



## Direkter Rückbau - Sicherer Einschluss

### Ein Vergleich

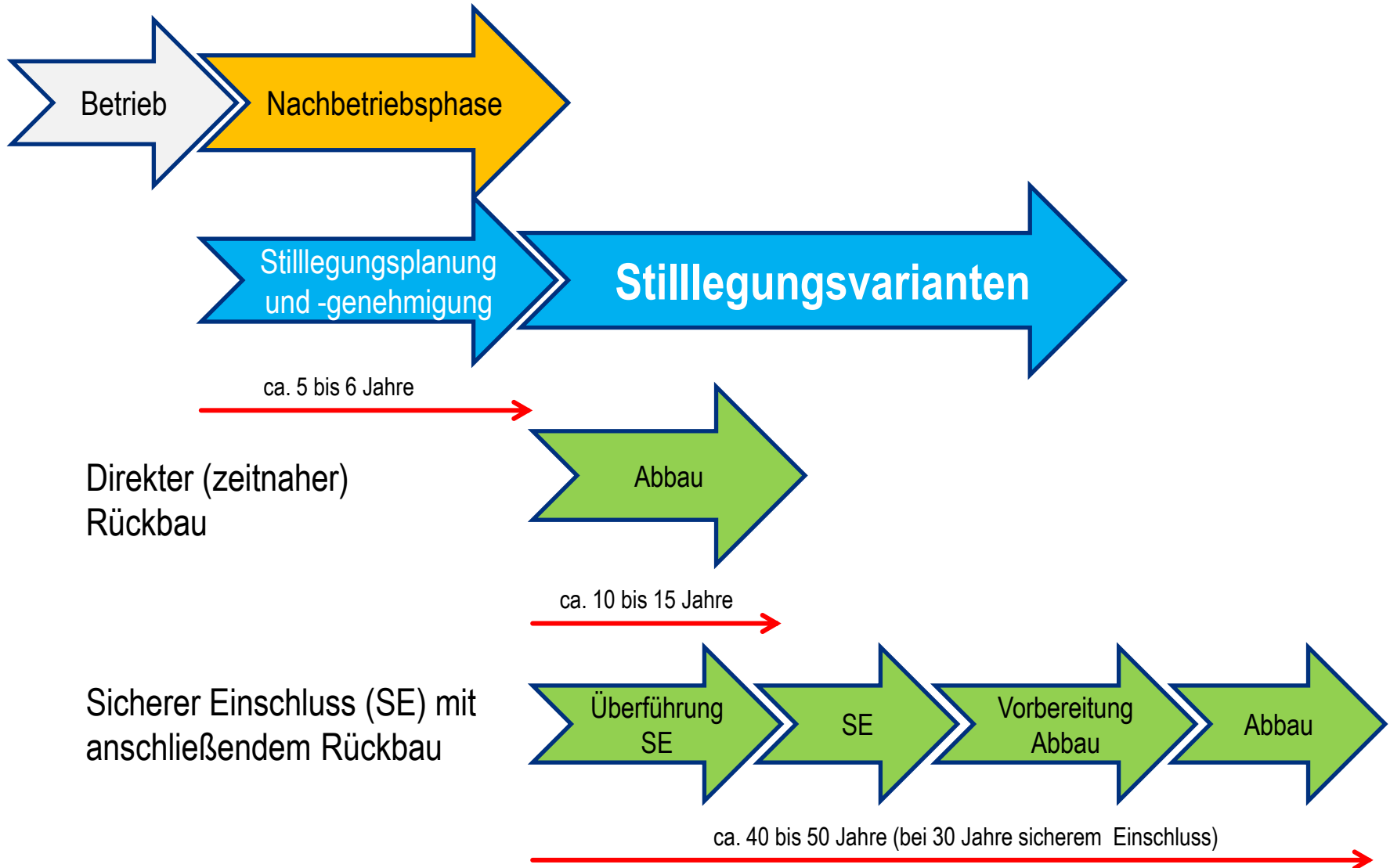
3. Sitzung der Informationskommission Philippsburg am 12.03.2013

Dr. Erfle/Dr. Lietz

- Anlagenstatus KKP1
- Stilllegungsvarianten
- Vergleich der Stilllegungsvarianten (Vorteile/Nachteile)
  - Direkter Rückbau
  - Sicherer Einschluss
- Abbaukonzept
  - Direkter Rückbau
  - Sicherer Einschluss
- Schutzziele und Bewertungsmaßstäbe
- Reststoffmanagement
- Rückbauerfahrung in Deutschland

- Die Anlage **KKP1** hat mit Inkrafttreten der **13. AtG-Novelle** am **6. August 2011** die **Berechtigung zum Leistungsbetrieb** verloren.
- Die Anlage befindet sich jetzt in der sog. **Nachbetriebsphase**.
- Während der mehrjährigen **Nachbetriebsphase** unterliegt die Anlage rechtlich der **Betriebsgenehmigung**.
- In dieser Zeit können bedingt **Maßnahmen zur Vorbereitung der Stilllegung** durchgeführt werden.
  - Verwertung von radioaktiven Reststoffen und Beseitigung radioaktiver Abfälle aus der Betriebszeit.
  - Anlagen- und Systemdekontaminationen.
  - Reversible Freischaltung und Außerbetriebnahme von Systemen, die aus sicherheitstechnischer und betrieblicher Sicht nicht mehr erforderlich sind.
  - Anpassung von schriftlichen betrieblichen Regelungen.
  - Entladung von Brennelementen und Überführung in die Zwischenlagerung.

- Die **Stilllegung sowie der sichere Einschluss der endgültig stillgelegten Anlage oder der Abbau der Anlage** oder von Anlagenteilen **bedürfen nach § 7 (3) des Atomgesetzes (AtG) der Genehmigung** ( idR gestuftes Verfahren in mehreren Teilschritten).
- **Mit Erteilung der Stilllegungs- und Abbaugenehmigung endet die Nachbetriebsphase.**
- Es gibt **zwei grundsätzliche Varianten der Stilllegung und des Abbaus**, die in ihrer Anwendung jedoch variiert werden können
  - **der direkte Rückbau** nach Beendigung des Betriebs
  - **der sichere Einschluss** der Anlage für einen begrenzten Zeitraum **mit anschließendem Rückbau**
- Kombinationen dieser beiden Varianten sind möglich.
- Der Antragsteller entscheidet über die Art der Nutzung des gesetzlichen Rahmens beider Varianten, in dem er mit der Stilllegungs- und Abbaugenehmigung die Einschlussgrenzen und die Einschlusszeit beim sicheren Einschluss beantragt.



## Vorteile

---

- **fachkundiges Personal** mit **guten Anlagenkenntnissen** ist in ausreichender Anzahl vorhanden
- **Komponenten und Systeme stehen einsatzfähig** zur Verfügung (Lüftung, Leittechnik, Hebezeuge, Handhabungseinrichtungen etc.)
- Inkorporationsüberwachung und Freigabemessungen sind einfacher durchführbar (entsprechen der Vorgehensweise des vorangegangenen Betriebs)
- **schneller Rückbau zur grünen Wiese**
- (alternative Verwendung des Standortes)

## Nachteile

---

- Endlagerbedingungen und Endlager sollten verfügbar sein, sonst große **Reststofflagerkapazitäten** (Zwischenlager) **vor Ort notwendig**
- **größeres Aktivitätsinventar und größeres radioaktives Reststoffvolumen**
- **höhere Dosisleistung beim Rückbau**, Anforderungen an den fernbedienten Abbau sind größer als beim sicheren Einschluss

## Vorteile

---

- **kleineres Aktivitätsinventar und damit kleineres Volumen an radioaktiven Reststoffen**
- **Dosisreduktion** durch radioaktiven Zerfall
- Endlagerbedingungen und Endlager müssen nicht sofort bzw. mittelfristig verfügbar sein
- Anforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung der radioaktiven Reststoffe und Abfallprodukte werden geringer
- ausreichend Zeit für die Rückbauplanung, kein Zeitdruck

## Nachteile

---

- **Personalkompetenz und Anlagenkenntnisse gehen verloren**
- **Alterung der Systeme** (Lüftung, Hebezeuge etc.)
- Nachrüstungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen können erforderlich werden
- **messtechnischer Aufwand für die radiologische Bewertung nimmt zu**
- **langsamer Rückbau zur grünen Wiese**
- (die Last des Rückbaus wird auf zukünftige Generationen verschoben)

- In der Regel erfolgt der direkte Rückbau in mehreren Abbauschritten von außen nach innen:
  - **Abbau von Anlagenteilen** vorwiegend im nicht oder schwach kontaminierten Bereich.

**Kontamination:** Anhaftung radioaktiver Stoffe an Oberflächen.

- **Abbau von höher kontaminierten Anlagenteilen** (vorwiegend Rohrleitungen und Armaturen)
- **Abbau von aktivierten Anlagenteilen** (Demontage der Reaktoreinbauten, Zerlegung des Reaktordruckbehälters und seiner Betonabschirmung).

**Aktivierung:** Prozess, bei dem durch Bestrahlung beispielsweise mit Neutronen aus einem laufenden Kernreaktor manche Stoffe selbst radioaktiv werden. Die entstandenen Radionuklide verteilen sich über das Volumen des Materials und sind daher praktisch nicht entfernbar.

- **Abbau von Restbetriebssystemen.**
- Nach dem vollständigen Leerräumen der Gebäude **Dekontamination und Ausmessen der Gebäude.**
- **Freigabe der Gebäude und Entlassung aus dem Atomgesetz.**
- **Konventioneller Abbau der Gebäude und Rekultivierung des Kraftwerkgeländes.**



- **Herstellung des sicheren Einschlusses** (Dauer etwa 5 Jahre)
  - **Abbau** kontaminierter Bauteile, Komponenten und Systeme **außerhalb des Einschlussbereiches** und dadurch Reduktion des Kontrollbereiches.
  - **Verschließen der systemtechnischen Schnittstellen.**
  - **Aktivierete Bauteile** (Reaktoreinbauten, Reaktordruckbehälter, Betonabschirmung) **verbleiben in Einbaulage.**
- **Sicherer Einschluss** (Dauer etwa 30 Jahre, die Aktivität nimmt in diesem Zeitraum durch radioaktiven Zerfall der Aktivierungsprodukte (Fe-55, Co-60, Ni-63) um den Faktor  $1 \text{ E-}3$  ab)
  - **Weiterbetrieb der während des sicheren Einschlusses erforderlichen Systeme** (Lüftung, Überwachungseinrichtungen)
  - **Überwachung des sicheren Einschlusses (aktivierete Bauteile)** für etwa 30 Jahre.
  - **Beantragung einer Rückbaugenehmigung** für den Abbau der restlichen Anlage.
- **Vollständiger Rückbau** (Dauer etwa 10 Jahre)
  - **Errichtung neuer oder Ertüchtigung bestehender Infrastruktureinrichtungen.**
  - **Rückbau** analog zur Vorgehensweise des direkten Rückbaus.

Atomgesetz (AtG) → § 1: der Schutz von Leben, Gesundheit und Sachgütern vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung.



Schutzziele:

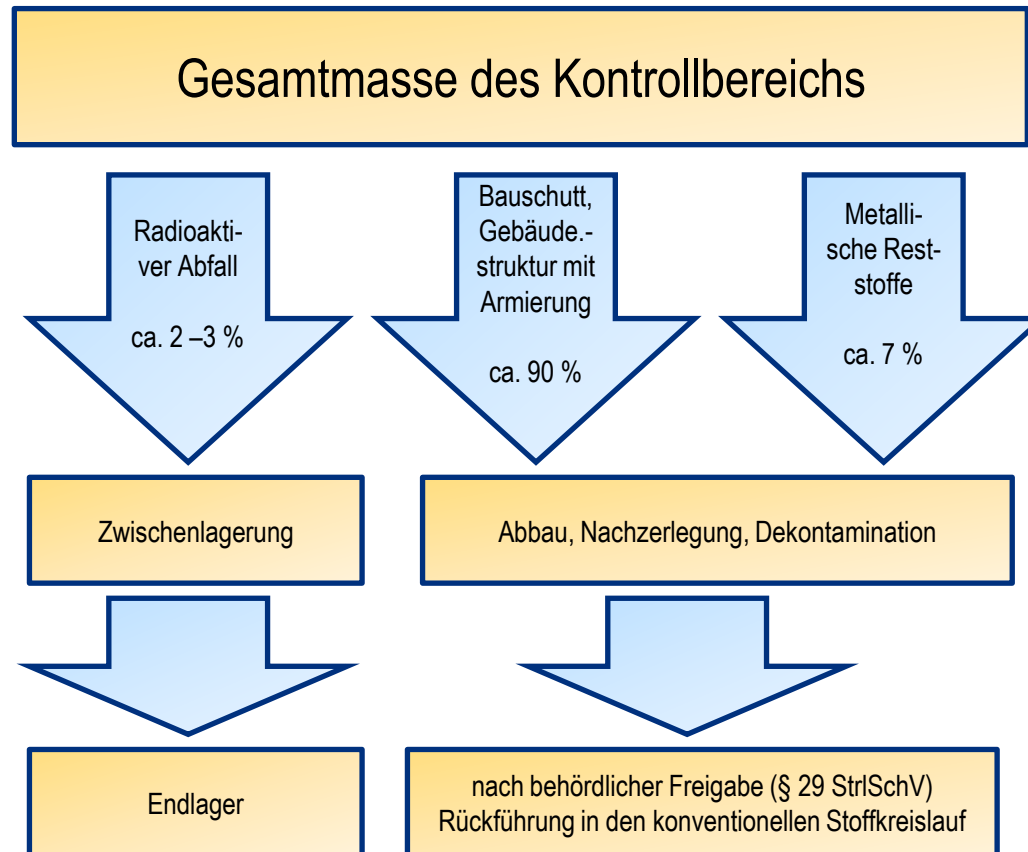
1. Kontrolle der Reaktivität
2. Kühlung der Brennelemente
3. Begrenzung der Strahlenexposition
4. Einschluss radioaktiver Stoffe

Grundlagen der sicherheitstechnischen Bewertungen beim Abbau z.B.:

- **AtG** (Schadensvorsorge nach Stand von WuT sinngemäß erfüllen, § 7 (2) **Ziff. 3**)
- § 9a (anfallende radioaktive Reststoffe sind schadlos zu verwerten oder als radioaktive Abfälle geordnet zu beseitigen)
- **StrlSchV** (§§ **2, 6, 29, 50, Abschn. 9 Radioaktive Abfälle** etc.)
- **Leitfaden zur Stilllegung**
- **ESK-Leitlinien zur Stilllegung**
- SSK-, RSK-Empfehlungen
- BMI/BMU-Bekanntmachungen
- Regeln des KTA

 **Sicherstellung der erforderlichen Schadensvorsorge nach dem Stand von Wissenschaft und Technik.**

Rückbaumassen im Kontrollbereich (etwa 230 000 Mg, NIS-Unterlage 5139 / CA/ F 000322 7, Stilllegungstechnik für ausgediente Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren)



In Deutschland hat man große Erfahrung in der Stilllegung und im Rückbau folgender kerntechnischer Anlagen und Einrichtungen:

- Druckwasserreaktoren
- Siedewasserreaktoren
- Hochtemperaturreaktoren
- Druckröhrenreaktor
- Brutreaktor
- Wiederaufarbeitungsanlage
- Brennelementfabrik
- diverse kerntechnische Einrichtungen

- **HDR Großwelzheim**, Betriebsdauer: 1969 - 1976
  - Heißdampfreaktor, 25 MW<sub>el</sub> (brutto)
  - Vollständig beseitigt (**grüne Wiese**)
- **Kernkraftwerk Niederaichbach**, Betriebsdauer: 1972 - 1974
  - Druckröhrenreaktor, 100 MW<sub>el</sub> (brutto)
  - Anlage wurde zunächst in den sicheren Einschluss überführt
  - 1986 wurde die Genehmigung zum Rückbau erteilt
  - Vollständig beseitigt seit 1995 (**grüne Wiese**)
- **Kernkraftwerk Lingen/Ems**, Betriebsdauer: 1968 - 1976
  - Siedewasserreaktor, 268 MW<sub>el</sub> (brutto)
  - **seit dem 30.03.1988 befindet sich die Anlage im sicheren Einschluss** (auf 25 Jahre festgesetzt)
  - **Antrag zum Abbau der restlichen Anlage** wurde im **Dezember 2008** gestellt
- **Kernkraftwerk Gundremmingen (KRB-A)**, Betriebsdauer 1966 – 1977
  - Siedewasserreaktor, 250 Mw<sub>el</sub>
  - 1977 endgültig außer Betrieb genommen.
  - Genehmigung der Stilllegung am 26.05.1983 (wird rückgebaut)
- **MZFR Karlsruhe**, Betriebsdauer: 1965 – 1984
  - Druckwasserreaktor, 57 MW<sub>el</sub>
  - Beginn der Stilllegung in 1987
  - **Das Beckenhaus wird zur Zeit abgerissen**
  - **grüne Wiese nach derzeitiger Planung 2015**
- **Versuchatomkraftwerk Kahl (VAK)**, Betriebsdauer: 1961 - 1985
  - Siedewasserreaktor, 16 MW<sub>el</sub>
  - 1985 endgültig außer Betrieb genommen
  - **2008 vollständig abgebaut**

- **AVR Jülich**, Betriebsdauer: 1967 - 1988
  - Hochtemperaturreaktor, 15 MW<sub>el</sub>
  - zunächst war der sichere Einschluss vorgesehen
  - nach Erteilung der Genehmigung wurden nicht mehr benötigte Anlagenteile abgebaut und die Brennelemente entnommen
  - **in 2003 wurde der vollständige Abbau vereinbart**
  - grüne Wiese bis 2015 geplant
- **THTR Hamm-Uentrop**, Betriebsdauer: 1985 - 1988
  - Hochtemperaturreaktor, 308 MW<sub>el</sub>
  - Anlage wurde im November 1988 endgültig abgeschaltet
  - **Anlage befindet sich seit Oktober 1997 im sicheren Einschluss**
- **KKW Mühlheim-Kärlich (KMK)**, Betriebsdauer 1986 – 1988
  - Druckwasserreaktor, 1302 MW<sub>el</sub>
  - Außerbetriebnahme am 09.09.1988
  - **Genehmigung für die Stilllegung und erste Abbauphase wurde am 16.07.2004 erteilt**
- **Kernkraftwerk Rheinsberg (KKR)**, Betriebsdauer 1966 – 1990
  - Druckwasserreaktor, 70 Mw<sub>el</sub>
  - endgültig abgeschaltet am 01.06.1990
  - **Stilllegung und Abbau der Anlage seit 1995**
- **Kernkraftwerk Greifswald (KGR)**, Betriebsdauer 1973 – 1990
  - Druckwasserreaktoren sowj. Bauart, je 440 Mw<sub>el</sub>
  - endgültig abgeschaltet am 01.06.1990
  - **Stilllegung und Abbau der Anlagen seit 1995**
- **Kompakte natriumgekühlte Kernreaktoranlage (KNK II)**, Betriebsdauer: 1977 – 1991
  - schneller natriumgekühlter Reaktor, 20 Mw<sub>el</sub>
  - am 23.08.1991 endgültig abgeschaltet
  - Stilllegung und Rückbau seit dem 26.08.1993
  - **grüne Wiese nach derzeitiger Planung 2019**

- **Forschungsreaktor Karlsruhe 2 (FR 2), Betriebsdauer: 1961 – 1981**
  - Tank/D<sub>2</sub>O, 44 MW<sub>th</sub>
  - endgültig abgeschaltet am 21. Dezember 1981
  - **Seit dem 20. November 1996 sicherer Einschluss des Reaktorblocks**
- **Kernkraftwerk Würgassen (KWW), Betriebsdauer: 1971 - 1994**
  - Siedewasserreaktor, 670 MW<sub>el</sub>
  - am 26.08.1994 endgültig abgeschaltet
  - **Stilllegung und Rückbau seit dem 14.04.1997**
- **Kernkraftwerk Stade (KKS), Betriebsdauer: 1972 - 2003**
  - Druckwasserreaktor, 672 Mw<sub>el</sub>
  - am 14.11.2003 endgültig abgeschaltet
  - **Stilllegung und Rückbau seit dem 07.09.2005**
- **Kernkraftwerk Obrigheim (KWO), Betriebsdauer 1969 – 2005**
  - Druckwasserreaktor, 357 Mw<sub>el</sub>
  - am 11.05.2005 endgültig abgeschaltet
  - Stilllegung und Rückbau seit dem 28.08.2008
  - **Antrag zur 3. Abbaugenehmigung vom 29.03.2010** (Abbau RDB, RDB-Einbauten und biologischer Schild)

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

