Berlin.
- Deutscher Bundestag (2014b): BT-Drucksache 18/2427 – Kernbrennstofffreiheit und Rückbau der 2011 endgültig abgeschalteten Atomkraftwerke. Hgg. v. Deutschen Bundestag, 18. Wahlperiode, Berlin.
- Deutscher Bundestag (2015a): BT-Drucksache 18/4887 - Kernbrennstofffreiheit und Rückbau der im Jahr 2011 endgültig abgeschalteten Atomkraftwerke und des Atomkraftwerks Grafenrheinfeld. Hgg. v. Deutschen Bundestag, 18. Wahlperiode. Berlin.
- Deutscher Bundestag (2015b): BT-Drucksache 18/4291 - Stilllegung und Rückbau des Atomkraftwerks Isar1/Ohu und Umgang mit hochradioaktiven Brennelementen. Hgg. v. Deutschen Bundestag, 18. Wahlperiode. Berlin.
- E.ON Kernkraft GmbH (2008): Vom Kernkraftwerk zur "Grünen Wiese" - Stilllegung und Rückbau des Kernkraftwerks Würgassen. Hgg. v. E.ON Kernkraft GmbH. Hannover.
- E.ON Kernkraft (2012a): KKI 1 - Antrag nach § 7 (3) AtG zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage; online abrufbar unter:
http://www.stmuv.bayern.de/umwelt/reaktorsicherheit/genehmigung/doc/kki1_antrag.pdf, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 13:42 Uhr.
- E.ON Kernkraft (2012b): Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung und Abbau der Anlage KKV; online abrufbar unter:
<http://www.umwelt.niedersachsen.de/atomaufsicht/kernkraftwerke/unterweser/antrag-kkv-136975.html>, zuletzt besucht am 29.10.2015 um 20:59 Uhr.
- E.ON Kernkraft GmbH (2014): KKG - Antrag nach § (3) AtG zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage; online abrufbar unter:
http://www.stmuv.bayern.de/umwelt/reaktorsicherheit/genehmigung/doc/kkg_stilllegung.pdf, zuletzt besucht am 30:09.2015 um 13:42 Uhr.
- EnBW Kernkraft GmbH (2012): Decomissioning and Dismantling of NPP Obrigheim; online abrufbar unter:
http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/073/45073431.pdf, zuletzt besucht am 30:09.2015 um 13:42 Uhr.
- EnBW Kernkraft GmbH (2013a): GKN I - Antrag auf Erteilung einer Stilllegungs- und 1. Abbaugenehmigung gem. § 7 Abs. 3 AtG; online abrufbar unter:

- https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Kernenergie/Aktuelle_Informationen/Aktuelle_Meldungen/Erste_SAG_GKNI.pdf; zuletzt abgerufen am 30.09.2015 um 16:15 Uhr.
- EnBW Kernkraft GmbH (2013b): KKP-1 - Antrag auf Erteilung einer Stilllegungs- und Abbau genehmigung gem. § 7 Abs. 3 AtG; online abrufbar unter: http://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Kernenergie/Aktuelle_Informationen/Aktuelle_Meldungen/Erste_SAG_KKP1.pdf; zuletzt abgerufen am 30.09.2015 um 16:12 Uhr.
- EWN GmbH (2015): Konzept zur Stilllegung des Standortes Rheinsberg; online abrufbar unter <http://www.ewn-gmbh.de/ewn/standort-rheinsberg/stilllegung-und-rueckbau/das-konzept.html>, zuletzt besucht am 29.09.2015 um 23:11 Uhr.
- FZ Juelich (2015) - Fragen und Antworten zum Rückbau des Jülicher AVR-Reaktors; online abrufbar unter: http://www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/selbstverstaendnis-verantwortung/avr/FAQ_AVR/_node.html#faq928938, zuletzt besucht am 29.10.2015 um 16:02 Uhr.
- GNS – Gesellschaft für Nuklear Service mbH (2015a): Gesellschafter und Beteiligungen; online abrufbar unter: <http://www.gns.de/language=de/15743/gesellschafter-und-beteiligungen>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 13:45 Uhr
- GNS – Gesellschaft für Nuklear Service mbH (2015b): Referenzen; online abrufbar unter: <http://www.gns.de/language=de/24044/referenzenh>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 13:47 Uhr
- GNS - Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (2015c): CASTOR® V/19; online abrufbar unter: <http://www.gns.de/language=de/21523/castor-v-19>, zuletzt besucht am 29.09.2015 um 20:34 Uhr.
- GNS - Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (2015d): Behälterbeladung; online abrufbar unter: <http://www.gns.de/language=de/21562/behaelterbeladung>, zuletzt besucht am 29.09.2015 um 20:43 Uhr.
- GNS - Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (2015e): Transport- und Lagerbehälter MOSAIK; online abrufbar unter <http://www.gns.de/binary.ashx/2614>, zuletzt besucht am 29.09.2015 um 20:43 Uhr.
- GRS - Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (2012): Decommissioning of Nuclear Facilities. Hg. Von GRS mbH. Köln.
- GRS - Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (2015): Auswertung der Betriebserfahrung zu Anlagen im Nachbetrieb –Fachgespräch 2015; online abrufbar unter: http://www.grs.de/sites/default/files/pdf/5_grs_fachgesprach_2015_maqua.pdf, zuletzt besucht am 24.09.2015 um 9:45 Uhr.
- Gruppen, Klaus / Stroh, Tilo / Werthenbach, Ulrich (2008): Grundkurs Strahlenschutz: Praxis Wissen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen; Springer.
- Handelsblatt (2015): Strategiewechsel: E.ON behält die Atomkraftwerke; online abrufbar

- unter: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/strategiewechsel-kernenergie-seit-jahren-kein-strategisches-geschaeftsfeld/12301268-2.html>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 13:50 Uhr.
- HMUKLV - Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015a): FAQ Rückbau-Antrag KKW Biblis; online abrufbar unter: <https://umweltministerium.hessen.de/faq-rueckbau-antrag-kkw-biblis>, zuletzt besucht am 28.09.2015 um 8:45 Uhr.
- HMUKLV - Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015b): Verfahrensablauf Stilllegung und Abbau KKW Biblis; online abrufbar unter: <https://umweltministerium.hessen.de/umwelt-natur/kernenergie-strahlenschutz/kernkraftwerk-biblis/stilllegung-und-abbau-kkw-biblis>; zuletzt besucht am 30.09.2015 um 15:45 Uhr.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2000): Technical Reports Series No. 399 – Organization and Management for Decommissioning of Large Nuclear Facilities. Hg. von IAEA. Wien.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2015): Country Statistics in Germany, online abrufbar unter: <https://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=DE>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 17:50 Uhr.
- Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. ohG (2012): Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung und Abbau; online abrufbar unter: http://perspektive-brunsbuetel.de/content/uploads/2013/10/2012_11_01_Antrag_auf_Stilllegung_und_Abbau.pdf; zuletzt besucht am 29.09.2015 um 18:35 Uhr.
- Kernkraftwerk Krümmel GmbH & Co. OHG (2015): KKK - Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung und Abbau KKK; online abrufbar unter: http://perspektive-kruemmel.de/content/uploads/2013/10/2015-08-24_R%C3%BCckbauantrag-KKK.pdf; zuletzt besucht am 29.09.2015 um 18:02 Uhr.
- Kernkraft Lingen GmbH (2012): Kurzbeschreibung des Abbaus der Anlage KWL; online abrufbar unter: http://www.umwelt.niedersachsen.de/atomaufsicht/kernkraftwerke/stillgelegte_anlagen/sachstandsinformation-zum-kernkraftwerk-lingen-kwl-8690.html, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 10:00 Uhr.
- Kloöß, K. (2012): AKW Rückbau: Kein Masterplan für Altmeiers Altmeiler. In: manager magazin online; online abrufbar unter <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/energie/a-848126.html>, zuletzt besucht am 14.09.2015 19:00 Uhr.
- Loeb, Andreas (2011): RDB Rückbau im Kernkraftwerk Stade: Innovative Umsetzung. In: atw – Internationale Zeitschrift für Kernenergie 56 (3), März 2011, S. 171-175.
- Marlies, Philipp (2011): Die Energiewerke Nord GmbH – Der Weg vom Betreiber eines stillge-

- Legten russischen Kernkraftwerkes zu einem führenden Stilllegungsunternehmen. In: atw – Internationale Zeitschrift für Kernenergie 56 (3), März 2011, S. 160-164.
- MUKEBW - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2015a): Obrigheim (KWO), online abrufbar unter: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt/kernenergie-und-radioaktivitaet/kerntechnische-anlagen/kkw-in-baden-wuerttemberg/obrigheim-kwo/>, zuletzt besucht am 22.09.2015 um 13:33 Uhr.
- MUKEBW - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2015b): Stenografisches Wortprotokoll zum Erörterungstermin im Rahmen des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen des Kernkraftwerks Neckarwestheim Block 1 (GKN I); online abrufbar unter: http://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Kernenergie/Aktuelle_Informationen/Aktuelle_Meldungen/150616_BW_EOET_Neckarwestheim_Tag1.pdf; zuletzt besucht am 29.10.2015 um 16:00 Uhr.
- MWKELRLP – Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland Pfalz (2013): Kurzfassung Stilllegungs-/Genehmigungsverfahren KKW Mülheim-Kärlich; online abrufbar unter: <http://www.mwkel.rlp.de/File/Kurzfassung-Stilllegung-Genehmigungsverfahren-KMK-07-01-2015-pdf/>, zuletzt besucht am 28.10.2015 um 12:50 Uhr.
- MWKELRLP - Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz (2015) - Genehmigungsverfahren für Stilllegung und Abbau; online abrufbar unter: <http://www.mwkel.rlp.de/Strahlenschutz/Anlage-Muelheim-Kaerlich/Genehmigungsverfahren-fuer-Stilllegung-und-Abbau/>, zuletzt besucht am 28.10.2015 um 13:13 Uhr.
- NMUEK – Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2015a): Sachstandinformationen zum Kernkraftwerk Lingen (KWL); online abrufbar unter: http://www.umwelt.niedersachsen.de/atomaufsicht/kernkraftwerke/stillgelegte_anlagen/sachstandsinformation-zum-kernkraftwerk-lingen-kwl-8690.html, zuletzt besucht am 28.10.2015 um 12:46 Uhr.
- NMUEK (2015b) - Sachstandinformationen zum Kernkraftwerk Stade; online abrufbar unter: http://www.umwelt.niedersachsen.de/atomaufsicht/kerntechnischeanlagen/stillgelegte_anlagen/kernkraftwerk_stade/sachstandsinformation-zum-kernkraftwerk-stade-8850.html, zuletzt besucht am: 29.01.2015 um 09:06 Uhr.
- Quade, Ulrich / Kluth, Thomas (2009): Recycling metallischer Reststoffe – 20 Jahre Betrieb der Schmelzanlage CARLA durch Siempelkamp Nukleartechnik GmbH. In: atw - Internationale Zeitschrift für Kernenergie 5f (10), Oktober 2010, S. 590-597.
- RWE Power AG (2002): Kraftwerk Mülheim-Kärlich Antrag auf Genehmigung nach §/ Abs. 3 AtG auf Stilllegung und Abbau der Anlage Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich (abschließende Fassung vom 12. Juni 2001); online abrufbar unter: http://www.mwkel.rlp.de/File/KMK-Genehmigungsantrag-18-12-2002-pdf/_2/, zuletzt besucht am 28.10.2015 um 12:57 Uhr.

- RWE Power AG (2012a): Kraftwerk Biblis, Block A - Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung und Rückbau; online abrufbar unter:
https://umweltministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/antrag_stilllegung_und_abbau_block_a.pdf, zuletzt aufgerufen am 30.09.2015 um 17:45 Uhr.
- RWE Power AG (2012b): Kraftwerk Biblis, Block B - Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung und Rückbau; online abrufbar unter:
https://umweltministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/antrag_stilllegung_abbau_bibilis_blockb.pdf; zuletzt aufgerufen am 30.09.2015 um 17:50 Uhr.
- RWE Power AG (2014): Kernkraftwerk Gundremmingen (KRB II) – Antrag nach §7 Abs. 3 AtG auf Abbau von Anlagenteilen des Blocks B des KRB II; online abrufbar unter:
http://www.kkw-gundremmingen.de/download/2014-12-11_Antrag_auf_Abbau_von_Anlagenteilen_Block_B.pdf; zuletzt aufgerufen am 28.10.2015 um 17:50 Uhr.
- Sat. Kerntechnik (2015): Referenzen; online abrufbar unter:
<http://www.sat-kerntechnik.de/referenzen.php>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 13:59 Uhr
- Scheffler, Beate (2011): Innovative Lösungen rund um nukleares Engineering. In: atw Internationale Zeitschrift für Kernenergie 56 (3), März 2011, S. 176-179.
- Scheuten, Frank-J. (2012): Die Optimierung der Nachbetriebsphase. In: atw - Internationale Zeitschrift für Kernenergie 57, März 2012 (3), S. 156–162.
- Schönberger, Ursula (2013) - Atommüll - eine Bestandsaufnahme für die Bundesrepublik Deutschland. Atommüllkonferenz c/o Arbeitsgemeinschaft Schacht KONRAD e.V., Salzgitter.
- Schmitz, Andreas, Knoll Peter (2009): Rückbau der Reaktorbehälter-Einbauten im Kernkraftwerk Stade – Ein weiterer Meilenstein auf dem Weg zur grünen Wiese ist realisiert. In: atw - Internationale Zeitschrift für Kernenergie 54 (8/9), August/September 2009, S. 514-518.
- Siempelkamp (2014): Geschäftsbericht 2013; online abrufbar unter:
<http://www.siempelkamp.com/fileadmin/media/Deutsch/Download/Geschaeftsberichte/Jahresbericht-2013.pdf>, zuletzt besucht am: 02.11.2015 um 10:53 Uhr.
- Siempelkamp (2015): Siempelkamp News: Siempelkamp Engineering und Service – Neuaufstellung für den Rückbau; online abrufbar unter:
[http://www.siempelkamp.com/index.php?id=2286&L=1&tx_ttnews\[tt_news\]=946&cHash=811ad8c0d396f8e1f0d7febeca6a454d](http://www.siempelkamp.com/index.php?id=2286&L=1&tx_ttnews[tt_news]=946&cHash=811ad8c0d396f8e1f0d7febeca6a454d), zuletzt besucht am 30.09.2015 um 14:04 Uhr.
- Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Erfahrungen und Perspektiven. Brenk Systemplanung, Aachen. 3. neu bearbeitete Auflage. Hgg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Aachen.
- Truetsch, B.: Mit Siempelkamp zurück zur „grünen Wiese“; Siempelkamp Nukleartechnik;

online abrufbar unter: http://www.siempelkamps.com/fileadmin/media/Deutsch/Download/Presseberichte/Rueckbau%0VAK_zuru_eck%20zur%20gruenen%20Wiese.pdf, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 14:04 Uhr.

Vattenfall (2015a): FAQ Brunsbüttel; online abrufbar unter:

<http://perspektive-brunsbuettel.de/service/faq/>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 11:03 Uhr.

Vattenfall (2015b): FAQ Krümmel; online abrufbar unter:

<http://perspektive-kruemmel.de/service/faq/>, zuletzt besucht am 30.09.2015 um 11:05 Uhr.

Vattenfall (2015c): Vattenfall und E.ON kooperieren beim Rückbau ihrer Kernkraftwerke;

online abrufbar unter:

<http://corporate.vattenfall.de/newsroom/pressemeldungen/2015/vattenfall-und-e.on-kooperieren-beim-ruckbau-ihrer/>, zuletzt besucht am 02.11.2015 um 11:37 Uhr.

Volkmer, Martin (2007): Kernenergie Basiswissen. Überarbeitete Auflage. Hg. von Informationskreis Kernenergie. Berlin.

Ziegler, Albert; Allelein, Hans-Josef (2013, S. 255): Reaktortechnik – Physikalisch-technische Grundlagen. Springer Vieweg. 2. Neu bearbeitete Auflage. Berlin.

Anhang

A1: Auszug „Rückbau-Monitor 2015“ S.52 - 57

A2: Rückbauphasen der einzelnen KKW S:58 - 60

Data Documentation 81

References

KKW-Block	Kürzel	Betreiber	Gesellschafter	Reaktortyp	Nettoleistung [MW _e]	Inbetriebnahme	Außerbetriebnahme	Endgültige Abschaltung	Betrieb	Nachbetrieb	Stillgelegt	Im Rückbau	Im langfrist. Ein-schluss	Rückgebaut	Aus dem ATG entlassen:	Moratorium
Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Juelich	AVR	AVR GmbH (IAEA (2015))	Energiewerke Nord GmbH (IAEA (2015))	Hochtemperaturreaktor (IAEA (2015))	13 (IAEA (2015))	19.05.1969 (IAEA (2015))		31.12.1988 (IAEA (2015))			x	x				
Biblis A	KWB-A	RWE Power AG (IAEA (2015))	RWE AG (IAEA (2015))	DWR (2. Gen.) (Schönberger, U. (2013, S. 47))	1.167 (IAEA (2015))	26.02.1975 (IAEA (2015))	11.05.2010 (Schönberger, U. (2013, S. 133))	06.08.2011 (IAEA (2015))		x						x
Biblis B	KWB-B	RWE Power AG (IAEA (2015))	RWE Power AG (IAEA (2015))	DWR (2. Gen.) (Schönberger, U. (2013, S. 47))	1.240 (IAEA (2015))	31.01.1977 (IAEA (2015))	11.05.2010 (Schönberger, U. (2013, S. 96))	06.08.2011 (IAEA (2015))		x						x
Brokdorf	KBR	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	80% E.ON Kernkraft GmbH; 20% Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH (IAEA (2015))	DWR (Vor-Konvoi) (Schönberger, U. (2013, S. 213))	1.410 (IAEA (2015))	22.12.1986 (IAEA (2015))		Voraussichtl. 31.12.2021 nach 13. Novelle ATG	x							
Brunsbüttel	KKB	Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH (IAEA (2015))	66,6% Vattenfall Nuclear Energy GmbH; 33,3% E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	SWR (KWU-69) (IAEA (2015))	771 (IAEA (2015))	09.02.1977 (IAEA (2015))	21.07.2007 (Schönberger, U. (2013, S. 221))	06.08.2011 (IAEA (2015))		x						x
Grafenrheinfeld	KKG	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	DWR (Vor Konvoi) (Schönberger, U. (2013, S. 47))	1.275 (IAEA (2015))	17.06.1982 (IAEA (2015))		27.06.2015 (IAEA (2015))		x						
Greifswald 1 -5	KGR-1-5	Energiewerke Nord GmbH (IAEA (2015))	Energiewerke Nord GmbH (IAEA (2015))	5 DWR (4 VVER V-230;1 VVER V-213) (IAEA (2015))	5 x 408 (IAEA (2015))	12.07.1974 (IAEA (2015))	01.11.1989 (IAEA (2015))	24.11.1989 - 22.07.1990 (IAEA (2015))			x	x				
Grohnde	KWG	Gemeinschaftskraftwerk Grohnde GmbH & Co oHG (IAEA (2015))	83,3% E.ON Kernkraft GmbH; 16,7% Stadtwerke Bielefeld (IAEA (2015))	DWR (Vor Konvoi) (Schönberger, U. (2013, S. 117))	1.360 (IAEA (2015))	01.02.1985 (IAEA (2015))		Voraussichtl. 31.12.2021 nach 13. Novelle ATG	x							
Gundremmingen A	KRB-A	Kernkraftwerk Gundremmingen GmbH (IAEA (2015))	75% RWE Power AG; 25% E.ON Kernkraft GmbH (Schönberger, U. (2013, S. 55))	SWR (1. Gen) (Schönberger, U. (2013, S. 55))	237 (IAEA (2015))	12.04.1967 (IAEA (2015))		13.01.1977 (IAEA (2015))			x	x				
Gundremmingen B	KRB-II-B	Kernkraftwerk Gundremmingen GmbH (IAEA (2015))	75% RWE Power AG; 25% E.ON Kernkraft GmbH (Schönberger, U. (2013, S. 51))	SWR (KWU-72) (IAEA (2015))	1.284 (IAEA (2015))	19.07.1984 (IAEA (2015))		Voraussichtl. 31.12.2017 nach 13. Novelle ATG	x							
Gundremmingen C	KRB-II-C	Kernkraftwerk Gundremmingen GmbH (IAEA (2015))	75% RWE Power AG; 25% E.ON Kernkraft GmbH (Schönberger, U. (2013, S. 51))	SWR (KWU-72) (IAEA (2015))	1288 (IAEA (2015))	18.01.1985 (IAEA (2015))		Voraussichtl. 31.12.2021 nach 13. Novelle ATG	x							
HDR Grosswetzheim	HDR	Heißdampfreaktor-Betriebsgesellschaft mbH (IAEA (2015))	Karlsruher Institut für Technologie (Schönberger, U. (2013, S. 67))	Heißdampfreaktor (Schönberger, U. (2013, S. 67))	25 (IAEA (2015))	02.08.1970 (IAEA (2015))		20.04.1971 (IAEA (2015))			x			x	x	
Isar 1 / Ohu 1	KKI-1	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	SWR (KWU-69) (IAEA (2015))	878 (IAEA (2015))	21.03.1979 (IAEA (2015))	18.03.2011 (Schönberger, U. (2013, S. 61))	06.08.2011 (IAEA (2015))		x						x
Isar 2 / Ohu 2	KKI-2	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	75% E.ON Kernkraft GmbH; 25% Stadtwerke München (Schönberger, U. (2013, S. 59))	DWR (Konvoi) (IAEA (2015))	1410 (IAEA (2015))	09.04.1988 (IAEA (2015))		Voraussichtl. 31.12.2022 nach 13. Novelle ATG	x							
KNK II		Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft (IAEA (2015))	Karlsruher Institut für Technologie (IAEA (2015))	Natriumgekühlter schneller Brutreaktor (Schönberger, U. (213, S. 37))	21 (IAEA (2015))	03.03.1979 (IAEA (2015))		23.08.1991 (IAEA (2015))			x	x				
Krümmel	KKK	Kernkraftwerk Krümmel GmbH und Co oHG (IAEA (2015))	50% Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH; 50% E.ON Kernkraft GmbH (Schönberger, U. (2013, S. 217))	SWR (KWU-69) (IAEA (2015))	1346 (IAEA (2015))	28.03.1984 (IAEA (2015))	04.07.2009 (Schönberger, U. (2013, S. 217))	06.08.2011 (IAEA (2015))		x						

Data Documentation 81

References

BE im RDB	BE Im Nasslager	Sonderbrennelemente	Kernbrennstoff-freiheit	Strategie	Beginn:	Ende	Aktuell in Phase:	Dauer:	Kosten [€]	Antrag gestellt	1. SAG gestellt am:	1. SAG genehmigt am:
				Hybrid: Sofortiger Rückbau & Abklinglagerung (FZ Juelich (2015))	2003 (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 56))	Voraussichtl. Ende 2022 (FZ Juelich (2015))	Phase 3		ca. 360 Mio. (FZ Juelich (2015))	x		1994 (LE) (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 56))
0	440 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	59 (Deutscher Bundestag (2014b, S.3))	Voraussichtl. 2016 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 5))	Sofortiger Rückbau (RWE Power AG (2012a))				Voraussichtl. 20 Jahre (Schönberger, U. (2013, S. 93))		x	06.08.2012 (RWE Power AG (2012a))	Voraussichtl. Q1 2016 (HMKULV (2015b))
0	506 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	235 (Deutscher Bundestag (2014b, S.3))	Voraussichtl. 2017 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 5))	Sofortiger Rückbau (RWE Power AG (2012b))				Voraussichtl. 20 Jahre (Schönberger, U. (2013, S. 96))		x	06.08.2012 (RWE Power AG (2012b))	Voraussichtl. Q1 2016 (HMKULV (2015b))
517 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	0	12 (Deutscher Bundestag (2014b, S.3))	Voraussichtl. 2017 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 5))	Sofortiger Rückbau (Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. ohG (2012))	Voraussichtl. 2017 (Vattenfall (2015a))			Voraussichtl. 10-15 Jahre (Vattenfall (2015a))		x	01.11.2012 (Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. ohG (2012))	
193 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	404 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))			Sofortiger Rückbau (E.ON Kernkraft GmbH (2014))						x	28.03.2014 (E.ON Kernkraft GmbH (2014))	
				Hybrid: Sofortiger Rückbau mit Abklinglagerung von Großkomponenten (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 43))	1995 (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 42))		Phase 4		ca. 4 Mrd. (Schönberger, U. (2013, S. 109))	x		30.06.1995 (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 43))
				Sofortiger Rückbau (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 47))	1983 (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 47))	Ursprüngl. 2005 geplant (Schönberger, U. (2013, S. 55))	Phase 4		ca. 2,2 Mrd. (Schönberger, U. (2013, S. 55))	x		26.05.1983 (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 47))
784 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	2.224 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))			Sofortiger Rückbau (RWE Power AG (2014))						x	11.12.2014 (RWE Power AG (2014))	
				Sofortiger Rückbau (RWE Power AG (2014))						x	11.12.2014 (RWE Power AG (2014))	
				Sofortiger Rückbau (Schönberger, U. (2013, S. 67))	1988 (Schönberger, U. (2013, S. 67))	1998 (Schönberger, U. (2013, S. 67))	abgeschlossen	10 Jahre		x		16.02.1983 (BFS (2015, S. 25))
0	1.734 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	44 (Deutscher Bundestag (2014b, S.3))	Voraussichtl. 2018 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 5))	Sofortiger Rückbau (E.ON Kernkraft (2012a))				Voraussichtl. 10 Jahre (Schönberger, U. (2013, S. 61))		x	04.05.2012 (E.ON Kernkraft (2012a))	Voraussichtl. Ende 2015/Anfang 2016 (Deutscher Bundestag (2015b, S. 2))
				Sofortiger Rückbau (Schönberger, U. (213, S. 37))	1993 (Schönberger, U. (213, S. 37))	Voraussichtl. 2019 (Schönberger, U. (213, S. 37))	Phase 4		Voraussichtl. 350 Mio. (Schönberger, U. (213, S. 37))	x		26.08.1993 (BFS (2015, S. 25))
0	1.094 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	62 (Deutscher Bundestag (2014b, S.3))		Sofortiger Rückbau (Vattenfall (2015b))	Voraussichtl. 2019/2020 (Vattenfall (2015b))			Voraussichtl. 10-15 Jahre (Vattenfall (2015b))		x	24.08.2015 (Kernkraftwerk Krümmel GmbH & Co. OHG (2015))	

Data Documentation 81

References

KKW-Block	Kürzel	Betreiber	Gesellschafter	Reaktortyp	Nettleistung [MWel]	Inbetriebnahme	Außerbetriebnahme	Endgültige Abschaltung	Betrieb	Nachbetrieb	Stillgelegt	Im Rückbau	Im langfrist. Einschluss	Rückgebaut	Moratorium
Lingen	KWL	Kernkraftwerk Lingen GmbH (IAEA (2015))	RWE Power AG (IAEA (2015))	SWR (1. Gen.) (Schönberger, U. (2013, S. 123))	183 (IAEA (2015))	01.10.1968 (IAEA (2015))		05.01.1977 (IAEA (2015))			x		x		
Lingen 2 / Emsland	KKE	Kernkraftwerke Lippe-Ems GmbH (IAEA (2015))	87,5% RWE Power AG; 12,5% E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	DWR (Konvoi) (IAEA (2015))	1335 (IAEA (2015))	20.06.1988 (IAEA (2015))		Voraussichtl. 31.12.2022 nach 13. Novelle AtG	x						
Mehrzweckforschungreaktor Karlsruhe	MZFR	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH (IAEA (2015))	Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe (WAK) Rückbau- und EntsorgungsbH (IAEA (2015))	Schwerwassermoderierter Druckkesselreaktor (BFS (2014, S. 21))	57 (Bfs (2014, S. 21))	19.12.1966 (IAEA (2015))		03.05.1984 (IAEA (2015))			x	x			
Mühlheim-Kärlich	KMK	RWE Power AG (IAEA (2015))	RWE AG (IAEA (2015))	DWR (Konvoi) (Schönberger, U. (2013, S. 177))	1219 (IAEA (2015))	18.08.1987 (IAEA (2015))		09.09.1988 (IAEA (2015))			x	x			
Neckarwestheim 1	GKN-1	EnBW Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	98,45% EnBW AG; 1,55% ZEAG Energie AG & Deutsche Bahn AG & Kernkraftwerk Obrigheim GmbH (Schönberger, U. (2013, S. 19))	DWR (2. Gen.) (Schönberger, U. (2013, S. 19))	785 (IAEA (2015))	01.12.1976 (IAEA (2015))	16.03.2011 (Schönberger, U. (2013, S. 21))	06.08.2011 (IAEA (2015))		x					x
Neckarwestheim 2	GKN-2	EnBW Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	98,45% EnBW; 1,55% ZEAG Energie AG & Deutsche Bahn AG & Kernkraftwerk Obrigheim GmbH (Schönberger, U. (2013, S. 17))	DWR (Konvoi) (IAEA (2015))	1310 (IAEA (2015))	15.04.1989 (IAEA (2015))		Voraussichtl. 31.12.2022 nach 13. Novelle AtG	x						
Niederaichbach	KKN	Kernkraftwerk Niederaichbach GmbH (Schönberger, U. (2013, S. 65))	Karlsruher Institut für Technologie (Schönberger, U. (2013, S. 65))	Schwerwassermoderierter Druckröhrenreaktor (Schönberger, U. (2013, S. 65))	100 (IAEA (2015))	01.01.1973 (Schönberger, U. (2013, S. 65))		21.07.1974 (Schönberger, U. (2013, S. 65))			x			x	
Obrigheim	KWO	EnBW Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	EnBW Kraftwerke AG (IAEA (2015))	DWR (Schönberger, U. (2013, S. 29))	340 (IAEA (2015))	31.03.1969 (IAEA (2015))		11.05.2005 (IAEA (2015))			x	x			
Philippsburg 1	KKP-1	EnBW Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	EnBW Kraftwerke AG (IAEA (2015))	SWR (KWU-69) (IAEA (2015))	890 (IAEA (2015))	26.03.1980 (IAEA (2015))	17.03.2011 (Schönberger, U. (2013, S. 25))	06.08.2011 (IAEA (2015))		x					x
Philippsburg 2	KKP-2	EnBW Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	EnBW Kraftwerke AG (IAEA (2015))	DWR (Vor-Konvoi) (Schönberger, U. (2013, S. 23))	1402 (IAEA (2015))	18.04.1985 (IAEA (2015))		Voraussichtl. 31.12.2019 nach 13. Novelle AtG	x						
Rheinsberg	KKR	Energiewerke Nord GmbH (IAEA (2015))	Energiewerke Nord GmbH (IAEA (2015))	DWR (VVER-70) (IAEA (2015))	62 (IAEA (2015))	11.10.1966 (IAEA (2015))		01.06.1990 (IAEA (2015))			x	x			
Stade	KKS	E.ON Kernkraft Stade GmbH & Co oHG (IAEA (2015))	66,7% E.ON Kernkraft GmbH; 33,3% Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH (Schönberger, U. (2013, S. 133))	DWR (1. Gen) (Schönberger, U. (2013, S. 33))	640 (IAEA (2015))	19.05.1972 (IAEA (2015))		14.11.2003 (IAEA (2015))			x	x			

Data Documentation 81

References

BE im RDB	BE Im Nasslager	Sonderbrennelemente	Kernbrennstofffreiheit	Strategie	Beginn:	Ende	Aktuell in Phase:	Dauer:	Kosten [€]	Antrag gestellt	1. SAG gestellt am:	1. SAG genehmigt am:
				Langfristiger Einschluss; 2008 Antrag auf Rückbau gestellt (NMUEK (2015))			LE	seit 1988 LE		x		21.11.1985 (LE) (NMUEK (2015)) 15.12.2008 (Rückbau) (NMUEK (2015a))
				Sofortiger Rückbau (BFS (2015, S. 21))	1984 (BFS (2015, S. 21))		Phase 4			x		
				Sofortiger Rückbau (RWE Power(AG 2002))	2004 (Schönberger, U. (2013, S. 177))	2021 (Schönberger, U. (2013, S. 177))	Phase 2		ca. 725 Mio. (Schönberger, U. (2013, S. 177))	x	12.06.2001 (MWKELRLP (2013))	16.07.2004 (1a) (MWKELRLP (2015))
0	347 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	84 (Deutscher Bundestag (2014b, S.3))	Voraussichtl. 2017 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 5))	Sofortiger Rückbau (MUKEBW (2015b, S. 14))				Mind. 15 Jahre (MUKEBW (2015b, S. 15))		x	24.04.2013 (EnBW Kernkraft GmbH (2013a))	
				Langfristiger Einschluss von 1981-1987, Rückbau ab 1987 (Schönberger, U. (2013, S. 65))	1987 (Schönberger, U. (2013, S. 65))	1995 (Schönberger, U. (2013, S. 65))	abgeschlossen	8 Jahre	140 Mio. (Schönberger, U. (2013, S. 65))	x		
				Hybrid: Sofortiger Rückbau mit Abklinglager (Deutscher Bundestag (2011b, S.2))	15.09.2008 (MUKEBW 2015a))	Voraussichtl. 2020-2025 (Atommuellreport (2015c))	Phase 3		ca. 600 Mio. (Schönberger, U. (2013, S. 30))	x		28.08.2008 (BFS (2015, S.22))
0	886 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	29 (Deutscher Bundestag (2014b, S.3))	Voraussichtl. 2017 (Deutscher Bundestag (2015a, S. 5))	Sofortiger Rückbau (MUKEBW (2015b, S. 14))				Voraussichtl. 15-20 Jahre (Schönberger, U. (2013, S. 25))		x	24.04.2013 (EnBW Kernkraft GmbH (2013b))	
				Hybrid: Sofortiger Rückbau mit Abklinglager & langfristigem Einschluss (Deutscher Bundestag (2011a, S.2))	1995 (BFS (2015, S. 21))	Voraussichtl. 2069 (Deutscher Bundestag (2011a, S. 2))	Phase 4		ca. 600 Mio. (Deutscher Bundestag (2011a, S.4))	x	1994 (IAEA (2000a))	28.04.1995 (BFS (2015, S. 21))
				Sofortiger Rückbau	2005 (NMUEK (2015b))	Ursprünglich 2015 (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 52))	Phase 4		Ursprünglich 500 Mio. Euro (Schönberger, U. (2013, S. 133))	x	23.07.2001 (NMUEK (2015b))	07.09.2005 (NMUEK (2015b))

Data Documentation 81

References

KKW-Block	Kürzel	Betreiber	Gesellschafter	Reaktortyp	Nettleistung [MWe]	Inbetriebnahme	Außerbetriebnahme	Endgültige Abschaltung	Betrieb	Nachbetrieb	Stillgelegt	Im Rückbau	Im langfrist. Einschluss	Rückgebaut	Moratorium
THTR-300	THTR	Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH (Schönberger, U. (2013, S. 155))	31% RWE Power AG, 26% Gemeinschaftskraftwerk Weser GmbH & Co. OHG (E.ON, SW Bielefeld), 26% Mark E AG, 12% Gemeinschaftskraftwerk Hattingen GmbH (RWE, WSW Wuppertaler SW), 5% SW Aachen (Schönberger, U. (2013, S. 155))	Heißdampfreaktor (Schönberger, U. (2013, S. 155))	296 (IAEA (2015))	01.06.1987 (IAEA (2015))		29.09.1988 (IAEA (2015))			x		x		
Unterweser / Esenshamm	KKU	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	DWR (2. Gen) (Schönberger, U. (2013, S. 129))	1345 (IAEA (2015))	06.09.1979 (IAEA (2015))	18.03.2011 (Schönberger, U. (2013, S. 129))	06.08.2011 (IAEA (2015))		x					x
VAK Kahl	VAK	Versuchstomkraftwerk Kahl GmbH (IAEA (2015))	80% RWE, 20% Bayernwerk AG (Schönberger, U. (2013, S. 68))	SWR (AEG) (IAEA (2015))	15 (IAEA (2015))	01.02.1962 (IAEA (2015))		25.11.1985 (IAEA (2015))			x			x	
Würgassen	KWW	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	E.ON Kernkraft GmbH (IAEA (2015))	SWR (1. Gen) (Schönberger, U. (2013, S. 157))	640 (IAEA (2015))	11.11.1975 (IAEA (2015))		26.08.1994 (IAEA (2015))			x			x	

Data Documentation 81

References

BE im RDB	BE Im Nasslager	Sonderbrennelemente	Kernbrennbrennstofffreiheit	Strategie	Beginn:	Ende	Aktuell in Phase:	Dauer:	Kosten [€]	1. SAG gestellt am:	1. SAG genehmigt am:
				Langfristiger Einschluss von 1997 bis 2027, danach Rückbau (Schönberger, U. (2013, S. 155))	Voraussichtl. 2030 (Schönberger, U. (2013, S. 155))		LE		ca. 675 Mio. (Schönberger, U. (2013, S. 155))		22.10.1983 (Quelle: BFS (2015, S. 24))
0	413 (Quelle: Deutscher Bundestag (2015a, S. 4))	77 (Quelle: Deutscher Bundestag (2014b, S.3))	Voraussichtl. 2019/2020 (Quelle: Deutscher Bundestag (2015a, S. 5))	Sofortiger Rückbau (Quelle: Schönberger, U. (2013, S. 129))		Voraussichtl. 2025 (Quelle: Schönberger, U. (2013, S. 129))			Mind. 1 Milliarde Euro (Quelle: Schönberger, U. (2013, S. 129))	04.05.2012 (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2012b))	
				Sofortiger Rückbau (Quelle: Schönberger, U. (2013, S. 68))	1988 (Quelle: Schönberger, U. (2013, S. 68))	2010 (Quelle: Schönberger, U. (2013, S. 68))	abgeschlossen	22 Jahre	150 Mio. (Quelle: Schönberger, U. (2013, S. 68))		05.05.1988 (Quelle: BFS (2015, S. 25))
				Sofortiger Rückbau (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2008a, S. 13))	1997 (Quelle: Schönberger, U. (213, S. 157))	16.10.2014 (Quelle: Atommuellreport (201b))	abgeschlossen	17 Jahre	ca. 1 Mrd. (Stand: 2012, Quelle: Schönberger, U. (2013, S. 157))		01.04.1997 (Quelle: Schönberger, U. (2013, S. 157))

Data Documentation 81

References

KKW-Block	Aktuell in Phase:	Phase 0 (NBP)	Phase 1 Abbau erster Systeme die beim Rückbau nicht mehr benötigt werden sowie Aufbau der Logistik im Kontrollbereich	Phase 2 Vorbereitung des Abbaus von Großkomponenten; Abbau von höher aktivierten Anlagenteile	Phase 3 Abbau des hoch aktivierten Reaktordruckbehälters und des Biologischen Schilds	Phase 4 Abbau der restlichen kontaminierten; Beseitigung der Logistik; Freigabe des Gebäudes aus dem ATG	Phase 5 Konventionelle Nutzung oder Abriss der Gebäude
Biblis A			Phase 1: - Abbau von den, für den Restbetrieb der Anlage, nicht mehr benötigten Anlagenteilen - Abbau der Einbauten des Reaktordruckbehälters - Maßnahmen, die erforderlich oder sinnvoll sind, um Anlagenteile, Gebäude und Gelände aus der atomrechtlichen Aufsicht zu entlassen (RWE Power AG (2012a, S. 3))	Teil von Phase 1	Phase 2: (mindestens eine weitere Abbaugenehmigung zum Abbau): - des RDB - des biologischen Schilds und der Einrichtung zur Umschließung des äußeren Sicherheitsbereiches (insb. Zaun, Detektion, Umzäunungszugänge) (RWE Power AG (2012a, S. 3))	Teil von Phase 2	
Biblis B			Phase 1: - Abbau von den, für den Restbetrieb der Anlage, nicht mehr benötigten Anlagenteilen - Abbau der Einbauten des Reaktordruckbehälters - Maßnahmen, die erforderlich oder sinnvoll sind, um Anlagenteile, Gebäude und Gelände aus der atomrechtlichen Aufsicht zu entlassen (RWE Power AG (2012b, S. 3))	Teil von Phase 1	Phase 2: (mindestens eine weitere Abbaugenehmigung zum Abbau): - des RDB - des biologischen Schilds und der Einrichtung zur Umschließung des äußeren Sicherheitsbereiches (insb. Zaun, Detektion, Umzäunungszugänge) (RWE Power AG (2012b, S. 3))	Teil von Phase 2	
Brunsbüttel			Phase 1: - Schaffung der notwendigen Infrastruktur für den Rückbau von Anlagenteilen - Abbau von kontaminierten, nicht kontaminierten sowie aktivierten Anlagenteilen (auch RDB-Einbauten), die für den Restbetrieb nicht mehr benötigt werden (Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. ohG (2012, S. 2))	Teil von Phase 1	Phase 2: - Abbau von RDB, Biologischem Schild und weiteren aktivierten Anlagenteilen sowie die Bereiche um das BE-Lagerbecken, den Abstell- und den Reaktorraum - Restfreiräumen der Räume im Kontrollbereich und der Nachweis der Freigabefähigkeit von Gebäuden und des Geländes mit dem Ziel der Entlassung aus AtG (Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. ohG (2012, S. 2))	Teil von Phase 2	Phase 3: Abriss des Gebäudes (Vattenfall (2015a))
Grafenrheinfeld			Phase 1: - Schaffung der notwendigen Infrastruktur für den Rückbau von Anlagenteilen - Abbau von kontaminierten, nicht kontaminierten sowie aktivierten Anlagenteilen (auch RDB-Einbauten), die für den Restbetrieb nicht mehr benötigt werden (E.ON Kernkraft GmbH (2014, S. 2))	Teil von Phase 1	Phase 2: - Abbau von RDB, Bioschild und weiteren aktivierten Anlagenteilen sowie die Bereiche um das BE-Lagerbecken, den Abstell- und den Reaktorraum - Restfreiräumen der Räume im Kontrollbereich und der Nachweis der Freigabefähigkeit von Gebäuden und des Geländes mit dem Ziel der Entlassung aus AtG (E.ON Kernkraft GmbH (2014, S.6))	Teil von Phase 2	
Gundremmingen A	Phase 4		Phase 1: Rückbau des Maschinenhaus (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 47))	Phase 2: Rückbau der kontaminierten Systeme des Reaktorgebäudes (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 47))	Phase 3: Rückbau der aktivierten Komponenten im Reaktorgebäude wie RDB und biologisches Schild (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 47))	Phase 4: Dekontamination und Abbau der Gebäude (Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 47))	Teil von Phase 4
Gundremmingen B			Phase 1: - Abbau von den, für den Restbetrieb der Anlage, nicht mehr benötigten Anlagenteilen - im wesentlichen Systeme und Anlagenteile im Maschinenhaus des Blocks B (RWE Power AG (2014, S. 1 ff.))	Phase 2: Abbau von Systemen und Anlagenteilen, die: - keine Bedeutung mehr für den Betrieb und insb. für die Lagerung und Handhabung von BE in Block C (!) oder deren Sicherheit haben und dauerhaft freigeschaltet werden können - keine Bedeutung mehr für den Betrieb und insb. für die Lagerung und Handhabung von BE in Block B oder deren Sicherheit haben und dauerhaft freigeschaltet werden können - nicht zu den gemeinsamen für Block B und C wahrgenommenen betrieblichen oder sicherheitstechnischen Funktionen, insb. für den Betrieb des Kontrollbereiches, der Aktivitätsrückhaltung und dessen Überwachung beitragen - nicht für den späteren Abbau erforderlich sind (RWE Power AG (2014, S. 3 ff.))	Phase 3: - Sukzessiver Abbau der restlichen Anlagenteile und Systeme - Ausräumung, Dekontamination und Freigabe der Räume (RWE Power AG (2014, S. 4))	Teil von Phase 3	

Data Documentation 81

References

KKW-Block	Aktuell in Phase:	Phase 0 (NBP)	Phase 1 Abbau erster Systeme die beim Rückbau nicht mehr benötigt werden sowie Aufbau der Logistik im Kontrollbereich	Phase 2 Vorbereitung des Abbaus von Großkomponenten; Abbau von höher aktivierten Anlagenteile	Phase 3 Abbau des hoch aktivierten Reaktordruckbehälters und des Biologischen Schilds	Phase 4 Abbau der restlichen kontaminierten; Beseitigung der Logistik; Freigabe des Gebäudes aus dem ATG	Phase 5 Konventionelle Nutzung oder Abriss der Gebäude
Isar 1 / Ohu 1			<p>Phase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beschränkung der Abbauarbeiten auf brennstofffreie Bereiche - Abbau von nicht kontaminierten, kontaminierten und aktivierten Anlagenteilen (auch RDB-Einbauten) - Schaffung der notwendigen Infrastruktur für den Abbau von Anlagenteilen (Quelle: E.ON Kernkraft (2012a, S. 2)) 	Teil von Phase 1	<p>Phase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abbau von restlichen Anlagenteilen (auch RDB und Biologisches Schild) mit dem Ziel des Restfreiräumens der Anlage - Nachweis der Freigabefähigkeit von Gebäuden und des Geländes (Quelle: E.ON Kernkraft (2012a, S. 2)) 	Teil von Phase 2	<p>Phase 3:</p> <p>Anderweitige Nutzung oder Abriss der Gebäude (Quelle: E.ON Kernkraft (2012a, S. 2))</p>
Krümmler			<p>Phase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schaffung der notwendigen Infrastruktur für den Rückbau von Anlagenteilen - Abbau von kontaminierten, nicht kontaminierten sowie aktivierten Anlagenteilen (auch RDB-Einbauten), die für den Restbetrieb nicht mehr benötigt werden (Quelle: Kernkraftwerk Krümmler GmbH & Co. OHG (2015, S. 2)) 	Teil von Phase 1	<p>Phase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abbau von RDB, Bioschild und weiteren aktivierten Anlagenteilen sowie die Bereiche um das BE-Lagerbecken, den Abstell- und den Reaktorraum - Restfreiräumen der Räume im Kontrollbereich und der Nachweis der Freigabefähigkeit von Gebäuden und des Geländes mit dem Ziel der Entlassung aus ATG (Quelle: Kernkraftwerk Krümmler GmbH & Co. OHG (2015, S. 2)) 	Teil von Phase 2	<p>Phase 3:</p> <p>Abriss des Gebäudes (Quelle: Kernkraftwerk Krümmler GmbH & Co. OHG (2015, S. 3))</p>
Lingen	LE		<p>Phase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anpassung der betriebenen Systeme und Einrichtungen an die Erfordernisse des Abbaus - Abbau von nicht mehr benötigter nicht-kontaminierter und kontaminierter Anlagenteilen (Quelle: Kernkraftwerk Lingen GmbH (2012, S. 6)) 	<p>Phase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demontage von aktivierten Bauteilen, insbesondere das Reaktordruckgefäßes mit Einbauten und der biologische Schild und diverse Restsysteme im Kontrollbereich - Dekontamination der Gebäudeflächen und Freigabe und somit Entlassung aus dem ATG (Quelle: Kernkraftwerk Lingen GmbH (2012, S. 6)) 	Teil von Phase 2	Teil von Phase 2	<p>Phase 3:</p> <p>Abbruch der Gebäude (Quelle: Kernkraftwerk Lingen GmbH (2012, S. 6))</p>
Mühlheim-Kärlich	Phase 2	<p>NBP von 1988-2014 2001-2002: Abtransport der Brennelemente (Quelle: Thierfeldt, S./Schartmann, F. (2009, S. 54); Schönberger, U. (2013, S. 178))</p>	<p>Phase 1a:</p> <p>Abbau und Zerlegung von nicht oder nur schwach kontaminierten Anlagenteilen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elektrische Anlagen der Stromversorgung, Regelungs-, Steuerungs- und Messanlagen - Systeme des Wasser-Dampf-Kreislaufs (Sekundärkreislauf) - Reaktorhilfsanlagen wie nukleare Zwischenkühlkreislauf und lufttechnische Anlagen - Nebenanlagen wie Werkluftversorgungsnetz, Kaltwassersysteme und Steuerluftversorgung <p>Phase 1b:</p> <p>Antrag für das Standortlager und Behandlungszentrum wurde rückgezogen im Dezember 2014 (Quelle: MWKELRLP (2013, S. 2 ff.))</p>	<p>Phase 2a:</p> <p>Abbau der Hauptkühlmittelpumpen, der Rohrleitungen des Hauptkühlkreislaufes sowie mit diesem abbautechnisch im Zusammenhang stehenden Restteilen von physisch angebundene Systemen, Hilfseinrichtungen, Abstützungen und Mess- und Prüfeinrichtungen</p> <p>Phase 2b:</p> <p>Abbau des Dampferzeugers, des Reaktordruckbehälters mit seinen Kerneinbauten, der aktivierten Bereiche des biologischen Schildes sowie der mit diesem abbautechnisch im Zusammenhang stehenden Teilen von physisch angebundene Systemen, Hilfseinrichtungen, Isolierungen, Betonstrukturen, Abstützungen und Mess- und Prüfeinrichtungen (Quelle: MWKELRLP (2013, S. 14))</p>	Teil von Phase 2(b)	<p>Genehmigung Ost 3a: Entlassung des östlichen Teils des Anlagengeländes (ehemaliger Standort des Neben Kühlwasser-Pumpenhauses 2) aus dem ATG</p> <p>Genehmigung West 3b: Entlassung des westlichen Teils aus dem ATG</p> <p>Phase 3c: Entlassung und Freigabe von weiteren Geländen i.R. des Abbaus</p> <p>Phase 3d: Entlassung/Freigabe der nach Beendigung der Abbauphase 2a und 2b übrig gebliebenen Restanlage, der Gebäude und Freiflächen aus dem ATG (Quelle: MWKELRLP (2013, S. 10 ff.))</p>	<p>Phase 4:</p> <p>Konventioneller Abbruch der Gebäude oder Umbau und danach anderweitige Nutzung (Quelle: Thierfeldt, S./Schartmann, F. (2009, S. 55))</p>

Data Documentation 81

References

KKW-Block	Aktuell in Phase:	Phase 0 (NBP)	Phase 1 Abbau erster Systeme die beim Rückbau nicht mehr benötigt werden sowie Aufbau der Logistik im Kontrollbereich	Phase 2 Vorbereitung des Abbaus von Großkomponenten; Abbau von höher aktivierten Anlagenteile	Phase 3 Abbau des hoch aktivierten Reaktordruckbehälters und des Biologischen Schildes	Phase 4 Abbau der restlichen kontaminierten; Beseitigung der Logistik; Freigabe des Gebäudes aus dem AtG	Phase 5 Konventionelle Nutzung oder Abriss der Gebäude
Neckarwestheim 1			Phase 1: - Schaffung der notwendigen Infrastruktur für den Rückbau von Anlagenteilen - Abbau von kontaminierten, nicht kontaminierten sowie aktivierten Anlagenteilen (auch RDB-Einbauten, Deckel des RDB), die für den Restbetrieb nicht mehr benötigt werden (Quelle: EnBW Kernkraft GmbH (2013a, S. 5ff.))	Teil von Phase 1	Phase 2: mindestens eine weitere Abbaugenehmigung zum Abbau: - des Unterteil des RDB - des biologischen Schildes und - Brennelementlagerbecken und Reaktorbecken (Quelle: EnBW Kernkraft GmbH (2013a, S. 5ff.))	Phase 3: Entlassung aus dem AtG oder anderweitige atomrechtliche Nutzung (Quelle: EnBW Kernkraft GmbH (2013a, S. 9))	
Obrigheim	Phase 3	NBP von 2005-2008	Phase 1: Abbau von nicht mehr benötigten Anlagenteilen aus dem Überwachungsbereich, im wesentlichen Teile bei denen eine Aktivierung oder Kontamination auszuschließen ist (Quelle: MUKEBW (2015a))	Phase 2: Abbau von Anlagenteilen im Kontrollbereich sowie Erstellung eines optimierten betrieblichen Regelwerks (Quelle: MUKEBW (2015a))	Phase 3: Abbau des RDB - Unterteil, RDB-Einbauten und des biologischen Schildes und einzelne bauliche Anlagenteile im Reaktorgebäude (Quelle: MUKEBW (2015a))	Phase 4: Abbau der noch verbleibenden Systeme und Anlagenteile sowie Dekontamination der Gebäudestrukturen (Quelle: MUKEBW (2015a))	
Philippsburg 1			Phase 1: - Schaffung der notwendigen Infrastruktur für den Rückbau von Anlagenteilen - Abbau von kontaminierten, nicht kontaminierten sowie aktivierten Anlagenteilen (auch RDB-Einbauten, RDB), die für den Restbetrieb nicht mehr benötigt werden (Quelle: EnBW Kernkraft GmbH (2013b, S.5 ff.))	Teil von Phase 1	Phase 2: mindestens eine weitere Abbaugenehmigung zum Abbau: - des biologischen Schildes und - Brennelementlagerbecken und Flutraum (Quelle: EnBW Kernkraft GmbH (2013b, S.5 ff.))	Phase 3: Entlassung aus dem AtG oder anderweitige atomrechtliche Nutzung (Quelle: EnBW Kernkraft GmbH (2013b, S.10))	
Rheinsberg	Phase 4	NBP von 1991-2001 Abtransport der BE ins ZLN (Quelle: EWN GmbH (2015))	Phase 1: Abbau außerhalb des Kontrollbereiches - Demontage der nicht mehr benötigten maschinentechnischen und elektrotechnischen Anlagen des Sekundärkreislaufes (Schwerpunkt Maschinenhaus) - Erhaltung der Gebäudesubstanz einschließlich der Transport- und Versorgungseinrichtungen zur Nutzung beim weiteren Abbau des KKR (Quelle: EWN GmbH (2015))	Phase 2-6: Abbau innerhalb des Kontrollbereiches: - Schrittweiser Abbau der Ausrüstungen, beginnend mit dem geringkontaminierten Teilen über die hochkontaminierten sowie -aktivierten Teile bis zum Reaktordruckbehälter (Quelle: EWN GmbH (2015))	Teil von Phase 2-6	Phase 7: - Entkernen und Herstellen der radiologischen Bedingungen für einen späteren Abriss (Quelle: EWN GmbH (2015))	Phase 8: - Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung und Abbruch von Gebäuden sowie nicht mehr benötigter Infrastruktur (Quelle: EWN GmbH (2015))
Stade	Phase 4	Brennelemente wurden aus der Anlage zur Wiederaufbereitung entfernt (Quelle: Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 51 ff.))	Phase 1: - Abbau von den, für den Restbetrieb der Anlage nicht mehr benötigten, Anlagenteilen - Vorbereitung weiterer Abbauschritte - Schaffung nötiger Infrastruktur (Quelle: Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 51 ff.))	Phase 2: Abbau der Großkomponenten im Reaktor-Sicherheitsbehälter und Abtransport der Dampferzeuger nach Schweden zum Einschließen (Quelle: Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 51 ff.))	Phase 3: Abbau des Deckels des Reaktordruckbehälters, der Kerneinbauten, des Biologischen Schildes sowie anderer Systeme und Komponenten (Quelle: Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 51 ff.))	Phase 4: Abbau der restlichen kontaminierten Anlagenteile, Nachweis der Kontaminationsfreiheit, Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung. (Quelle: Thierfeldt, S./ Schartmann, F. (2009, S. 51 ff.))	Phase 5: Abbruch der Gebäude (Quelle: NMUEK (2015b))
Unterweser / Eesenhamm			Phase 1: - Schaffung der notwendigen Infrastruktur für den Rückbau von Anlagenteilen - Abbau von kontaminierten, nicht kontaminierten sowie aktivierten Anlagenteilen (auch RDB-Einbauten), die für den Restbetrieb nicht mehr benötigt werden (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2012b, S. 2))	Teil von Phase 1	Phase 2: - Abbau von RDB, Bioschild und weiteren aktivierten Anlagenteilen sowie die Bereiche um das BE-Lagerbecken, den Abstell- und den Reaktorraum - Restfreiräumen der Räume im Kontrollbereich und der Nachweis der Freigabefähigkeit von Gebäuden und des Geländes mit dem Ziel der Entlassung aus AtG (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2012b, S. 2))	Teil von Phase 2	
Würgassen	abgeschlossen	NBP von 1994-1997 Abtransport der BE nach La Hague (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2008a, S. 7 ff.))	Phase 1: - Stilllegung und Abbau verschiedener Anlagenteile vorwiegend im Maschinenhaus und in dem Gebäude der mit dem unabhängigen Nahkühlsystem und dem Schnellabschaltssystem - Freigabe von Anlagenteilen sowie anfallender Reststoffe als gewöhnliche Abfälle oder zu schadlosen Verwertung - Restbetrieb von verbleibenden Systemen, die als Infrastruktur für den Abbau der Anlage erforderlich sind (Heizung, Lüftung, Wasseraufbereitung, Überwachungseinrichtungen) (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2008a, S. 14 ff.))	Phase 2: Abbau von kontaminierten Teilen, vorwiegend Rohrleitungen oder Armaturen verschiedener Systeme im Reaktorgebäude (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2008a, S. 14))	Phase 3: Demontage des Druckabbausystems (Komponente im Sicherheitsbehälter) Phase 4: Zerlegung des RDB und seiner Betonabschirmung (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2008a, S. 14))	Phase 5: Reinigen, Ausmessen, Freigabe der Gebäude und Entlassung aus dem AtG (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2008a, S. 14))	Phase 6: Abbruch der Gebäude und Rekultivierung des Kraftwerkgeländes (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH (2008a, S. 14))