

Kernkraftwerkrückbau

Steven Becker

29. Dezember 2017

Überblick

- Situation in Deutschland
- Weg zur Stilllegung
- Der Rückbau
- Kosten

Situation in Deutschland

Situation in Deutschland



Abbildung 1: Auflistung der Abschaltungsjahre von deutschen AKWs
[karte_abschaltungen].

Weg zur Stilllegung

Weg zur Stilllegung

- Stilllegungen müssen beantragt werden
- Länder sind dafür zuständig
- Unterliegt dem Atomrecht

Nachbetriebsphase

- Abschaltung des Kernreaktors
- Dauer von etwa 5 Jahren nach der Abschaltung
- Brennelemente müssen noch weiter gekühlt werden
- radioaktive Betriebsabfälle werden entfernt

Senkung der durchschnittlichen Aktivität

$$10 \times 10^{20} \text{ Bq} \rightarrow 10 \times 10^{16} \text{ Bq}$$

Stillegungstrategien - Direkter Abbau

- Rückbau unmittelbar nach Abschaltung
- dauert mindestens 10 Jahre
- wird in Deutschland am häufigstens verwendet

Stilllegungsstrategien - Sicherer Einschluss

- Nach der Abschaltung wird der Reaktor in eine wartungsarmen Zustand gebracht
- Dauer von etwa 30 Jahren

Direkter Abbau - Sicherer Einschluss - Ein Vergleich

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

Abbildung 2: Vor- und Nachteile von Direkter Abbau und Sicherem Einschluss [1].

Weg zur Stilllegung - Direkter Abbau

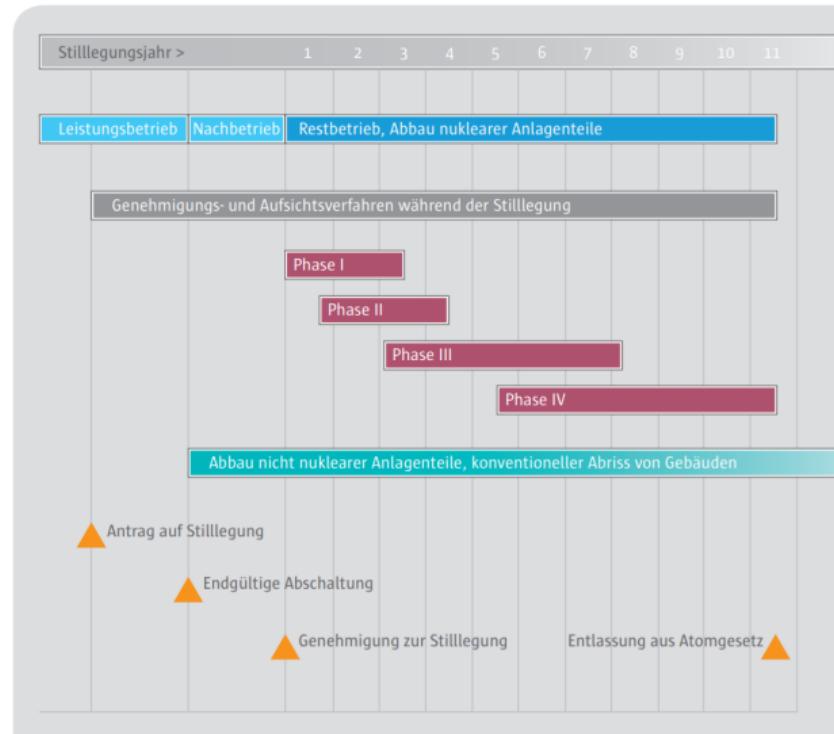


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf eines direkten Abbau[1].

Phase 1

- Ausbau von nicht mehr benötigten Teilen z. B. Regelstabführungen
- Platz schaffen für spätere Rückbaumaßnahmen

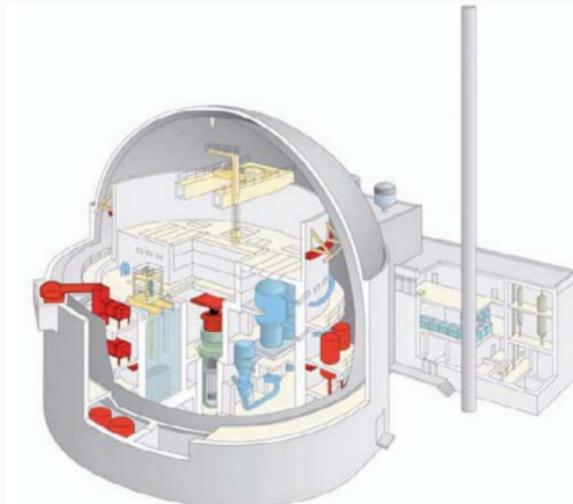
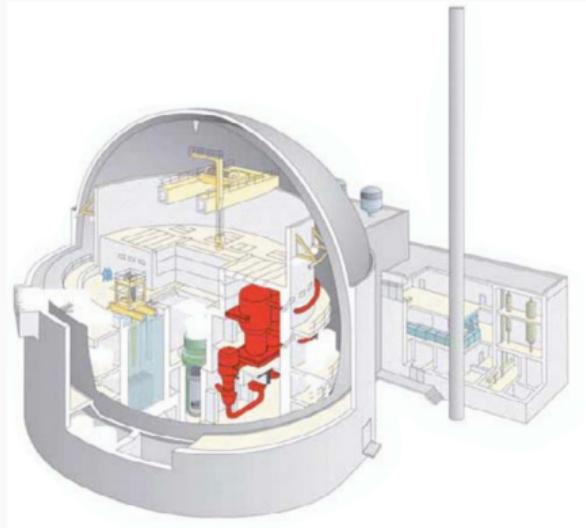


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Bauteile die von der Rückbauphase 1 betroffen sind und ausgebaut werden, am Beispiel eines **Siedewasserreaktors** [1].

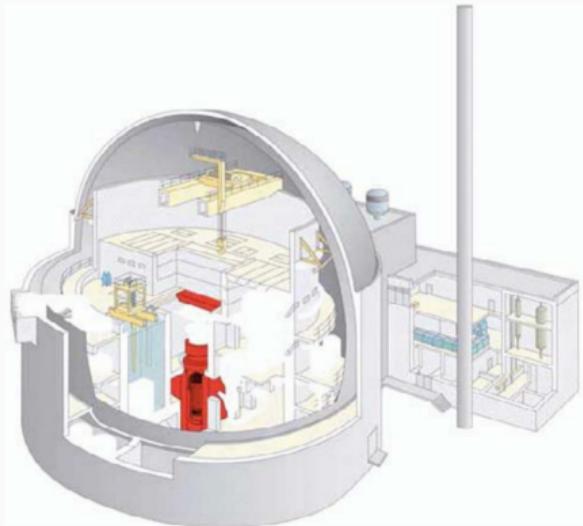
Phase 2



- Entfernung des Primärkühlkreislaufs
- Abbau des Dampferzeugers

Abbildung 5: Schematische Darstellung der Bauteile die von der Rückbauphase 2 betroffen sind und ausgebaut werden, am Beispiel eines Siedewasserreaktors [1].

Phase 3



- Entfernung des Reaktordruckbehälters
- Rückbau des biologischen Schildes

Abbildung 6: Schematische Darstellung der Bauteile die von der Rückbauphase 3 betroffen sind und ausgebaut werden, am Beispiel eines Siedewasserreaktors [1].

Phase 4

- Abbau verbleibender Systeme im Kontrollbereich
- Abwasseraufbereitung und Abluftanlage werden entfernt
- Beendigung der Gebäudekontamination

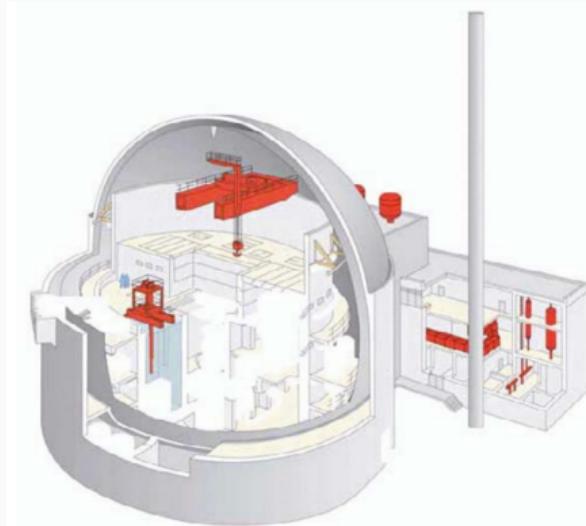


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Bauteile die von der Rückbauphase 4 betroffen sind und ausgebaut werden, am Beispiel eines Siedewasserreaktors [1].

Demontierungsverfahren

- Strahlenexpositionen für das Personal müssen möglichst gering sein
- räumliche Randbedingung
- mechanische und thermische Verfahren

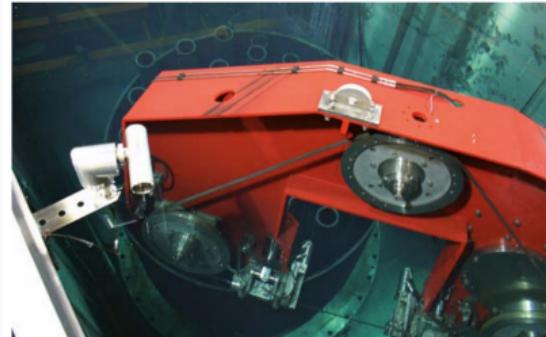


Abbildung 8: Zerlegung des Reaktordruckbehälters unter Wasser mit einer ferngesteuerten Bandsäge [1].

Radioaktiver Abfall

- Brennelemente
- z. B. Kühlmittel, Beton und Stahl auf Grund von Neutroneneinfang

Stahl



Beton



Radioaktiver Abfall

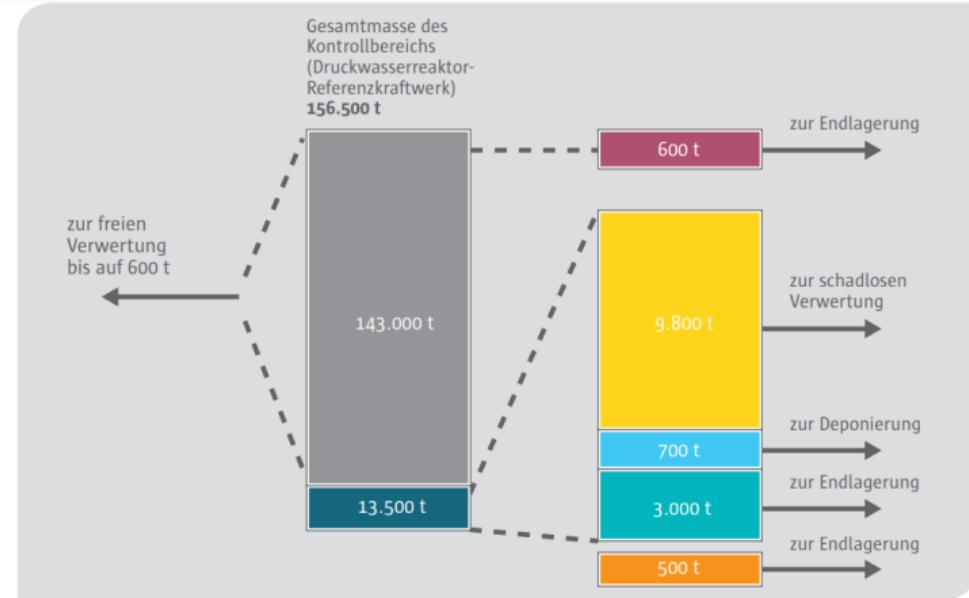


Abb. 07

Grobe Mengenbilanz des Kontrollbereichs [eines Kernkraftwerkes](#)

- Beton und Armierung
- Anlagenteile
- Radioaktiver Abfall (Beton/Armierung)
- Material zur schadlosen Verwertung
- Abfall zur konventionellen Deponierung
- Radioaktiver Abfall (Anlagenteile)
- Radioaktiver Abfall (Sekundärabfall z.B. aus der Dekontamination [2](#))

Quelle: VGB

Abbildung 9: Gesamtmaterial im Kontrollbereiches [2].

Dekontamination

- Verrinerrung der Radioaktivität
- Strahlende Stoffe meist nur an der Oberfläche
- Verwendung von mechanischen und chemischen Verfahren
- Reinigung der Oberfläche oder Entfernen der obersten Schicht

Gebäudedekontamination

- mittels Shaver die Wandbeschichtungen abgetragen (vgl. Abb. 10)
- Bagger entfernen kontaminierte Betonstrukturen



Abbildung 10: Gebäudekontamination im Kernkraftwerk Greifswald mit Hilfe von Shaver [8].

Freigabe

Nuklid	Uneingeschränkt	Eingeschränkt zur Beseitigung	Eingeschränkt als Metallschrott zum Einschmelzen
Fe-55	200 Bq/g	10.000 Bq/g	10.000 Bq/g
Cs-137	0,5 Bq/g	10 Bq/g	0,6 Bq/g
Pu-241	2 Bq/g	100 Bq/g	10 Bq/g
Am-241	0,05 Bq/g	1 Bq/g	0,3 Bq/g

Abbildung 11: Freigabegrenzwerte für verschiedene Nuklide [1].

- sinkt die Aktivität eines Materials unter ein bestimmtes Niveau, kann es freigegeben werden
- Muss für jedes Teil einzeln entschieden werden
- Es gibt verschiedene Freigabestufen

Kosten

- Betreiber bauen Rückstellungen auf, von denen der Rückbau bezahlt werden soll
- 2014 beliefen sich die Rückstellungen auf 37.6 Mrd €
- Kosten für den Rückbau der Kraftwerke in Deutschland wird auf 47.5 Mrd € geschätzt

Zusammenfassung

- Es existieren zwei Rückbaustrategien: Direkter Abbau Sicherer Einschluss
- Rückbau läuft in vier Phasen ab
- Material wird Dekontaminiert
- Rückbau der Kraftwerke in Deutschland wird auf 47.5 Mrd € geschätzt

Literatur

-  Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. "Stilllegung kerntechnischer Anlagen". Version 28.12.2017. In: (2012). URL:
<https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-S-50.pdf>.
-  Deutsches Atomforum. *Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken*. Version 29.12.2017. 2013. URL:
<http://www.kernfragen.de/sites/default/files/media/publication/file/060rueckbau-von-kkw.pdf>.

-  Bau und Reaktorsicherheit Bundesministerium für Umwelt Naturschutz. *Atomkraftwerke in Deutschland*. Version 28.12.2017. 2017. URL:
<http://www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/nukleare-sicherheit/aufsicht-ueber-kernkraftwerke/kernkraftwerke-in-deutschland/>.
-  Bau und Reaktorsicherheit Bundesministerium für Umwelt Naturschutz. *Stilllegung kerntechnischer Anlagen*. Version 28.12.2017. 2017. URL:
<http://www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/nukleare-sicherheit/stilllegung/>.
-  Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien. AKW-Abriss von *Rückstellungen gedeckt – Milliardenrisiken drohen*. Version 29.12.2017. 2015. URL: <http://iwr-institut.de/de/presse/presseinfos-kernenergie/201-akw-abriss-von-rueckstellungen-gedeckt-milliardenrisiken-drohen>.

 Greenpeace. AKW-RÜCKBAU - DIE ALTLAST DES NUKLEAREN WAHNS.

Version 28.12.2017. URL:

<https://www.greenpeace.de/themen/energiewende-atomkraft/atomkraftwerke/akw-rueckbau-die-altlast-des-nuklearen-wahns>.

 Nuclear Data Center at KAERI. *Table of Nuclides*. Version 29.12.2017. URL:
<http://atom.kaeri.re.kr/nuchart/?zlv=2#>.

 Entsorgungswerk für Nuklearanlagen. *Rückbau Kernkraftwerk Greifswald*.
Version 29.12.2017. URL:
<https://www.ewn-gmbh.de/projekte/rueckbau-kgr/>.

 Martin Volkmer. *Kernenergie Basiswissen*. Version 29.12.2017. URL:
<http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/service/018basiswissen.pdf>.