

Grundlagenseminar SGK Oktober 2017, Magglingen

Entsorgung I

Rückbau von Kernanlagen

Aktuelle Übersicht der Rückbauplanung und Vorgehensweise in der Schweiz

VGA Dienstleistungen für
.expert die Nuklearindustrie
VGA.expert GmbH

Dr. Anton von Gunten

Inhalt

1. Energiestrategie 2050
2. Festlegen des Zeitpunkts der Ausserbetriebnahme
3. Stilllegungen weltweit
4. Rechtlicher Rahmen der Stilllegung in der Schweiz
5. Das Stilllegungsprojekt
6. Die Stilllegungsverfügung
7. Optimierung von Nachbetrieb und Rückbau
8. Organisation eines Stilllegungsprojekts
9. Behandlung und Verbleib der anfallenden Materialien
10. Finanzierung der Stilllegung
11. Erfolgsfaktoren für die Stilllegung

Für die Stilllegung sind nebst Mensch und Technik wesentlich auch Finanzen und Politik von Bedeutung.

Energiestrategie 2050

Abstimmung zum Energiegesetz



Am 21. Mai 2017 hat das Stimmvolk das revidierte Energiegesetz mit einer Mehrheit von 58.2% angenommen.

Wesentliche Inhalte des neuen Energiegesetzes:

- Voraussichtlich am 1.1.2018 wird das neue Energiegesetz in Kraft treten.
- Es dient dazu, den Energieverbrauch zu senken, die Energieeffizienz zu erhöhen und die erneuerbaren Energien zu fördern.
- Zudem wird der Bau neuer Kernkraftwerke verboten.
- Die Schweiz kann so die Abhängigkeit von importierten fossilen Energien reduzieren und die einheimischen erneuerbaren Energien stärken.
- Das schafft Arbeitsplätze und Investitionen in der Schweiz.

Neue Kernkraftwerke gibt es nicht mehr, aber die bestehenden bleiben am Netz so lange ihre Sicherheit gewährleistet ist. Maximale Betriebsdauern oder feste Abschaltzeitpunkte sind nicht festgelegt.

Quelle UVEK Energiestrategie 2050: Abstimmung zum Energiegesetz.

Festlegen des Zeitpunkts der Ausserbetriebnahme

kommt für jede Kernanlage – sicherer Betrieb ist gefordert bis zum Schluss



Für eine neue Kernanlage wäre ein Stilllegungskonzept bereits als Bestandteil des Rahmenbewilligungsgesuchs erforderlich und Aspekte der Stilllegung wären in der Auslegung der Anlage zu berücksichtigen.

Eine Ausserbetriebnahme wird beschlossen, wenn

- die Sicherheit nicht mehr gewährleistet ist;
- Investitionen anstehen, die der Betreiber nicht mehr finanzieren will;
- die Entwicklung der Strompreise derart zu erwarten ist, dass ein Gewinn bringender Betrieb langfristig nicht mehr möglich scheint;
- die Politik eine Abschaltung fordert bzw. zur Begrenzung politischer Unsicherheiten.

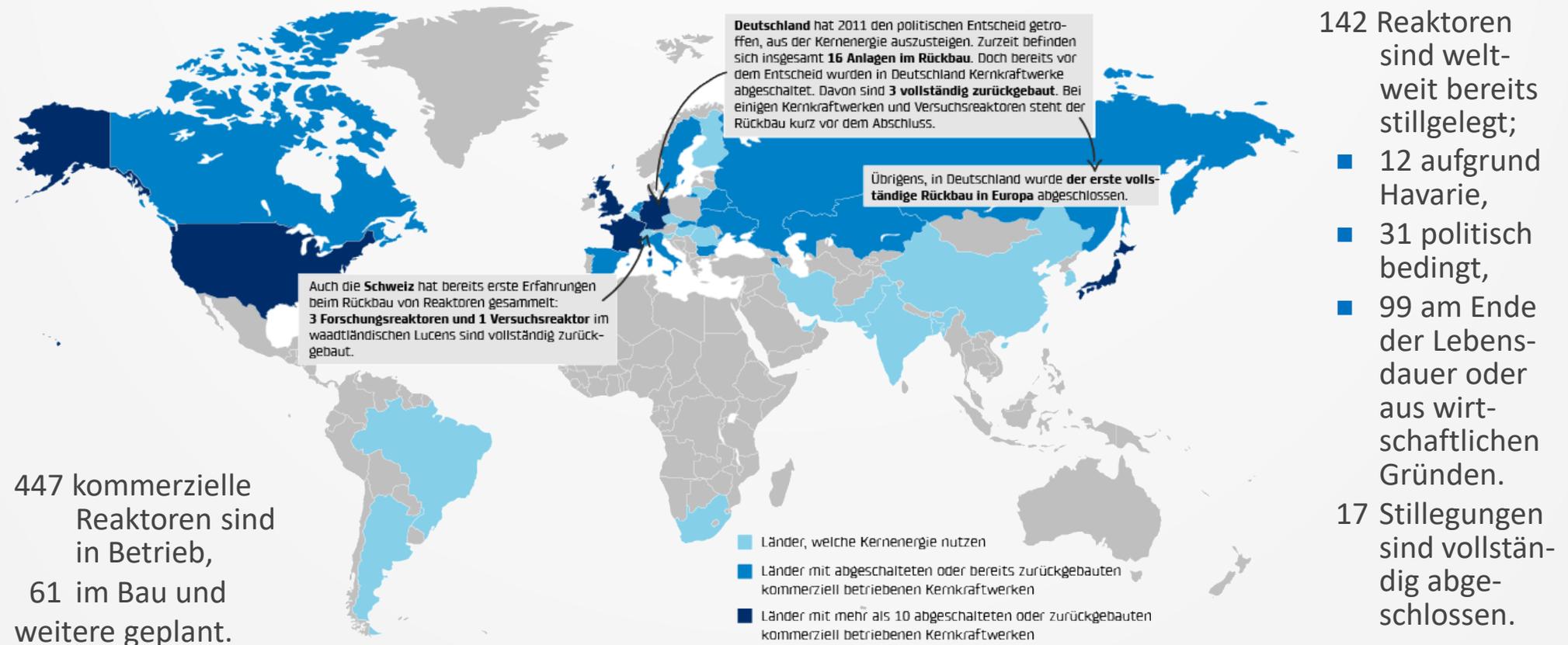
Erforderlich ist in jedem Fall

- eine geordnete Abschaltung mit ausreichend Vorbereitungszeit;
- der sichere Betrieb bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme;
- im Anschluss daran der effiziente Rückbau;
- zur Mitarbeit motivierte Mitarbeitende;
- eine Anpassung der Organisationsstruktur.

Das Spannungsfeld zwischen Anlagebetrieb und Rückbauprojekt muss überwunden werden.

Stilllegungen weltweit

Die zivilen Kernkraftwerke der Welt in 31 Ländern – ein Überblick zur Stilllegung



Stilllegung ist eine weit verbreitete Angelegenheit, international gibt es sehr viel Erfahrung. Für die Schweiz gilt es diese zu nutzen.

Quelle World Nuclear Association, Decommissioning Nuclear Facilities (May 2017); Bild BKW, Broschüre Stilllegung international.

Rechtlicher Rahmen der Stilllegung in der Schweiz

Gesetzliche Regelung und Bewilligungssituation gemäss Kernenergiegesetz (KEG)

Die Stilllegung wird verfügt ...



EELB endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs

EABN endgültige Ausserbetriebnahme

Uvek Eidg. Departement für Umwelt Verkehr, Energie und Kommunikation

- Eine geplante EELB hat der Betreiber der Aufsichtsbehörde zu melden¹. Eine frühzeitige Mitteilung bringt Planungssicherheit.
- Nach EELB ist der Nachbetrieb zu etablieren. Die dazu erforderlichen Massnahmen werden von der Aufsichtsbehörde verfügt².
- Mit Abschluss der Etablierung des Nachbetriebs gilt die Anlage endgültig als ausser Betrieb genommen und damit erlischt die Betriebsbewilligung³.
- Mit der EABN wird die Anlage stilllegungspflichtig⁴ und es ist ein Stilllegungsprojekt einzureichen⁵.
- Darauf basiert die vom Uvek verfügte Stilllegung, welche die Stilllegungsarbeiten anordnet und festlegt, welche Arbeiten freigabepflichtig sind⁶.
- Bis zum Inkrafttreten der Stilllegungsverfügung bleiben die nach EABN zur Sicherheit erforderlichen Bestimmungen der Betriebsbewilligung gültig⁷.
- Solange dauert der Nachbetrieb.

Mit der endgültigen Ausserbetriebnahme endet der Leistungsbetrieb und es erwächst die Pflicht zur Stilllegung. Die Stilllegungsarbeiten werden verfügt.

Quelle Nuklearforum Schweiz, Vertiefungskurs 2013, Herausforderungen beim Betriebsende von Kernkraftwerken, «Anforderungen an eine sichere und wirtschaftliche Stilllegung aus Sicht eines Betreibers», aktualisiert.

¹Art. 38 Abs. 1 Bst. a KEG.

⁴Art. 26 Abs. 1 Bst. a KEG.

⁶Art. 28 KEG.

²Art. 72 Abs. 3 KEG.

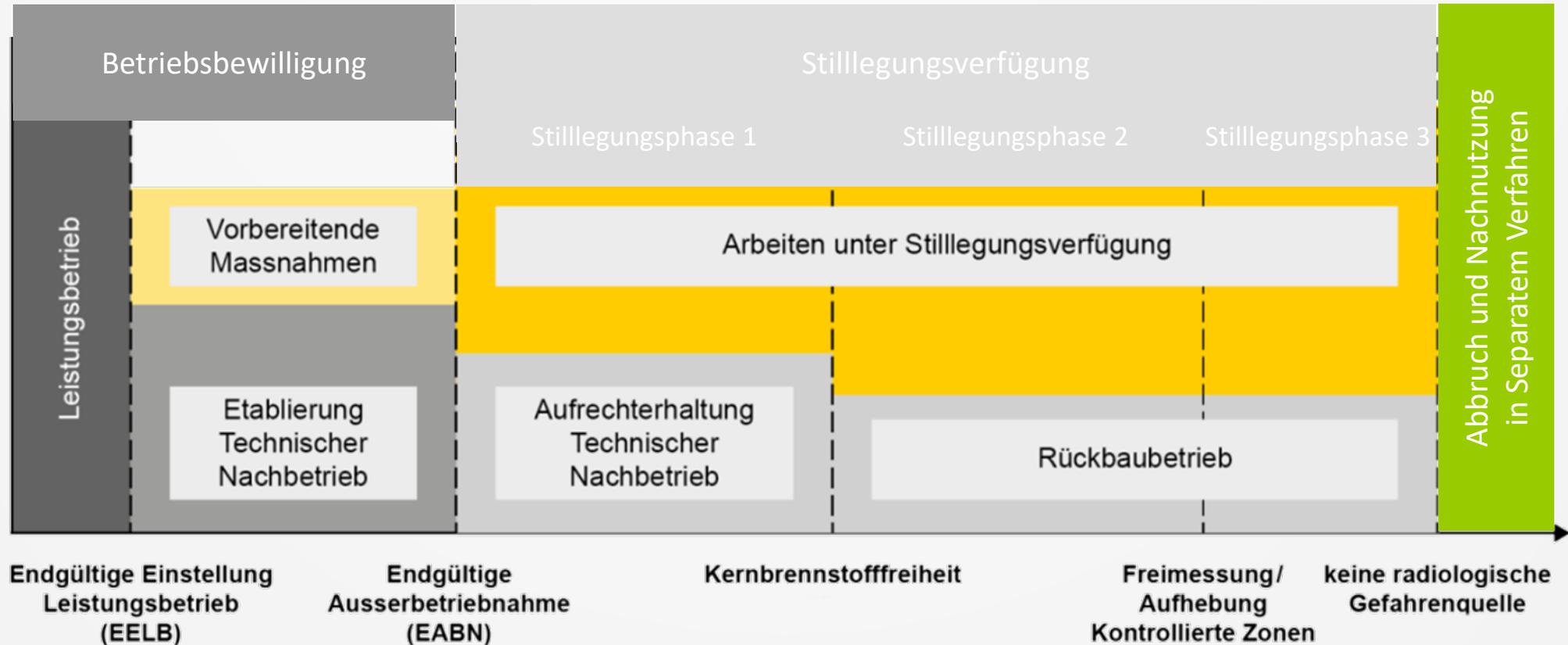
⁵Art. 27 KEG.

⁷Art. 69 Abs. 1 KEG.

³Vgl. BFE Aktennotiz 2.9.2015 «Verfahren Stilllegung KKM – Konzeption EABN».

Rechtlicher Rahmen der Stilllegung in der Schweiz

Stilllegungsphasen am Beispiel des Stilllegungsprojekts für das KKM

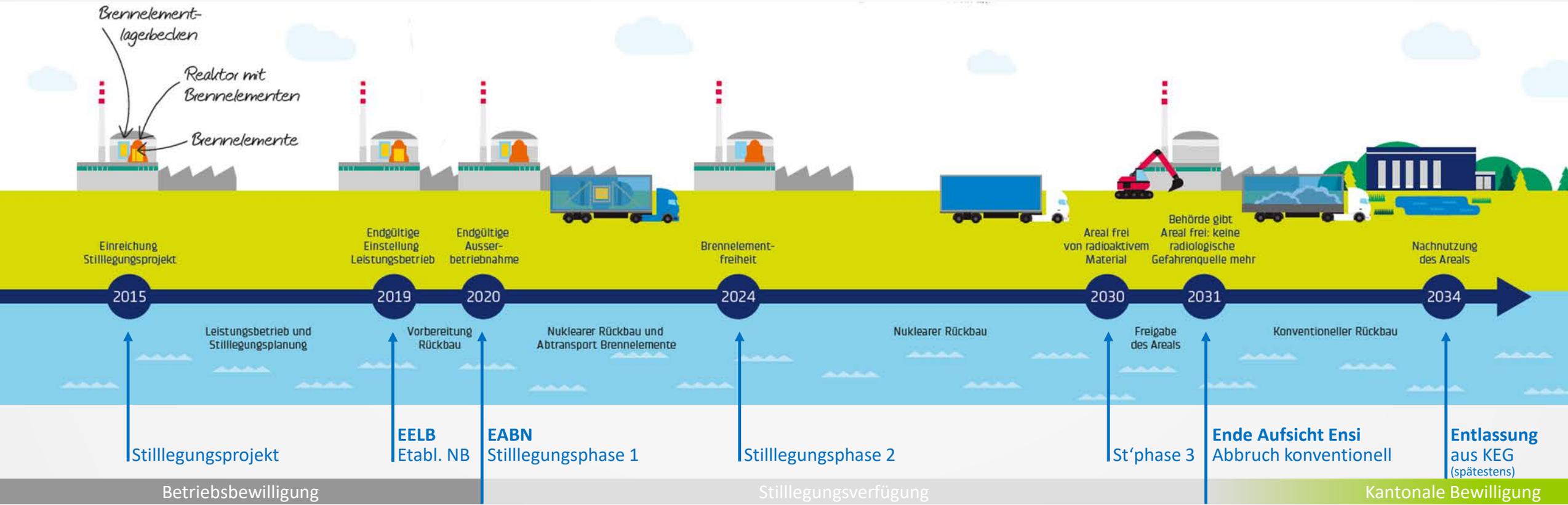


Vorbereitende Massnahmen werden bereits vor Inkrafttreten der Stilllegungsverfügung angeordnet. Der Rückbau erfolgt in den im Stilllegungsprojekt dargelegten Stilllegungsphasen.

Quelle BKW 2015, Stilllegungsprojekt.

Rechtlicher Rahmen der Stilllegung in der Schweiz

Bewilligungssituation am Beispiel des Stilllegungsprojekts für das KKM



Die Stilllegung ist abgeschlossen, wenn das Uvek nach Abschluss der Stilllegungsarbeiten festgestellt hat, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und nicht mehr dem KEG untersteht.¹

Quelle Bild BKW 2016, Broschüre Stilllegung KKM.

¹Art. 29 KEG.
 KEG Kernenergiegesetz
 EELB endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs
 EABN endgültige Ausser-betriebnahme



Rechtlicher Rahmen der Stilllegung in der Schweiz

Rechtliches Verfahren abstimmen und offene Punkte frühzeitig klären



Verlässlichkeit im Verfahrensablauf

- Verfahrensablauf mit allen möglichen Varianten in Betracht ziehen.
- Vorbereitende Massnahmen festlegen.
- Koordination mit Aufsichtsbehörde bei der Erarbeitung des Stilllegungsprojekts.
- Effiziente Verfahrensleitung durch das Bundesamt für Energie im Verfahren Stilllegungsverfügung.
- Festlegung des Freigabeverfahrens bei unwesentlichen Änderungen.
- Ein Verschieben von Arbeiten in eine nächste Stilllegungsphase soll als unwesentliche Änderung im Freigabeverfahren möglich sein.
- Behandlung und Verbleib abgebauten Materials klären, ggf. bilat. Abkommen für Konditionierung im Ausland.

Das rechtliche Verfahren bis zum Vorliegen einer Stilllegungsverfügung dauert mehrere Jahre. Eine frühzeitige Verfahrensklärung und ein rechtzeitiges Einreichen des Stilllegungsprojekts sind essenziell.

Quelle Nuklearforum Schweiz, Vertiefungskurs 2013, Herausforderungen beim Betriebsende von Kernkraftwerken, «Anforderungen an eine sichere und wirtschaftliche Stilllegung aus Sicht eines Betreibers», aktualisiert; Bild SRF 13.5.2015.

Das Stilllegungsprojekt

Größenordnung am Beispiel des KKM

Aufwand

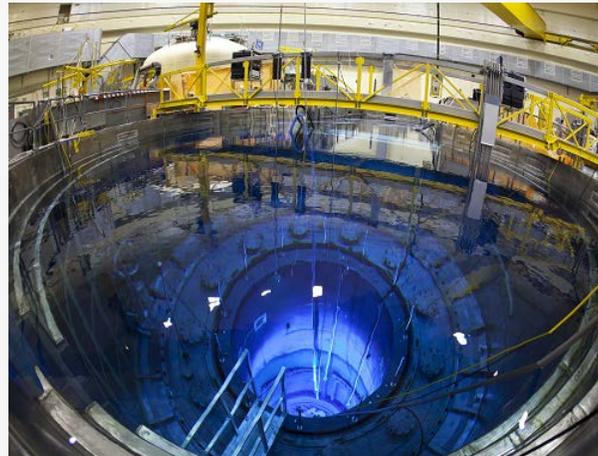
Ø 200 Mitarbeitende



Kosten

~ 900 Mio. CHF
für die Stilllegung

~ 2.1 Mia. CHF
für die Entsorgung



Logistik

~ 200.000 t
Bausubstanz

~ 1,5% davon
gehen ins Tiefenlager



Stilllegung des KKM ist das bisher grösste Projekt der BKW, grösser als seinerzeit der Bau.

Quelle Kontec 2015, 12. Internationales Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Dresden, 25.–27. März 2015, «Erste Stilllegung eines kommerziellen Kernkraftwerks in der Schweiz»; Kosten aus Swissnuclear, Kostenstudie 2016, 31.10.2016.

Das Stilllegungsprojekt

Pflichten des Eigentümers, unabhängig von Standort und Lebenszyklus der Anlage



Wichtigste Ziele des Betreibers

- **Sicherheit:** Die jederzeitige Gewährleistung der Sicherheit, jedoch sollen die Anforderungen bei Reduktion des Gefährdungspotentials mit fortschreitendem Rückbau angepasst werden.
- **Wirtschaftlichkeit:** Ein wirtschaftlicher Umgang mit den bereitgestellten Mitteln, u.a. um die nicht beanspruchten Mittel unternehmerisch verwenden zu können.
- **Flexibilität:** Flexibilität in den betrieblichen und behördlichen Vorgaben, um sich an die Gegebenheiten des vorschreitenden Rückbaus anzupassen.
- **Planung:** Rechtzeitige Planung erlaubt die zeitige Freigabe der Mittel in den Fonds und vermeidet eine zu restriktive Interpretation von Gesetzen und Verordnungen.

Mit der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs und endgültiger Ausserbetriebnahme bleibt die Verantwortung des Betreibers gegenüber Gesellschaft und Aufsichtsbehörden erhalten.

Quelle Bilder Kernkraftwerk Brunsbüttel, Kernkraftwerk Gösgen, Greenpeace, Ensi (3mal)

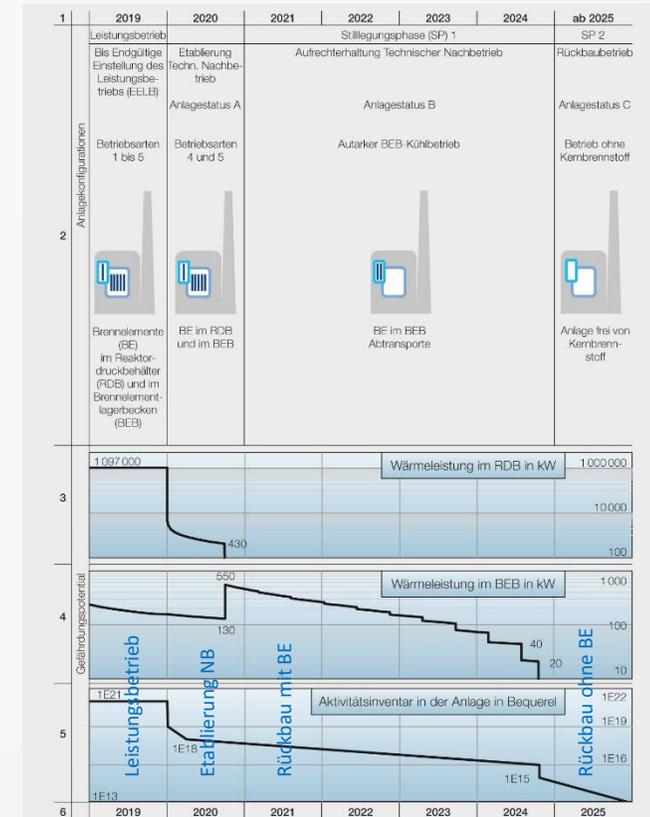
Das Stilllegungsprojekt

Gefährdungspotenzial im Verlauf der Stilllegung, am Beispiel des KKM

- Nach der endgültigen Ausserbetriebnahme sinkt das Aktivitätsinventar und damit die Wärmeleistung im Reaktordruckbehälter in drei Monaten auf rund ein Tausendstel, verglichen mit dem Leistungsbetrieb.
- Mit Verlagerung der Brennelemente aus dem Reaktordruckbehälter in das Brennelementlagerbecken ist die Wärmeleistung in ersterem faktisch gleich null, wobei sie sich naturgemäss im Lagerbecken zunächst erhöht.
- Mit jedem Abtransport von Brennelementen in das Zwischenlager Würenlingen wird die Wärmeleistung weiter reduziert.
- Nach Erreichen der Kernbrennstofffreiheit beträgt das Aktivitätsinventar verglichen mit dem Leistungsbetrieb noch rund ein Millionstel. Mit fortschreitendem Rückbau nimmt es weiter ab.

Schutzziele entfallen

1. Kontrolle der Reaktivität nach Etablierung des Nachbetriebs
2. Kühlung der Brennelemente nach Erreichen Kernbrennstofffreiheit
3. Einschluss radioaktiver Stoffe nach Auszonung des Areals
4. Begrenzung der Strahlenexposition ebenfalls nach Auszonung



Mit fortschreitendem Rückbau nimmt das Gefährdungspotenzial stetig und signifikant ab. Die Sicherheit ist weiterhin zu gewährleisten, jedoch mit verhältnismässigen Massnahmen.

Das Stilllegungsprojekt

Pflichten des Eigentümers und zu erstellende Unterlagen

Art. 26 KEG *Stilllegungspflichten*

- 1 Der Eigentümer muss seine Anlage stilllegen, wenn:
 - a. er sie endgültig ausser Betrieb genommen hat;
 - b. [...]
- 2 Er muss dabei insbesondere:
 - a. die Anforderungen der nuklearen Sicherheit und Sicherung erfüllen;
 - b. die Kernmaterialien in eine andere Kernanlage verbringen;
 - c. die radioaktiven Teile dekontaminieren oder als radioaktive Abfälle behandeln;
 - d. die radioaktiven Abfälle entsorgen;
 - e. die Anlage bewachen, bis alle nuklearen Gefahrenquellen daraus entfernt sind.

Art. 27 KEG *Stilllegungsprojekt*

- 1 Der Eigentümer der Anlage muss den Aufsichtsbehörden ein Projekt für die vorgesehene Stilllegung vorlegen. Die Aufsichtsbehörde setzt ihm dafür eine Frist.
- 2 Das Projekt legt dar:
 - a. die Phasen und den Zeitplan;
 - b. die einzelnen Schritte von Demontage und Abbruch;
 - c. die Schutzmassnahmen;
 - d. den Personalbedarf und die Organisation;
 - e. die Entsorgung der radioaktiven Abfälle;
 - f. die Gesamtkosten sowie die Sicherstellung der Finanzierung durch die Betreiberin.



Im Stilllegungsprojekt legt der Eigentümer dar, wie er seiner Pflicht zur Stilllegung nachzukommen gedenkt. Der Endzustand und der zeitliche Ablauf, wie er erreicht werden soll, sind wesentlich und zu beschreiben.

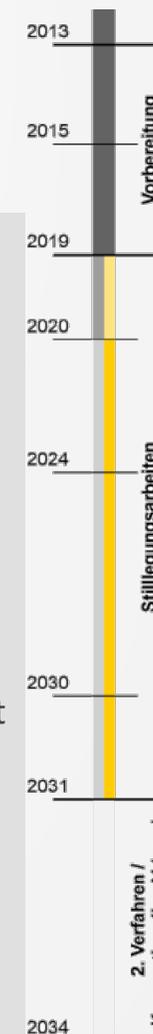
Das Stilllegungsprojekt

Die einzureichenden Unterlagen sind in der Kernenergieverordnung geregelt

Art. 45 KEV *Projektunterlagen*

Der Stilllegungspflichtige hat folgende Unterlagen zum Stilllegungsprojekt einzureichen:

- a. die Gegenüberstellung verschiedener Varianten der Phasen, des Zeitplans der Stilllegungsarbeiten und des zu erwartenden Endzustandes sowie die Begründung der gewählten Variante;
- b. die Darlegung der einzelnen Arbeitsschritte und der dafür benötigten Mittel, namentlich die Ermittlung des radiologischen Zustandes der Anlage, die Demontage, Zerlegung und Dekontamination der Einrichtungen, die Dekontamination und der Abbruch von Gebäuden;
- c. das Vorgehen zur Trennung der radioaktiven von den nicht radioaktiven Abfällen und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle;
- d. die Massnahmen zum radiologischen Schutz der Arbeitnehmenden und zur Vermeidung der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung;
- e. die Sicherungsmassnahmen;
- f. Störfallbetrachtungen, namentlich die Ermittlung der möglichen Störfälle bei der Stilllegung, die Abschätzung der Häufigkeit und der radiologischen Auswirkungen der Störfälle sowie die Gegenmassnahmen und allfälligen Notfallschutzmassnahmen;
- g. den Nachweis für die Bereitstellung des für die Durchführung und die Überwachung der Stilllegungsarbeiten erforderlichen geeigneten und fachlich ausgewiesenen Personals in genügender Zahl sowie einer geeigneten Organisationsstruktur mit klarer Zuweisung der Verantwortlichkeiten;
- h. das Qualitätsmanagementprogramm;
- i. den Umweltverträglichkeitsbericht;
- j. die Zusammenstellung sämtlicher aus der Stilllegung anfallender Kosten, inklusive für die Entsorgung der radioaktiven und nicht radioaktiven Abfälle und die Sicherstellung der Finanzierung.



Die grösste Herausforderung ist, die geforderten Unterlagen so zu gestalten, dass die Anforderungen erfüllt, gleichzeitig möglichst viel Flexibilität erhalten bleibt und wenig Risiko für wesentliche Änderungen besteht.

Die Stilllegungsverfügung

Basis ist das Gesuch auf Anordnung der Stilllegung, insbes. das Stilllegungsprojekt

Gesetzliche Regelung

Art. 28 KEG Stilllegungsverfügung

Das Departement ordnet die Stilllegungsarbeiten an. Es legt fest, welche Arbeiten einer Freigabe durch die Aufsichts-behörden bedürfen.

Gesuch auf Anordnung der Stilllegung (BKW)



Verordnete Regelungen

Art. 46 KEV Stilllegungsverfügung

Die Stilllegungsverfügung legt insbesondere fest:

- den Umfang der Stilllegungsarbeiten;
- die einzelnen Stilllegungsphasen, insbesondere die Dauer eines allfälligen gesicherten Einschusses der Kernanlage;
- die Limiten für die Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt;
- die Überwachung der Immissionen radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung;
- die Organisation

Art. 47 KEV Freigaben

Die Stilllegungsverfügung regelt die Freigabepflicht insbesondere für folgende Tätigkeiten:

- das Vorgehen zur Inaktiv-Freimessung der anfallenden Materialien;
- die Konditionierung der anfallenden radioaktiven Abfälle;
- den Abbruch von Gebäuden nach deren Dekontamination und Inaktivfreimessung;
- die nichtnukleare Weiternutzung von Anlageteilen vor Abschluss der Stilllegung;
- die Aufhebung von Sicherungsmassnahmen;
- bei der Stilllegung von Kernkraftwerken zudem die Demontage des Reaktordruckbehälters und der ihn umgebenden Gebäudeteile.

Gestützt auf das Stilllegungsprojekt, die Gutachten der Sicherheitsbehörden und allenfalls weiterer, etwa für den Umweltschutz zuständigen Behörden erlässt das Departement die Stilllegungsverfügung.

Optimierung von Nachbetrieb und Rückbau

Gestaltung der Stilllegungsphasen in Übereinstimmung mit Richtlinie Ensi-G17

- Die Stilllegung ist in Stilllegungsphasen abzuwickeln. In der Regel sind mindestens deren zwei erforderlich:
 - Rückbauarbeiten mit Kernbrennstoff auf der Anlage.
 - Rückbauarbeiten mit brennstofffreier Anlage.
- Vorbereitungen für den Rückbau, wie z.B. die Bereitstellung von Infrastruktur, aber auch der Vorbereitung des Anlagerückbaus dienende Arbeiten finden bereits im Nachbetrieb statt.
- Eigentliche Rückbauarbeiten sind erst nach Inkrafttreten der Stilllegungsverfügung und Etablierung des sicheren Nachbetriebs möglich.
- Für jede Stilllegungsphase sind die Anforderungen an Sicherheit und Sicherung festzulegen.
- Das Stilllegungsprojekt wird während des Leistungsbetriebes entwickelt.

5. Ideen zum Stilllegungsprojekt des KKM ■ BKW Mögliches Phasenkonzept unter gegenwärtiger G17

Nachbetrieb mit Vorbereitung Stilllegung	Rückbau (RB) in zwei Phasen		Abschluss Stilllegung
	1. RB mit Kernbrennstoff	2. RB ohne Kernbrennstoff	
<ul style="list-style-type: none"> Nachbetrieb (allenfalls mit aktualisiertem SiB und angepasster Betriebsdokumentation). Verbringen der BE und Steuerstäbe in das BEB. Konditionieren RDB Einbauten (Reaktorabfälle). Systemdekontamination. Entfernen nicht mehr benötigter Einrichtung. Herstellen BEB Autarkie. Errichten Zentrum für Materiallogistik und Dekontamination (im SWR z.B. im MH). Bereitstellen sonstiger Infrastruktur (und Platz schaffen dafür), auch auf dem Areal. Errichten von (konventionellen) Ersatzsystemen. Verbringen der konditionierten Betriebsabfälle in eine andere Kernanlage, z.B. in Lager der Zwiilag. <p>Der Nachbetrieb endet mit Inkrafttreten der Stilllegungsverfügung.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Forts. Vorbereitung Stlg (ggf. mit formaler Anpassung der Unterlagen zum Nachbetrieb). Rückbau sämtlicher Systeme, welche nicht noch benötigt werden <ul style="list-style-type: none"> zu Aufrechterhaltung der Schutzziele oder Abtransport der BE oder für den weiteren Rückbau. Nach Herstellung der Autarkie des BEB <ul style="list-style-type: none"> Demontage RDB Abbau Bioschild. Abtransport der BE, abschliessend Aufhebung der Sicherungsmassnahmen Vorziehen später vorgesehener Arbeiten zum Rückbau von Nebenanlagen und -gebäuden gemäss im Stilllegungsprojekt festzulegendem Freigabeverfahren. <p>Phase 1 endet mit Erreichen der Kernbrennstofffreiheit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Restarbeiten Phase 1 (i.V.m. formaler Anpassung Endzustand Phase 1). Rückbau aller Wasser führenden Systeme. Rückbau restlicher Systeme und – soweit für Versorgung mit Medien notwendig – Anschluss an Ersatzsysteme. Herstellen freiemessbarer Räume. Freiessen der kontrollierten Zone. Auszonung. Geländefreigabe. Aufhebung Bewachung. Vorziehen später vorgesehener Arbeiten zum Rückbau von Nebenanlagen und -gebäuden gemäss im Stilllegungsprojekt festzulegendem Freigabeverfahren. <p>Phase 2 endet mit der Freigabe der Gebäude und des Areals.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Restarbeiten Phase 2 (dürfte höchstens vorgezogene Arbeiten betreffen). Konventioneller Abbau soweit im Stilllegungsprojekt vorgesehen. Erstellen und Einreichen des Abschlussberichtes über die Stilllegung. Entlassung aus dem Geltungsbereich der Kernenergiegesetzgebung. <p>Die Stilllegung endet mit der Entlassung aus dem Geltungsbereich des KEG.</p>

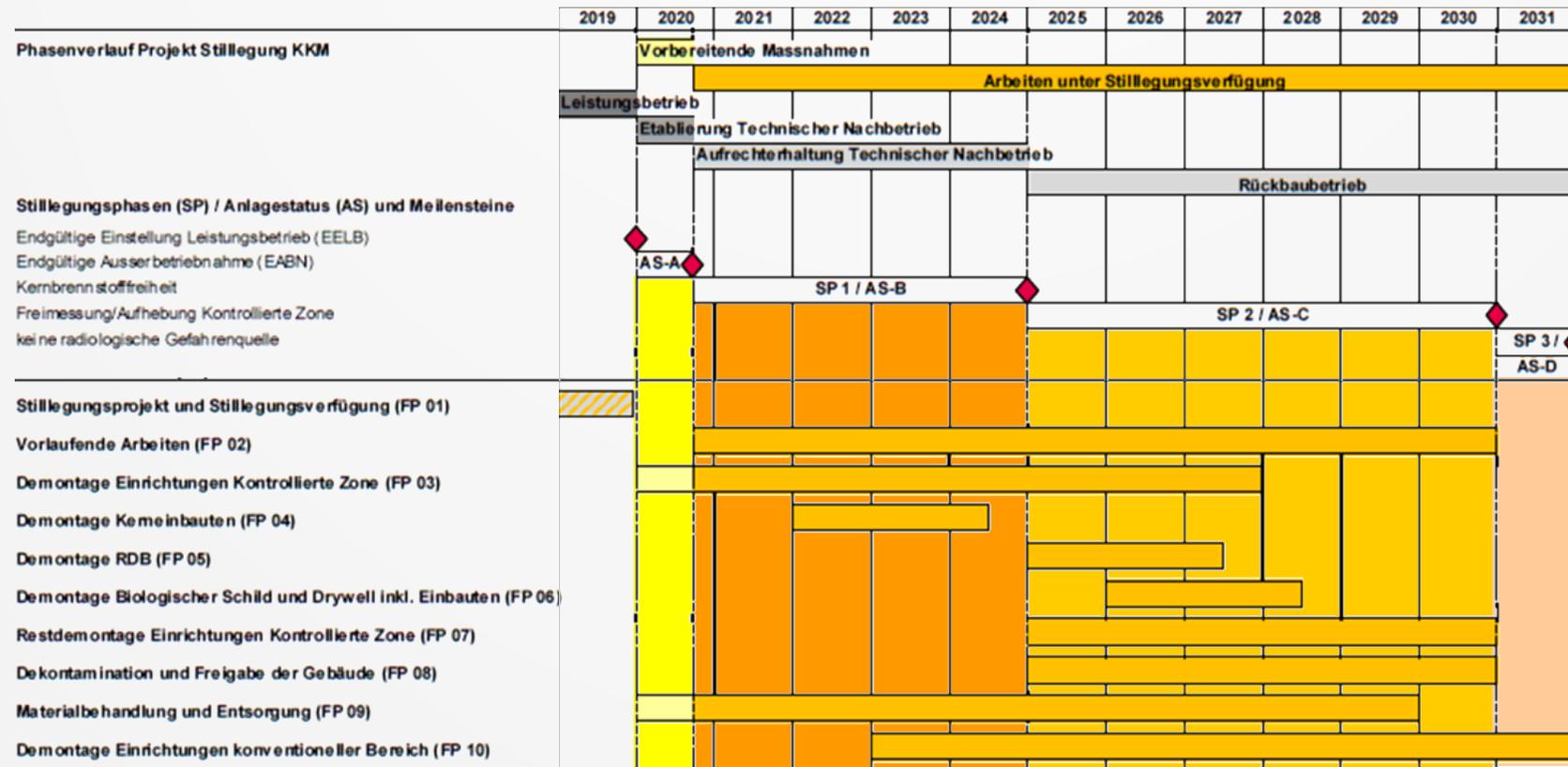
Folie aus «Anforderungen an eine sichere und wirtschaftliche Stilllegung aus Sicht eines Betreibers», Olten, Dezember 2013. Dargestellt sind die Stilllegungsarbeiten und bloss die zum Nachbetrieb gehörigen Tätigkeiten. Die Etablierung des Nachbetriebs ist noch nicht aufgeführt.

Eine Parallelisierung von Nachbetrieb und Rückbau ist möglich. Die Vorgaben der Richtlinie Ensi-G17 sind umsetzbar. Wichtig ist eine genügend detaillierte, aber dennoch flexible Beschreibung der Stilllegungsphasen.

Quelle Nuklearforum Schweiz, Vertiefungskurs 2013, Herausforderungen beim Betriebsende von KKW, «Anforderungen an eine sichere und wirtschaftliche Stilllegung aus Sicht eines Betreibers», ergänzt.

Optimierung von Nachbetrieb und Rückbau

Zeitliche Planung der Stilllegungsarbeiten am Beispiel des KKM



Nach endgültiger Einstellung des Leistungsbetriebs wird der Nachbetrieb etabliert und bis zur Kernbrennstofffreiheit aufrecht erhalten. Anschliessend wird er unter kontinuierlicher Vereinfachung als Rückbaubetrieb fortgesetzt.

- AS-A: Anlagestatus bei Etablierung Nachbetrieb
- AS-B: Anlagestatus in Stilllegungsphase SP 1
- AS-C: Anlagestatus in Stilllegungsphase SP 2
- AS-D: Anlagestatus in Stilllegungsphase SP 3

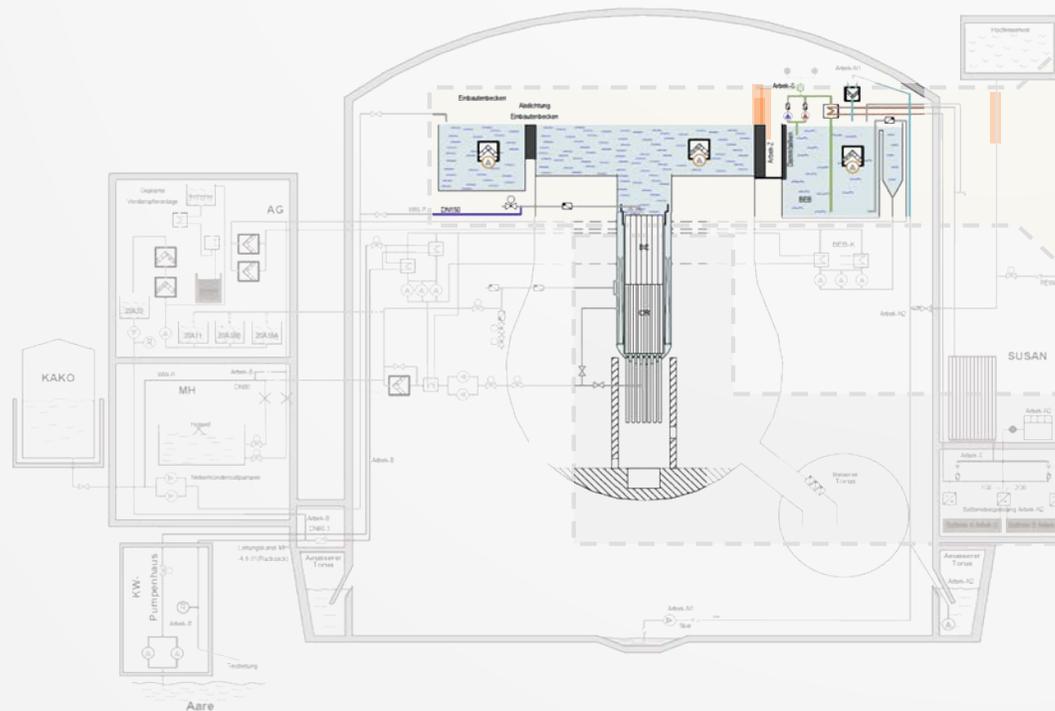
Als eine Voraussetzung für die behördliche Freigabe der jeweiligen Stilllegungsphase ist der Anlagestatus mit zugehörigem Nach- bzw. Rückbaubetriebszustand mittels Sicherheits- und Sicherungsbericht zu beschreiben.

Quelle BKW 2015, Stilllegungsprojekt.

Optimierung von Nachbetrieb und Rückbau

Massnahmen zur Aufteilung des terminkritischen Pfads am Beispiel des KKM

Verkürzung der Gesamtdauer der Stilllegung angestrebt



- Autarkie der Brennelement-Lagerbeckenkühlung sicherstellen.
- Baulicher Schutz und Einrichtungen zum vollumfänglichen Erfüllen der Schutzziele.
- Rückwirkungsfreiheit der Rückbaumassnahmen und Rückwirkungsschutz gewährleisten.

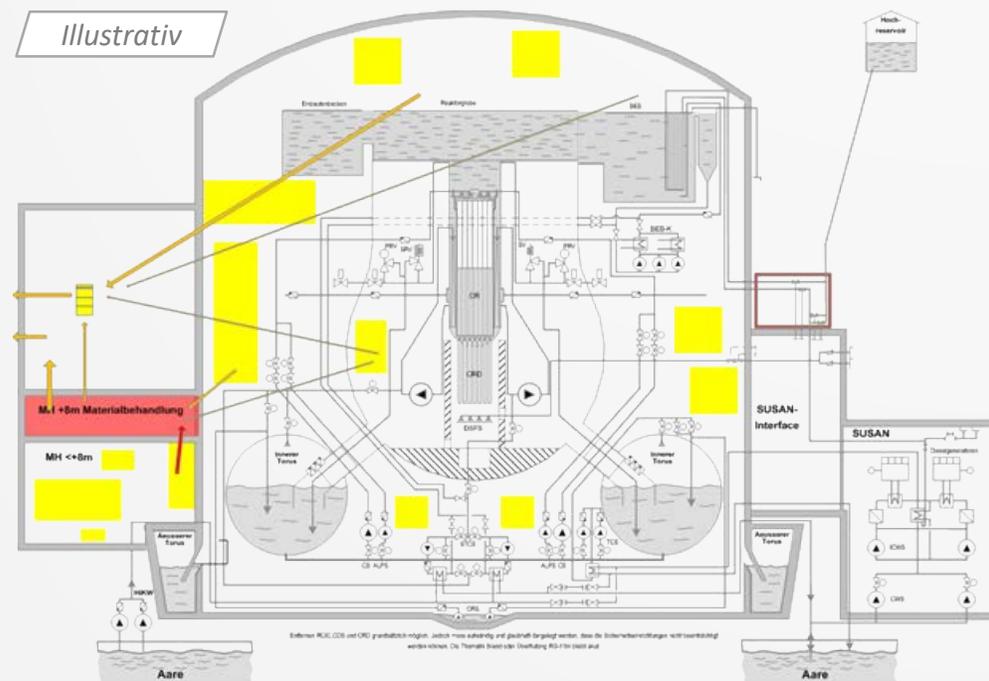
► Aufteilung des terminkritischen Pfades, z.B. Demontage Kerneinbauten und Reaktordruckbehälter vor Abtransport der Brennelemente.

Durch geeignete technische Massnahmen wird eine Parallelisierung von Nachbetrieb und Stilllegung erreicht. Damit wird die Projektdauer signifikant reduziert.

Optimierung von Nachbetrieb und Rückbau

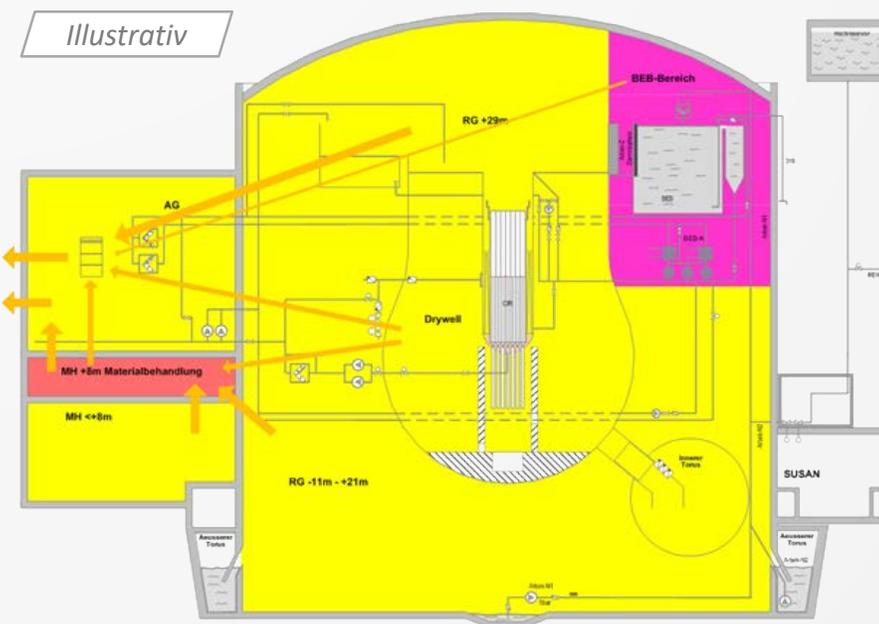
Auswirkungen einer autonomen Brennstoffkühlung am Beispiel des KKM

Ohne autarkes Brennelementlagerbecken



Begrenzte, voneinander getrennte Arbeitsbereiche im Reaktorgebäude (bis Brennelement-Freiheit).

Mit autarkem Brennelementlagerbecken



■ Rückbau bzw. rückbauvorbereitende Tätigkeiten möglich

Schnelle Ausserbetriebnahme von Systemen und frühzeitiges Arbeiten im Reaktorgebäude.

Quelle Kontec 2015, 12. Internationales Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Dresden, 25.–27. März 2015, «Erste Stilllegung eines kommerziellen Kernkraftwerks in der Schweiz».

Organisation eines Stilllegungsprojekts

Spannungsfeld zwischen Betrieb und Rückbau

Entwicklung Organisation für die Stilllegung

- Die Prozesse im Leistungsbetrieb und die in Nachbetrieb und Rückbau unterscheiden sich grundsätzlich:
 - Der **Betrieb** erzeugt Strom und damit die Zufriedenheit der **Stromkunden**.
 - Der **Rückbau** entfernt Material und ermöglicht letztlich Nachnutzung zur Zufriedenheit der **Standorteigner**.
- Managementsystem und die auf den Betrieb ausgerichteten Prozesse sind an die neue Struktur anzupassen.
- Die Organisation ist von einer Betriebsorganisation in eine Rückbau- bzw. Projektorganisation zu überführen.
- Vorgehensweisen und Arbeiten in Nachbetrieb und Rückbau müssen plan- und steuerbar sein.
- Ein Konzept für Personal Perspektiven ist rechtzeitig zu erarbeiten und zu kommunizieren.
- Die Sicherheit ist jederzeit zu gewährleisten.

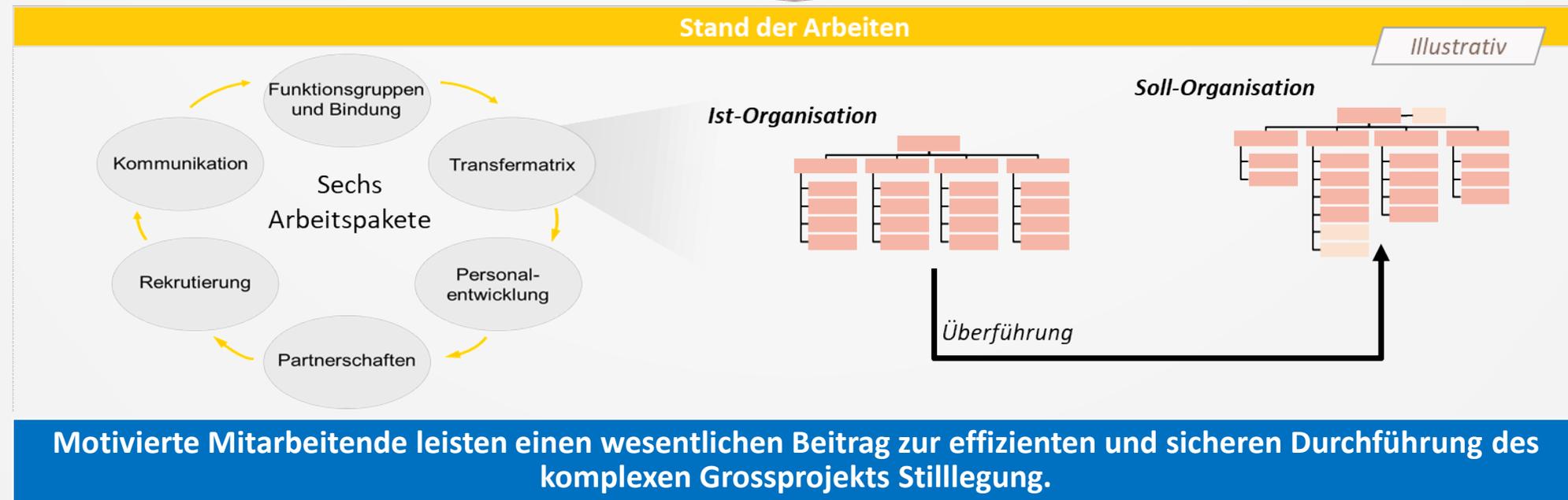
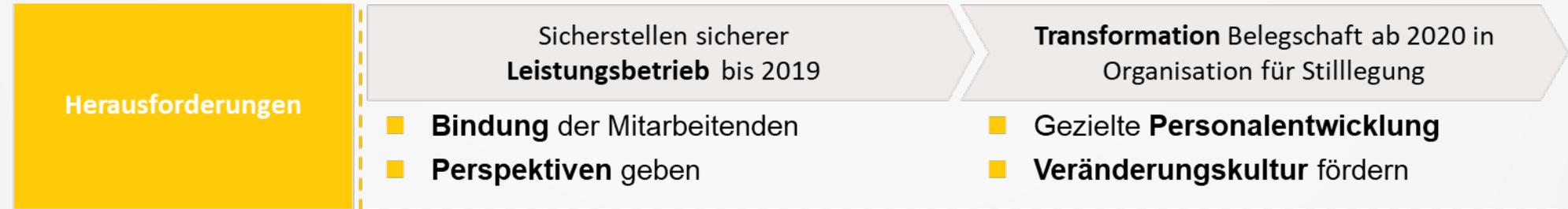


Die Entwicklung einer Stilllegungsorganisation bereits während des Leistungsbetriebs ermöglicht eine reibungslose Anpassung von Prozessen und Organisation.

Quelle Nuklearforum Schweiz, Vertiefungskurs 2013, Herausforderungen beim Betriebsende von KKW, «Anforderungen an eine sichere und wirtschaftliche Stilllegung aus Sicht eines Betreibers» (Bild thesmartrainer.com).

Organisation eines Stilllegungsprojekts

Überwindung des personellen Spannungsfeldes am Beispiel des KKM (März 2015)



Quelle Kontec 2015, 12. Internationales Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Dresden, 25.–27. März 2015, «Erste Stilllegung eines kommerziellen Kernkraftwerks in der Schweiz».

Behandlung der anfallenden Materialien

Nutzung des Maschinenhauses eines Siedewasserreaktors am Beispiel des KKM



- Nutzung Maschinenhaus als Zentrum für die Materialbearbeitung:
 - Beschränkte Platzverhältnisse auf dem Areal.
 - Zeitbedarf und Kosten eines Neubaus werden als hoch eingeschätzt.
- Nach Ausserbetriebnahme frühzeitige Leerung des Turbinenflurs.
- Installation erforderlicher Behandlungseinrichtungen für Bearbeitung, Dekontamination und Zerlegung.
- Externe Materialbehandlung nutzen (Zwilag sowie Einschmelzen).



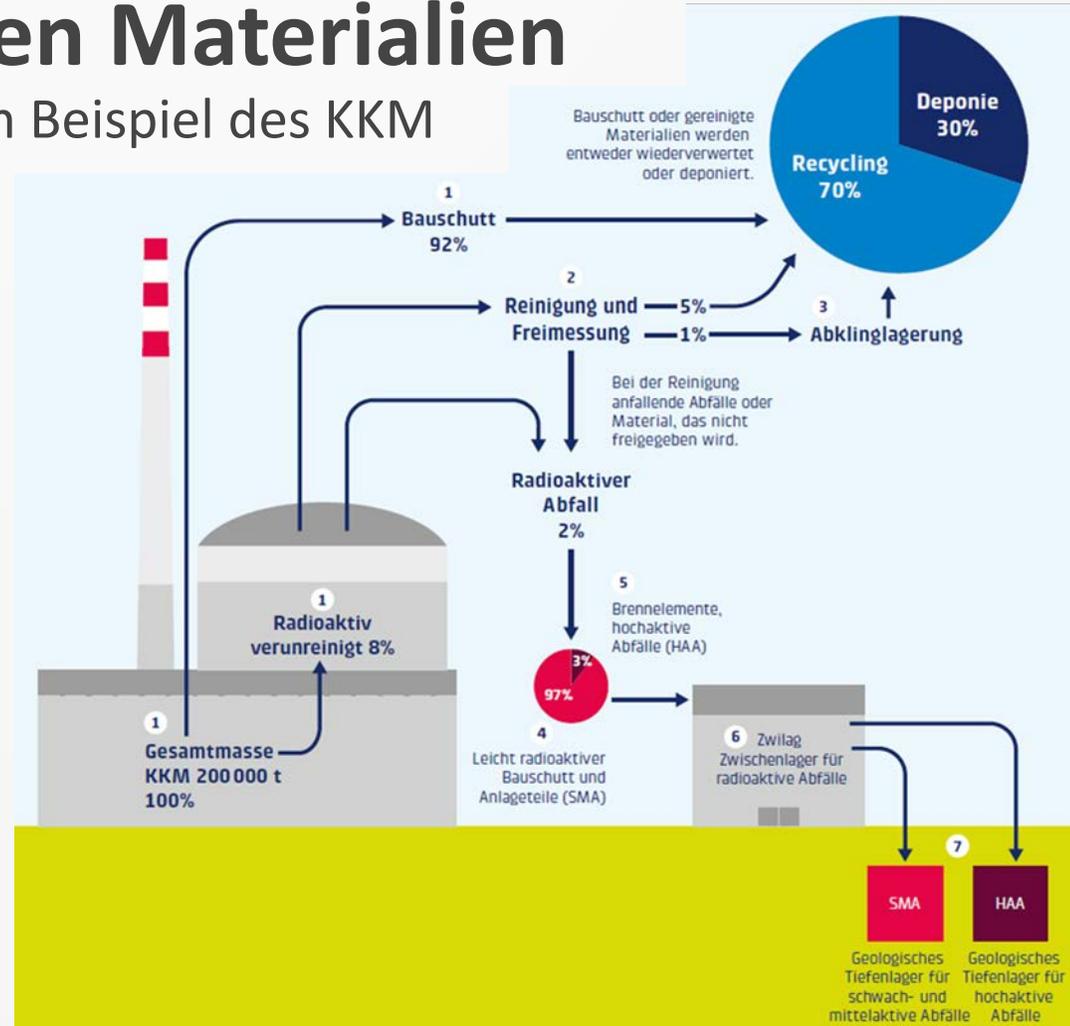
Die Auslegung der Bearbeitungskapazität erfolgt nicht für Spitzenlast. Dadurch werden hohe Kosten und überdimensionierte Einrichtungen vermieden. Externe Materialbehandlung entlastet den Standort.

Quelle Kontec 2015, 12. Internationales Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Dresden, 25.–27. März 2015, «Erste Stilllegung eines kommerziellen Kernkraftwerks in der Schweiz».

Verbleib der anfallenden Materialien

Wiederverwertung und Entsorgung am Beispiel des KKM

- Die Gesamtmasse beträgt rund 200'000 Megagramm. Der Rückbau erzeugt mehrheitlich normalen Bauschutt. Nur etwa 8 Prozent der Materialien ist mit radioaktiven Stoffen in Berührung gekommen. Das Gros dieser Materialien lässt sich reinigen und danach wiederverwerten oder auf einer normalen Deponie ablagern.
- Rund 3'000 Megagramm der anfallenden Materialien sind als radioaktiver Abfall zu entsorgen. Es sind ausschliesslich schwach- und mittelaktive Abfälle, die entsprechend verpackt zwischenzulagern und später in ein geologisches Tiefenlager zu verbringen sind.
- Die ausgedienten Brennelemente klingen zuerst mehrere Jahre im Brennelementlagerbecken ab, bevor sie der Zwischenlagerung und später einem geologischen Tiefenlager zugeführt werden.

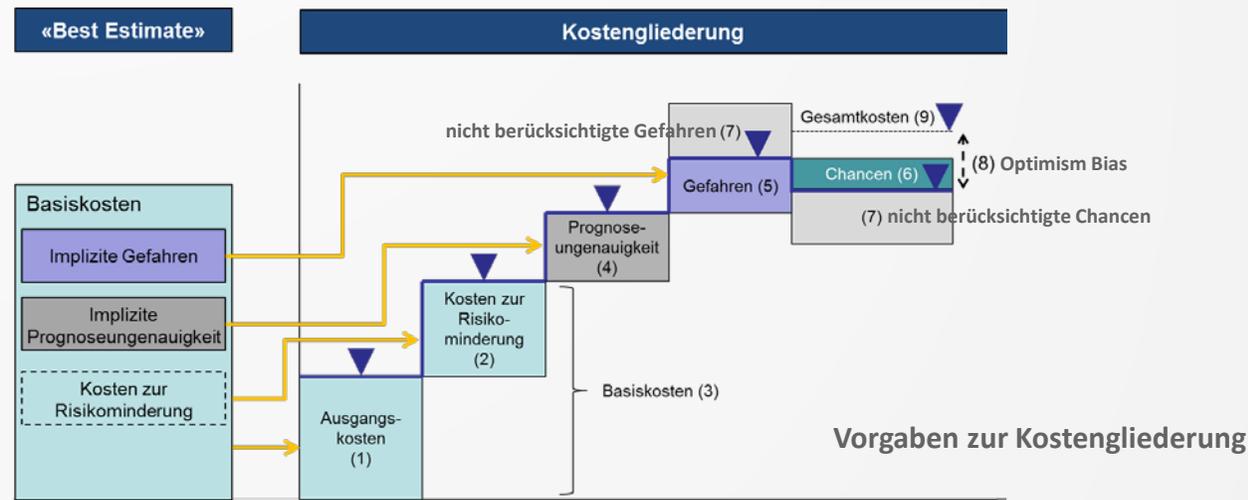


Beim Rückbau fällt mehrheitlich Bauschutt an. Radioaktiv ist nur eine kleine Menge, die überwiegend gereinigt und wiederverwertet oder deponiert wird. Als radioaktiver Abfall zu entsorgen sind weniger als zwei Prozent.

Finanzierung der Stilllegung

Durch Swissnuclear bzw. die Betreiber erstellte Kostenstudie 2016 und Vorgaben dazu

- Die Ermittlung der Kosten für Nachbetrieb und Stilllegung erfolgt in mehreren Schritten.
- Damit die Kostengliederung nicht als Kostentreiber wirkt, ist eine konsequente Zuweisung zu den Kostenniveaus unabdingbar.



Die Verwaltungskommission des Stilllegungs- und des Entsorgungsfonds verlangt verbindlich

- vorgegebene Kostenstrukturen, die Vergleiche und Plausibilisierungen ermöglichen, sowie
- eine vorgegebene Kostengliederung und damit auch die Aufteilung der bisherige gesamthaften Best Estimate Schätzung in analytisch getrennte Teilmengen.

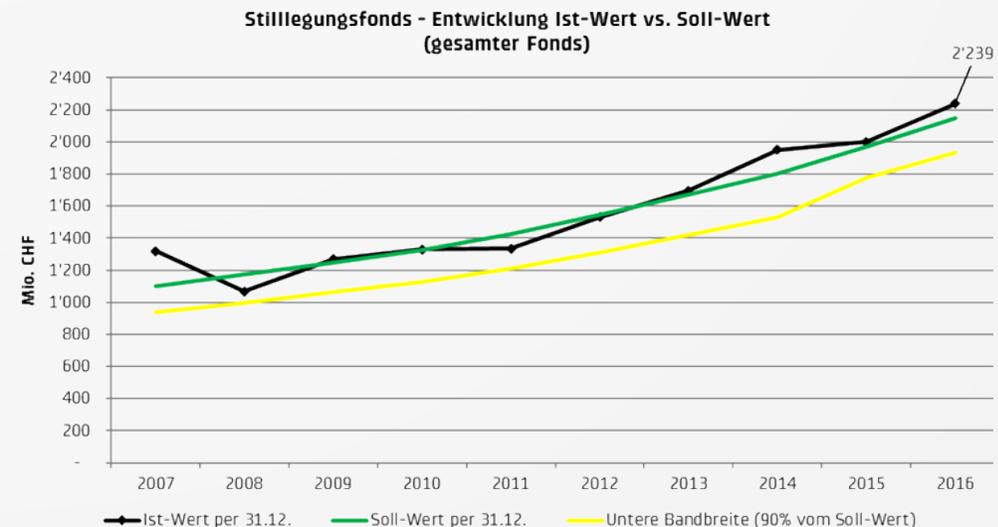
Das Ensi zusammen mit externen Experten sowie unabhängige Kostenprüfer prüfen die Kostenstudien. Die Kostensteigerung ist moderat, auch wenn man alle Niveaus der neuen Kostengliederung berücksichtigt.

Quelle Swissnuclear Kostenstudie 2016, Vorgaben von Stilllegungs- und Entsorgungsfonds.

Finanzierung der Stilllegung

Der Stilllegungsfonds und sein Zweck

- Die während des Betriebs anfallenden Stilllegungs- und Entsorgungskosten sowie die Kosten für den Nachbarbetrieb werden von den Betreibern direkt bezahlt.
- Der Stilllegungsfonds soll die Kosten für die Stilllegung nach der Ausserbetriebnahme sowie für die Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle decken. Er ist so konzipiert, dass nach Erreichung einer 50-jährigen Betriebsdauer genügend Fondsvermögen vorhanden ist, um die ab diesem Zeitpunkt noch anfallenden Stilllegungskosten finanzieren zu können.
- Die Betreiber sind verpflichtet, Beiträge an den Fonds zu leisten. Diese werden alle fünf Jahre basierend auf der aktuellsten Kostenstudie und unter Berücksichtigung einer Anlagerendite von 3.5% p.a. sowie einer Teuerungsrate von 1.5% p.a. festgelegt.
- Ungenügendes Fondsvermögen aufgrund eines Börsencrashes kann zusätzliche Einzahlungen erfordern.
- Die einbezahlten Gelder werden dem direkten Zugriff der Eigentümer entzogen und vom Fonds verwaltet, welcher die zweckgebundene Verwendung sicherstellen soll.



Zu keiner Zeit werden durch die Fonds die Eigentümer von ihrer Kostentragungspflicht entbunden, weder während noch nach Ende der Beitragspflicht.

Finanzierung der Stilllegung

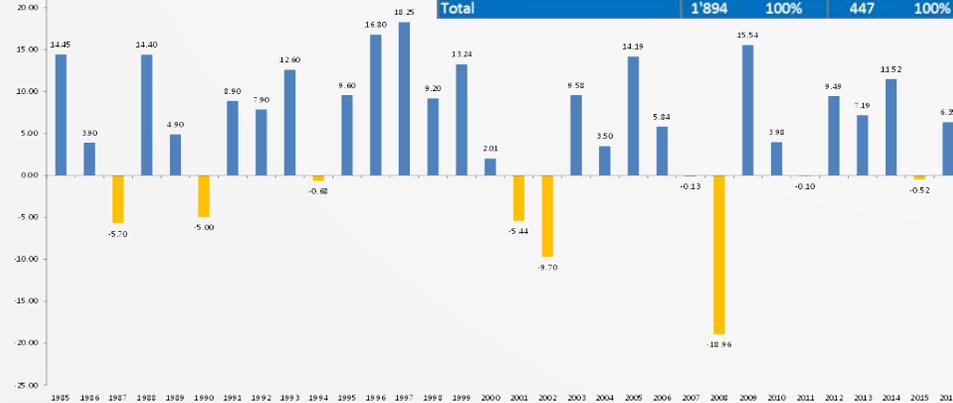
Der Stilllegungsfonds, seine bisherige Entwicklung und die zukünftig erwartete

Die Fonds sind der Aufsicht des Bundesrats unterstellt. Die Fondsgremien sind mehrheitlich unabhängig besetzt.

Die Gelder werden in ein global diversifiziertes Portfolio investiert.

Vermögenswerte Stilllegungsfonds per 30.6.2017	Gesamtvermögen [MCHF]			
	KKB, KKG, KKL, Zwiilag		KKM	
Liquidität	0	0.0%	38	8.5%
Obligationen	758	40.0%	172	38.5%
Obligationen CHF	474	25.0%	110	24.5%
Obligationen FW (hedged)	284	15.0%	63	14.0%
Nominalwerte	758	40.0%	210	47.0%
Aktien	758	40.0%	161	36.0%
Immobilien	189	10.0%	36	8.0%
Alternative Anlagen	189	10.0%	40	9.0%
Sachwerte	1'136	60.0%	237	53.0%
Total	1'894	100%	447	100%

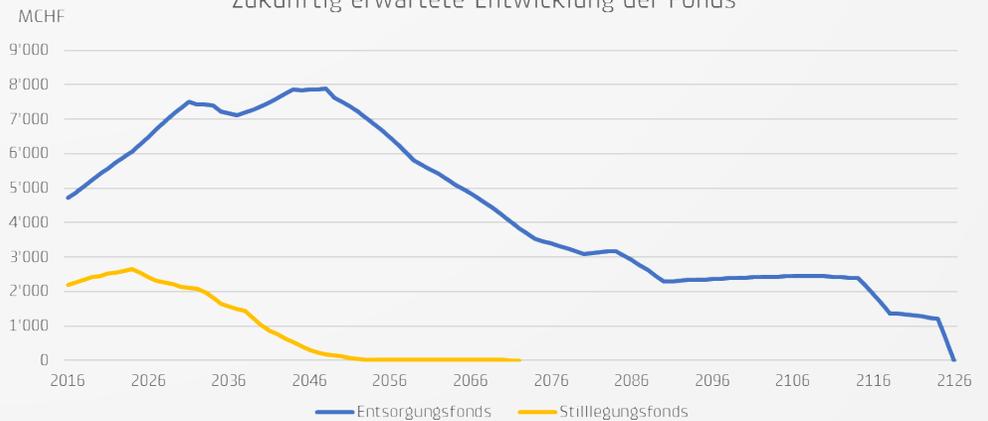
Jahresgesamtrenditen des Stilllegungsfonds seit Auflegung



Die seit Fondsauflegung erzielte Realrendite liegt deutlich über 2% p.a.

Auf Basis der Kostenstudie 2016 wird der Stilllegungsfonds bis ca. 2025 auf rund 2.7 Mrd. CHF ansteigen und der Entsorgungsfonds bis ca. 2050 auf rund 8 Mrd. CHF.

Zukünftig erwartete Entwicklung der Fonds



Stilllegungs- und Entsorgungsfonds sind ein Sicherungsinstrument zur Gewährleistung, dass dem Verursacherprinzip konsequent Rechnung getragen wird.

Quelle Stilllegungs- und Entsorgungsfonds.

Erfolgsfaktoren für die Stilllegung

Herausforderungen und Erfolgsfaktoren



Management und Organisation

- Grossprojekt strukturell und prozessual professionell aufsetzen.
- Kulturwandel und methodische Kompetenzen gestalten.



Verfahren und Recht

- Stilllegungsprojekt so früh wie möglich erstellen und einreichen.
- Strukturierte Behördenbegleitung im Bewilligungsverfahren.
- Rechtliche Freiheitsgrade nutzen.



Technik und Partnerschaften

- Innovative Konzepte zur Kostenoptimierung entwickeln und umsetzen.
- Strategische Partnerschaften mit Lieferanten/Betreibern aufbauen.



Öffentlichkeit und Kommunikation

- Relevante Anspruchsgruppen identifizieren und frühzeitig einbinden.
- Interne und externe Kommunikation gestalten.

Rechtzeitiges und sorgfältiges Einbinden der Stakeholder ist Voraussetzung zum Erfolg.

Quelle Kontec 2015, 12. Internationales Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Dresden, 25.–27. März 2015, «Erste Stilllegung eines kommerziellen Kernkraftwerks in der Schweiz».

Erfolgsfaktoren für die Stilllegung

So müsste es vor sich gehen...



Hier sehen Sie das KKM,

schauen Sie es noch einmal an, bald wird es weg sein!

Noch Fragen?

Quelle Kontec 2015, 12. Internationales Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Dresden, 25.–27. März 2015, «Erste Stilllegung eines kommerziellen Kernkraftwerks in der Schweiz».