



7. Mai 2015

Hintergrundpapier

Schönrechnerei bei Atommüllkosten Atomstrom ist wegen unrealistischer Planung zu günstig

In vorliegendem Hintergrundpapier befinden sich Erläuterungen zur Infografik „Schönrechnerei bei Atommüllkosten“. Es wird die Notwendigkeit von einem realistischen Zeitplanszenario für die Entsorgung von radioaktivem Abfall aufgezeigt und es sind dazugehörige Kostenschätzungen beschrieben. Zudem wird ein pessimistisches Szenario vorgestellt. Die Annahmen basieren auf Erfahrungswerten aus den vergangenen Jahren, auf vergleichbaren Projekten im In- und Ausland sowie auf Expertenmeinungen. Es wird ebenfalls auf weitere Kostenrisiken hingewiesen.

Inhaltsverzeichnis

1 Es braucht realistische Szenarien	1
1.1 Zeitplan von Nagra und BFE zu illusorisch.....	1
1.2 Nicht berücksichtigte Kostenrisiken.....	1
2 Die Zeitplan-Szenarien	2
2.1 Optimistisch Nagra/BFE	2
2.2 Realistisch SES	2
2.3 Pessimistisch SES.....	2
3 Kosten der Atommülllagerung	3
3.1 Zeitplanverzögerungen.....	3
3.2 Mehrkosten sind relevant	3
4 Fazit.....	3
<i>Anhang 1: Erläuterungen zu den verschiedenen Projektphasen im SES-Szenario „Realistisch“</i>	<i>A</i>
<i>Anhang 2: Erläuterungen zu den verschiedenen Projektphasen im SES-Szenario „Pessimistisch“</i>	<i>D</i>
<i>Anhang 3: Erfahrungswerte Kosten bei ähnlichen Projekten</i>	<i>F</i>
<i>Anhang 4: Erläuterung zur Abschätzung der Mehrkosten.....</i>	<i>G</i>
<i>Anhang 5: Abkürzungsverzeichnis</i>	<i>H</i>



1 Es braucht realistische Szenarien

Dieses Kapitel beleuchtet den Hintergrund für die Neuberechnungen des Atommüllzeitplans. Im zweiten Abschnitt wird auf weitere Kostenrisiken hingewiesen, die zusätzlich zu den Mehrkosten aufgrund von Zeitverzögerungen anfallen.

1.1 Zeitplan von Nagra und BFE zu illusorisch

Mit dem Rückbau der AKW und der Langzeitlagerung ihres Mülls kommen auf die Betreiber immense Kosten zu. Sie öffnen deshalb schon heute Stilllegungs- und Entsorgungsfonds mit denen dereinst die Ausgaben bezahlt werden sollen. Als Berechnungsgrundlage für die Fondseinlagen dient jedoch jeweils ein Schönwetterszenario, das Kostenrisiken nicht miteinberechnet. Die Eidgenössische Finanzkontrolle (EFK) bestätigt in einem Prüfbericht, dass die Kostenberechnungen auf optimistischen Annahmen beruhen und Risiken nicht berücksichtigt werden. Die EFK empfiehlt die Kosten aufgrund verschiedener Szenarien zu berechnen. Sie schreibt dazu: *„Diese Vorgehensweise bei den Kostenstudien, bei welcher viele mögliche Einflussfaktoren im Voraus ausgeschlossen werden, um die Beiträge zu berechnen, entspricht nicht einer nachhaltigen Lösung“* und weiter *„Aufgrund der Beitragsberechnung auf den idealen Kosten wurde in den letzten Jahren der Strom tendenziell zu günstig verkauft“*¹.

Ein grosses Kostenrisiko, das in den Berechnungen fehlt, ist die Zeitverzögerung bei der Realisierung eines Atommülllagers. Bereits letztes Jahr musste das Bundesamt für Energie (BFE) kleinlaut zugeben, dass sich der Sachplan Geologische Tiefenlager (SGT) hinsichtlich der Einreichung der Rahmenbewilligungen für ein Atommülllager um 10-20 Jahre verlängern wird. Auch nach dieser Anpassung warnen Experten, dass die Timeline für den Bau und Betrieb eines Langzeitlagers auf optimistischem Wunschdenken fusst. Dies ist prekär, denn der realitätsfremd gestraffte Zeitplan, den die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) verfolgt, hält die geschätzten Kosten künstlich tief.

Die SES stellt hier dem Wunschzeitplan von Nagra und BFE ein realistisches und ein pessimistisches Szenario für die Lagerung von hochradioaktivem Müll² gegenüber und zeigt, warum eine Berechnung basierend auf einem optimistischen Szenario die Kosten drastisch unterschätzt.

1.2 Nicht berücksichtigte Kostenrisiken

In den beiden von der SES berechneten Szenarien sind weitere Kostenrisiken neben der Zeitplanverzögerung nicht berücksichtigt. Die Praxis (zum Beispiel im Tunnelbau) zeigt, dass durch den Anstieg der technologischen Anforderungen fast immer höhere Kosten entstehen³. Weitere Risiken sind zum Beispiel Veränderungen der Umweltschutzgesetzgebung und Marktkapazitäten. Im Zusammenhang mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle besonders ins Gewicht fällt die Tatsache, dass Neuland betreten wird und damit sehr viel Ungewissheit in den Prognosen herrscht. In der Regel nehmen die Kosten mit genauerer Planung nochmals drastisch zu. Dies zeigt das Beispiel der NEAT, bei der nun Mehrkosten von 6 Milliarden CHF anstehen. Unter anderem liegen die Ausgaben für geologische Arbeiten 0.9 Milliarden CHF über dem Budget⁴ (siehe auch Grafik im Anhang 4).

¹ EFK: „Stilllegungs- und Entsorgungsfonds - Prüfung der Governance“, 1. September 2014

² Die Neuberechnung wurde nur für ein HAA-Lager (hochaktive Abfälle) durchgeführt, Verzögerungen und Kostenrisiken sind jedoch etwa in gleichem Mass für das SMA-Lager (schwach- und mittelaktive Abfälle) oder im Falle eines Kombilagers zu erwarten.

³ EFK: „Stilllegungs- und Entsorgungsfonds - Prüfung der Governance“, 1. September 2014

⁴ NEAT: Änderungen und deren Ursachen inkl. Risikoanteil BAV, BFE 2014: <http://www.bav.admin.ch/alptransit/01370/01372/index.html?lang=de> Kostenänderungen II / 2014



Weitere Finanzrisiken, welche die Sicherstellung der Äufnung der Stilllegungs- und Entsorgungsfonds betreffen, wie etwa die Zielrendite oder die Teuerung, sind nicht Gegenstand dieser Szenarienberechnung. Die Forderungen der SES sind in der Stellungnahme zur zweiten Revision der Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung zu entnehmen (www.energiestiftung.ch), denn auch diese Punkte müssen bei den Kalkulationen zur Ermittlung der nötigen Fondseinzahlungen dringend berücksichtigt werden.

2 Die Zeitplan-Szenarien

Im Folgenden werden das optimistische Szenario von Nagra und BFE, sowie die zwei Szenarien der SES kurz beschrieben. Wir beschränken uns dabei auf die Entsorgung von hochaktiven Abfällen (HAA). Detaillierte Erläuterungen zu den Annahmen für die SES-Szenarien sind in Anhang 1 und 2 zu finden.

2.1 Optimistisch Nagra/BFE

Dies ist das offizielle Szenario⁵, bei dem alles „wie am Schnürchen“ läuft. Es gibt weder verfahrensmässige noch technische Verzögerungen. Die einzelnen Phasen werden so weit wie nur möglich parallel geführt und die Kontrollbehörden auf Vorwärtsmachen getrimmt. So schreibt die Nagra zum Beispiel: *„...ist es notwendig, dass die Baugesuche... (untertägige Exploration und Felslabor) schon während des Rahmenbewilligungsverfahrens von den Behörden geprüft und die Bewilligungen direkt bei Vorliegen einer rechtsgültigen Rahmenbewilligung erteilt werden.“*⁶ Von Ergebnisoffenheit ist nirgends die Rede, denn die technische Realisierbarkeit steht ausser Frage. Es geht „nur“ noch um das Abarbeiten der formalrechtlichen Verfahrensaufgaben. Der Zeitplan geht auch illusorisch davon aus, dass sich Feldarbeiten, Experimente und Bau des Mülllagers *„...ohne relevante Überraschungen abwickeln lassen“*². Zwar wird zugegeben, dass Abweichungen vom Zeitplan möglich sind, doch bei den Kostenstudien wird dies ausgeklammert.

2.2 Realistisch SES

Dieses Szenario wurde aufgrund konkreter Erfahrungswerte (bisherige Nagra-Arbeiten, ähnliche Projekte und Expertenmeinungen) erstellt. Es berücksichtigt formal-rechtliche Fristen, Einsprache- und Rekursverfahren sowie denkbare, jedoch nicht unüberwindbare geologisch-technische Probleme. Einbezogen sind auch angemessene Zeiträume für eine seriöse Überprüfung der technisch-wissenschaftlichen Zwischenschritte (Synthesen) und Gesuche der Nagra für bewilligungspflichtige Untersuchungen durch die fachtechnischen Aufsichtsbehörden. Dabei wird immer davon ausgegangen, dass das heutige Tiefenlagerkonzept weiterverfolgt wird. Im Anhang 1 werden zu jedem Prozessschritt die Annahmen zur Abschätzung des Szenarios erläutert. Mit diesem Plan, der auf realistischen Annahmen gründet, verschiebt sich der Verschluss des Hauptlagers im Vergleich zum optimistischen Nagra/BFE-Szenario um 35 Jahre in die Zukunft.

2.3 Pessimistisch SES

Die Umsetzung eines Projekts von der Tragweite eines geologischen Langzeitlagers ist in mancher Hinsicht ein Schritt ins Ungewisse. Es ist nicht „nur“ ein untertägiges Bauwerk, das *per se* schon höchst anspruchsvoll ist, sondern ein Bergwerkssystem, das in Kombination mit „technischen Barrieren“ strengsten Anforderungen an die Langzeitsicherheit d.h. dem dauerhaften Schutz der Biosphäre vor Nuklidverseuchung genügen muss. Abfälle, technische Barrieren und geologisches Umfeld interagieren dabei auf vielfältig-komplexe, oft nicht adäquat vorhersehbare Weise. Die Schutzfunktion des Gesamtsystems kann durch verschiedene Gegebenheiten in Frage gestellt werden. Für jeden Realisierungsschritt muss deshalb die Eignung des Standorts in seiner geologischen Konfiguration neu beurteilt werden – und bei jedem dieser Schritte kann der Befund *„Nicht geeignet“* lauten. Das

⁵ gemäss Planung EP 2008 (NTB 08-01) und „Planung Etappe 3 SGT“ (2015)

⁶ NTB 08-01, S. 56



pessimistische Szenario der SES zeigt eine mögliche Bruchstelle, die auf der Annahme beruht, dass beim Bau vom Felslabor unüberwindbare Probleme auftauchen. Es handelt sich dabei keinesfalls um den Worst Case, sondern um eine pessimistische Möglichkeit. Im Anhang 2 werden die möglichen „Bruchstellen“ des Prozesses genauer erläutert.

Bei diesem Szenario darf nicht vergessen gehen, dass das Konzept Tiefenlagerung grundsätzlich anzuzweifeln ist. Viele ungelöste technische und konzeptuelle Fragen liegen vor (Gasentwicklung, Beschriftung, Eiszeiten etc.) und könnten ein atomares „Endlager“ schliesslich verunmöglichen. Die immensen Kosten, die bei einer anderen Entsorgungsweise (z.B. permanente Überwachung eines Oberflächenlagers) auf die Gesellschaft zukommen würden, sind nicht abschätzbar.

3 Kosten der Atommülllagerung

Im Folgenden wird beschrieben, weshalb der Zeitplan bei der Betrachtung von Kosten entscheidend ist.

3.1 Zeitplanverzögerungen

Eine Verzögerung im Zeitplan hat zwingend Auswirkungen auf die Kosten. Zum Beispiel müssen das Zwischenlager in Würenlingen und die weiteren Nasslager bei den AKW länger betrieben werden. Auch der ganze Apparat, der die Entsorgung koordiniert und begleitet, allen voran die Nagra, müsste weitere Jahre bestehen. Unter der realistischen Annahme einer Verzögerung von 35 Jahren kumulieren sich nur schon aufgrund dieser beiden Punkte ausserplanmässige Kosten von 3.5 Milliarden CHF. Ausserdem muss damit gerechnet werden, dass die Beobachtungsphase von 50 Jahren auf 100 Jahre gestreckt werden muss. Dies bedeutet weitere Ausgaben von 1 Milliarde CHF für die Beobachtung des Lagers (nur HAA-Lager). Somit endet die Grobschätzung auf Mehrkosten von 4.5 Milliarden CHF was gegenüber den verbleibenden Kosten seit 2011 einen Kostenanstieg von rund 40 % bedeutet. Lässt man die Beobachtungsphase ausser Acht sind es immer noch ca. 30 % Mehrkosten (Berechnung siehe Anhang 3).

3.2 Mehrkosten sind relevant

Die AKW-Betreiber kontern die verzögerungsbedingten Mehrkosten jeweils mit dem Argument, dass dann auch mehr Zeit für die Kapitalvermehrung in den Fonds zur Verfügung stehen würde. Dies greift nicht, denn es muss auch die steigende Teuerung (insbesondere die spezifische Teuerung, die in den letzten Jahren einiges höher als die allgemeine Teuerung war) betrachtet werden. Ausserdem sind grosse Summen von Zusatzkosten wegen weiteren Risiken zu erwarten (siehe Kapitel 1.2). Zu guter Letzt ist die Entwicklung der Finanzlage unsicher, und es kann deshalb nicht von permanent positiv erwirtschafteten Nettorenditen ausgegangen werden.

4 Fazit

Die vielen Ungewissheiten und Sicherheitsrisiken, die bei der Lagerung von Atommüll auf die Gesellschaft zukommen verdeutlichen, **dass der kostenkritische Zeitplan nicht auf einem optimistischen, sondern mindestens auf einem realistischen Szenario beruhen muss.** Dabei ist nicht zu vergessen, dass im ungünstigen Falle weitere Verzögerungen (pessimistisches Szenario) sowie Bauunterbrüche oder gar Projektabbrüche möglich sind. Zu guter Letzt darf nicht vergessen gehen, dass es grundsätzlich fragwürdig und äussert unsicher ist, ob das Konzept Tiefenlagerung jemals umgesetzt werden kann.



Anhang 1: Erläuterungen zu den verschiedenen Projektphasen im SES-Szenario „Realistisch“

1. Standortwahl provisorisch (*optimistisch: 10 Jahre, realistisch: 12 Jahre*)

Die Dauer der fachtechnischen Prüfung der Ergebnisse und Folgerungen aus dem Verfahren gemäss Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) der Etappe 2 bis zum Bundesrats-Entscheid wird von der Nagra unterschätzt. Schon die Überprüfung auf Stufe Bund (Ensi-EGT-KNS) ist herausfordernd. Es ist zudem davon auszugehen, dass die Kantone und deren Experten (KES) für ihre Stellungnahmen beim UVEK Fristverlängerung beantragen werden. Auch die Anhörungsphase, einschliesslich ihrer Bereinigung währt erfahrungsgemäss länger. In Etappe 1 dauerte die Begutachtung und Anhörung nach Eingabe der Nagra ganze drei Jahre. Schliesslich muss auch der BR-Entscheid vorbereitet sein. Somit ist für die provisorische Standortwahl bei realistischer Planung mit plus zwei Jahren zu rechnen. Provisorisch ist die Wahl deshalb, weil erst mit der Genehmigung der Rahmenbewilligung der definitive Entscheid fällt.

2. Feldarbeiten (*optimistisch: 5 Jahre, realistisch: 7 Jahre*)

Während auch die SES von der Annahme ausgeht, dass die beiden 3D-Seismikkampagnen ohne grössere Verzögerungen abgewickelt werden sollten, wird das Bewilligungs- und Einspracheverfahren für Bohrungen von der Nagra unterschätzt (Erfahrungswerte KNS-Bericht M. Buser, Bohrung Benken z.B. 4 Jahre⁷). Zudem ist das vorgesehene Bohrprogramm gemäss Konzept der Nagra⁸ ausgesprochen ehrgeizig, und es ist daran zu zweifeln, dass dieses Programm innerhalb der vorgesehenen knapp drei Jahre durchgeführt, abgeschlossen und vor allem projektrelevant dokumentiert werden kann. Zu guter Letzt ist es vollkommen unverständlich, weshalb die Nagra keine Synthese-Berichterstattung über die Ergebnisse der Felduntersuchungen zu Händen der Behörden und der Öffentlichkeit vorsieht, denn im Rahmen dieser Standortuntersuchungen werden „auch die erforderlichen Daten für den Entscheid gesammelt, welche Standortgebiete für die Rahmenbewilligungsgesuche vorbereitet werden.“⁹ Den besagten Entscheid will die Nagra gemäss Planung schon 2020 fällen und bekannt geben. Es darf daher nicht sein, dass eine so weitreichende Weichenstellung ohne entsprechende Dokumentation zuhanden der Behörden und vor allem der Öffentlichkeit erfolgen soll.

3. Rahmenbewilligung (*optimistisch: 9 Jahre, realistisch: 9 Jahre*)

Das Verfahren der Einreichung des Rahmenbewilligungsgesuchs (RBG) bis zu seiner abschliessenden Rechtsgültigkeit ist äusserst komplex und führt über lange Wege durch mehrere Instanzen: Fachtechnische Überprüfung - Stellungnahmen - Anhörung - Ämterkonsultation - Mitberichtsverfahren - Entscheid Bundesrat - Vorlage/Genehmigung Parlament - gegebenenfalls Referendum. Das schätzt die Nagra mit 9 Jahren auch aus Sicht der SES realistisch ein.

4. Bau Felslabor (*optimistisch: 6 Jahre, realistisch: 15 Jahre*)

Am Anfang der untertägigen Erkundung stehen spezifisch angesetzte Sondierungen (v.a. Bohrungen), welche als Erkundung für den nachmaligen Vortrieb der Zugangsbauwerke (Schacht und/oder Rampe) unumgänglich sind. Für diese Arbeiten sind Gesuche an das UVEK einzureichen. Nach (einspracheberechtigter) Bewilligung der Gesuche werden die erforderlichen Bohrungen abgeteuft und ausgewertet. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse erfolgt dann der Vortrieb der Zugangsbauwerke. Und erst nach Auswertung der baubegleitenden Charakterisierung startet der Bau des

⁷ http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_382857606.pdf.

⁸ NAB 14-83, S. 51

⁹ NAB 14-83, S. 51



eigentlichen Felslabors. Die SES beurteilt den von der Nagra für diese kaum überraschungsfrei realisierbaren untertägigen Bauwerke erforderlichen Zeitraum von 6 Jahren, einschliesslich einer seriösen baubegleitenden Charakterisierung und projektrelevanten Auswertung/Synthese, als viel zu knapp. Einsprachen im Bewilligungsverfahren sind zu wenig berücksichtigt. Schacht und Stollen sind heikle Bauprojekte und technische Schwierigkeiten (z.B. Wassereinbrüche) mit entsprechenden Verzögerungen sind die Regel. Das Felslabor der Andra am Standort Bure (F) wurde in einer geologisch vergleichbaren Konfiguration wie in der Nordschweiz gebaut; es besteht aus zwei vertikalen Schächten von knapp 500 m Tiefe und erforderte eine Bauzeit von 14 Jahren¹⁰.

5. Erhebung Daten unter Tage (optimistisch: 20 Jahre, realistisch: 25 Jahre)

Der Bau eines Felslabors in 500-700 m Tiefe ist bergbau- und sicherheitstechnisch sowie betrieblich anspruchsvoll. Gemäss der laufenden Planung der Andra soll das Felslabor am Standort Bure in Frankreich bis 2030 betrieben werden. Langzeitexperimente erfordern sehr viel Zeit, da es sich schlussendlich um den Einschluss von Atommüll für hunderttausende von Jahren handelt. Absolut zwingend ist zudem eine Gesamtbeurteilung (= Validierung) der Standorteignung, der bautechnischen Machbarkeit und der Langzeitsicherheit, basierend auf den vor Ort erhobenen Daten, sowie eine entsprechend gründliche fachtechnisch-behördliche Überprüfung (Ensi etc.). Von zentraler Bedeutung für den Fortgang des Lagerbaus sind die verschiedenen technischen Demonstrationen im 1:1 Massstab; Einlagerungstechnik (Remote Roboter Handling) der Behälter, deren Rückholung sowie die Stollen- und Schachtversiegelung. Ausserdem braucht es eine Vorbereitung der Unterlagen für das nukleare Baubewilligungsverfahren. Deshalb und in Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebszeit des Felslabors in Bure schätzt die SES eine Dauer von mindestens 25 Jahren.

6. Nukleare Baubewilligung (optimistisch: 5 Jahre mit Überlappung von 10 Jahren, realistisch: 8 Jahre mit Überlappung 2 Jahre)

Die Nagra geht davon aus, dass bereits nach 10 Jahren Labortätigkeit die nukleare Baubewilligung erarbeitet werden kann. Das ist völlig unrealistisch, denn bevor jemals die Bewilligung erteilt wird, müssen die projektrelevanten Folgerungen aus der Exploration unter Tage abgeschlossen und validiert werden. Ausserdem erfordert die behördliche Überprüfung eines Projektes dieser technischen und gesellschaftlichen Tragweite mehr Zeit als 5 Jahre. Die Nagra geht davon aus, dass die rechtlichen Mittel nicht ausgeschöpft werden, obwohl der Entscheid des UVEK angefochten werden kann. Bei einem solch umstrittenen Projekt ist aber mit erheblichen Verzögerungen aufgrund von Einsprachen zu rechnen. Falls ein Rekurs bis ans Bundesgericht weitergezogen wird, kann dies das gesamte Projekt um 4 bis 6 Jahre zurückwerfen. Deshalb rechnet die SES mit zusätzlichen 3 Jahren.

7. Bau Lager (optimistisch: 10 Jahre, realistisch: 15 Jahre)

Unter der Annahme, dass die dann bereits bestehenden Zugänge (Schächte) zum Felslabor für den Bau des Lagers verwendet werden können, wird zusätzlich mindestens ein weiterer Zugang (Schacht oder Rampe) zu erstellen sein. Dies ist zur Gewährung der betrieblichen Sicherheit im Minimum erforderlich. Für das finnische HAA-Endlager „Onkalo“ wurden drei Schächte (Zu- und Abluft, Personal) sowie eine fast 5 km lange Rampe (für Material) bis auf Endlager-Sohle abgeteuft (455 m unter Terrain)¹¹. Auch der Bau verschiedener Kavernen zur Aufnahme der Betriebszentralen, Werkstätten und Umladestationen für die angelieferten

¹⁰ Le journal de l'Andra, 2011/2012, No. 9

<http://www.andra.fr/download/site-principal/document/editions/371-9.pdf>

¹¹ Onkalo Excavation Situation: http://www.posiva.fi/en/final_disposal/onkalo/onkalo_excavation_situation (Stand: 30.4.2015)



Müllbehälter muss einberechnet werden. Gleichzeitig könnte der Bau für den Zugang zum Pilotlager, einschliesslich der Stollen für dessen Langzeitmonitoring, in Angriff genommen werden. Ebenso könnten die ersten Lagerstollen vorgetrieben werden. Aufgrund dieser Herausforderungen für den Untertagebau müssen die geplanten 10 Jahre Realisierungszeit der Nagra als Wunschdenken bezeichnet werden müssen. Zum Vergleich: der Schacht Gorleben (in einem norddeutschen Salzstock) erforderte allein 8 Jahre, die Erkundungsstollen auf Teufe nochmals 6 Jahre dazu¹². Dieses Beispiel setzt aus Sicht der SES den zeitlichen Mindestmassstab.

8. Nukleare Betriebsbewilligung (optimistisch: 5 Jahre überlappend mit Bau Lager, realistisch: 5 Jahre mit Überlappung 2 Jahre)

Die vollständige Überlappung ist unrealistisch, denn es ist nicht möglich, dass sofort nachdem das Lager fertig gebaut ist bereits die Betriebsbewilligung vorliegt. Die Erfahrungen aus dem Lagerbau müssen in die Beurteilung der weiteren Realisierungsschritte einfließen und deshalb auch für die Betriebsbewilligung ausgewiesen werden (Langzeitstabilität und nukleare Sicherheit). Auch hier könnte der Entscheid vom UVEK Einsprache- und Rekursverfahren (über Bundesverwaltungsgericht bis zum Bundesgericht) auslösen. Die SES geht jedoch davon aus, dass die Annahmen von Nagra und BFE realistisch sind und nicht alle Rechtsmittel ein weiteres Mal ausgeschöpft werden. Der Widerstand sollte weniger gross sein als bei der Baubewilligung, da ja alle Anlagen nun bereits bestehen, bzw. die Region sich wohl bereits an das Los „gewöhnt“ hat.

9. Einlagerungsbetrieb (optimistisch: 15 Jahre, realistisch 15 Jahre)

Die geschätzte Dauer für die Einlagerung sieht die SES als realistisch, allerdings ohne jede Reserve für „Unvorhergesehenes“.

10. Beobachtungsphase etc. (optimistisch: 50 Jahre, realistisch 100 Jahre)

Eine Beobachtungsphase ist im Kernenergiegesetz (KEG) vorgesehen. Das KEG definiert nicht die Länge, sondern schreibt lediglich in Art. 39, Abs. 2 vor, dass der Bundesrat den Verschluss anordnet. Im EKRA-Konzept (Expertengruppe Entsorgungskonzept für radioaktive Abfälle, die das aktuelle Konzept der Tiefenlagerung erarbeitet hat) ist die Dauer der Beobachtungsphase bewusst nicht vorgeschrieben, um den Experten die Möglichkeit zu lassen, die Beobachtungsphase so lange zu gestalten, wie sie es für notwendig erachten. 50 Jahre sind im Vergleich zu den Zeiträumen, während denen radioaktive Abfälle von Mensch und Umwelt ferngehalten werden müssen (1 Million Jahre), zu kurz. Die Finanzierung schon jetzt auf 50 Jahren zu begrenzen, ist fahrlässig und schafft einen unnötigen Sachzwang. Damit die finanziellen Mittel auf jeden Fall ausreichend sind, muss mit 100 Jahren gerechnet werden.

¹² Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2008): Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland: <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/endlagerung-hochradioaktiver-abfaelle-endlagerprojekt-gorleben,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>



Anhang 2: Erläuterungen zu den verschiedenen Projektphasen im SES-Szenario „Pessimistisch“

Im pessimistischen Szenario werden die *Stolpersteine*, die zu Verzögerungen und schlimmstenfalls zum Abbruch des Projekts führen könnten, zu jeder Etappe beschrieben. Das Szenario in der beiliegenden Zeitplangrafik beruht auf der Annahme, dass es beim Bau vom Felslabor zu einem Stopp und zum Neubeginn an einem anderen Standort kommt. Dieser gezwungene Abbruch der Übung könnte aber gleichwohl unter fast jedem anderen Punkt geschehen. Das pessimistische Szenario zeigt Unsicherheiten auf, ohne bei jedem Verfahrenspunkt vom schlimmsten Fall auszugehen.

1. Standortwahl (*optimistisch: 10 Jahre, pessimistisch: 14 Jahre*)

In seiner Entscheidung zu SGT-Etappe 2 kann der Bundesrat, aufgrund der behördlichen Gutachten und Stellungnahmen, den 2x2-Vorschlag der Nagra nur teilweise oder ganz ablehnen. Damit kann die Auflage verbunden sein, ein oder mehrere Standortgebiete zusätzlich zu evaluieren. In der Folge müsste die Nagra ergänzende Standorte geologisch erkunden, d.h. weitere Feldarbeiten wie Seismik und Bohrungen durchführen und auswerten. Erst danach könnte Etappe 2, in zweiter Auflage, zum Abschluss kommen. Dies würde bereits einige Jahre Verzögerung bedeuten.

2. Feldarbeiten (*optimistisch: 5 Jahre, pessimistisch: 9 Jahre*)

Im Bewilligungsverfahren können Einsprachen gegen Bohrprojekte zu Verzögerungen von einigen Jahren führen. Sind dann die Bewilligungen rechtsgültig, ist während den Bohrarbeiten mit weiteren Verzögerungen infolge technischer Probleme (bohrtechnische Pannen, geologisch-geotechnische "Überraschungen") zu rechnen, die sogar zum Abbruch einer Bohrung führen können. Kompilation und Auswertung (=Synthese) der neu gewonnenen Erkenntnisse (3D-Seismik und Bohrungen) können "unerwartet" kritische geologische Strukturen im Untergrund sichtbar werden lassen. Dies kann u.U. zur Folge haben, dass die Eignung von Standortgebieten zumindest in Frage gestellt werden muss.

3. Rahmenbewilligung (*optimistisch: 9 Jahre, pessimistisch: 10 Jahre*)

Das Rahmenbewilligungsgesuch muss, nach einem komplexen Überprüfungs- und Vernehmlassungsmarathon durch zahllose Gremien, im Schlussverfahren noch über drei Hürden und kann grundsätzlich an jeder einzelnen scheitern: Ablehnung im Bundesrat, im Parlament sowie schliesslich durch ein (fakultatives) Referendum. Eine letztinstanzliche Ablehnung wäre für die nukleare Entsorgung gemäss geltender Konzepte fatal.

4. Bau Felslabor (*optimistisch: 6 Jahre, pessimistisch: 20 Jahre*)

Erst in dieser Phase beginnt der kostenintensive „Weg in die Tiefe“. Dazu bedarf es vorgängig noch umfangreicher Detailabklärungen als Grundlage der geotechnischen Prognosen für Zugangsschacht oder -tunnel. Es folgt ein langwieriges Bewilligungsverfahren für den Bau von Schacht, Stollen und Felslabor. Einsprachen durch alle Instanzen können den Bau verzögern. Während dem Schacht- und/oder Tunnel- sowie Stollenvortrieb ist mit geologisch-geotechnischen Problemen (z.B. Wassereintritt) zu rechnen. Jahrelange Verzögerungen infolge verfahrenstechnischer und/oder technischer Hindernisse sind nicht auszuschliessen. Die Grafik (siehe Beilage) geht von der Annahme aus, dass sich hier geologische Differenzen zeigen, die schliesslich den Standort als ungeeignet entlarven. In diesem Fall müsste die Arbeit bei einem Reservestandort wieder von vorne beginnen. Wahrscheinlich würden dann aber einige Schritte danach etwas kürzer dauern (Feldarbeiten, Bau Felslabor), da man von den Erfahrungen aus dem ersten gescheiterten Versuch profitieren könnte. Die Frage stellt sich jedoch, ob nach



Herausstellung der Nichteignung eines Standortes in dieser Phase nicht das ganze Konzept der Tiefenlagerung geändert werden müsste.

5. **Erhebung Daten unter Tage (optimistisch: 20 Jahre, pessimistisch: 25 Jahre)**

Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen den Lagerstandort charakterisieren und darauf basierend seine Eignung vor Ort abschliessend bestätigen; es ist aber nicht im vornherein auszuschliessen, dass diese Eignung aufgrund der erhobenen Daten in Frage gestellt wird. Im Rahmen dieser Untersuchungen sind auch eine Reihe von entscheidenden Demonstrations-Experimenten im Massstab 1:1 durchzuführen: a) *Einlagerung*, b) *Rückholung*, c) *Versiegelungsbauwerk*. Wie das FE-Experiment im Felslabor Mont Terri gegenwärtig zeigt, sind solche „full scale“-Experimente sehr aufwendig, zeitintensiv und nicht *a priori* erfolgversprechend. Mit mehrjährigen Verzögerungen bis zu einem überzeugenden Ergebnis ist zu rechnen.

6. **Nukleare Baubewilligung (optimistisch: 5 Jahre mit Überlappung von 10 Jahren, pessimistisch: 8 Jahre mit zwei Jahren Überlappung)**

Die projektrelevanten Folgerungen aus den vorstehend genannten Experimenten sind fundamentale Grundlagen des Bewilligungsgesuchs für den Lagerbau. Je überzeugender diese Demonstrationen ausfallen, umso besser hält das Gesuch der technischen Überprüfung stand. Die erteilte Baubewilligung (UVEK) kann vor Bundesverwaltungsgericht und vor dem Bundesgericht angefochten werden, was wiederum ein langwieriges Rekursverfahren nach sich ziehen kann.

7. **Bau Lager (optimistisch: 10 Jahre, pessimistisch: 15 Jahre)**

Trotz begründeter Modellstudien zur Machbarkeit verlaufen stollenbautechnische Arbeiten unter Tag in der Regel nicht überraschungsfrei. Viele bergbautechnische Probleme können zwar gemeistert werden, doch sie verzögern den Schacht- und Stollenvortrieb unter Umständen erheblich. Mechanische Auflockerung des Wirtgesteins infolge Ausbrucharbeiten und Massnahmen zur Stabilisierung der Hohlräume (Stahleinbau, Felsanker, Beton) können jedoch negative Auswirkungen auf die Integrität des Wirtgesteins, mithin auf seine Einschlusswirksamkeit haben. In jedem Fall wird daher eine periodische Überprüfung der Langzeit-Sicherheitsanalysen erforderlich sein.

8. **Nukleare Betriebsbewilligung (optimistisch: 5 Jahre überlappend mit Bau Lager, pessimistisch: 6 Jahre mit 2 Jahren Überlappung)**

Die projektrelevanten Folgerungen aus vorstehend genannter Überprüfung der Langzeitsicherheit sind grundlegende Elemente des Bewilligungsgesuchs für den Einlagerungsbetrieb. Je robuster die Analyse der Langzeitsicherheit („safety case“) ausfällt, umso besser hält das Gesuch der technischen Überprüfung stand. Die erteilte Betriebsbewilligung (UVEK) kann vor Bundesverwaltungsgericht und vor dem Bundesgericht angefochten werden, was wiederum ein langwieriges Rekursverfahren nach sich ziehen kann.

9. **Einlagerungsbetrieb (optimistisch: 15 Jahre, pessimistisch: 20 Jahre)**

Bereits bei der Einlagerung der HAA-Behälter im Pilotlager wird sich erweisen, wie weit sich die komplexe, strahlenschutzbedingt fernbediente Roboter-Maschinerie in der rauen bergbautechnischen Wirklichkeit bewährt – oder eben nicht. Weitere Verzögerungen sind durch die (unter Tage meist unvermeidlichen) geotechnischen Schwierigkeiten beim sukzessiven Vortrieb der Lagerstollen (Gebirgsausbrüche) zu erwarten.

Anhang 3: Erfahrungswerte von Kosten bei ähnlichen Projekten

Die Abschätzung von Kosten für die Atommüllentsorgung ist mit vielen Unsicherheiten verknüpft, da bei diesem Projekt völliges Neuland betreten wird (auf der ganzen Welt ist noch kein HAA-Atommülllager in Betrieb) und es um sehr lange Zeiträume geht. Bent Flyvbjerg, Professor für Planung an der Universität Oxford, hat Budgetüberschreitungen bei Grossprojekten weltweit untersucht: In der Regel treten diese bei 9 von 10 Projekten auf¹³. Das Beispiel von der NEAT deutet darauf hin, dass auch Grossprojekte in der Schweiz mit Kostenüberschreitungen zu kämpfen haben. Die Abbildung 1 zeigt die zusätzlichen Kosten, die sich auf 6 Milliarden CHF kumulieren¹⁴.

NEAT: Änderungen und deren Ursachen inkl. Risikoanteil BAV

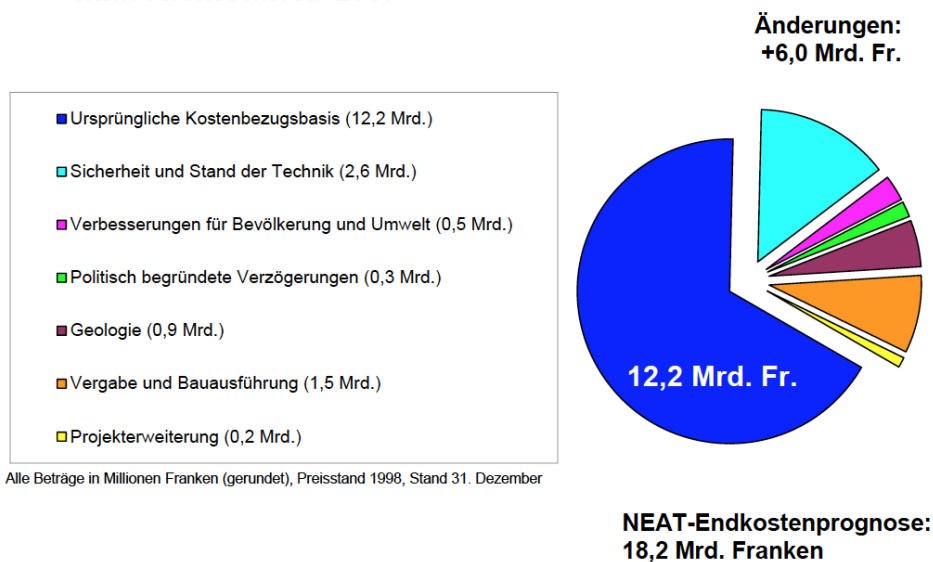


Abbildung 1: NEAT Änderung Kosten (Stand: 31.12.2014)

¹³ Flyvbjerg Bent: Policy and planning for large-infrastructure projects: problems, causes, cures. In Environment and Planning B: Planning and Design, Volume 34, p. 578-597.

¹⁴ NEAT: Änderungen und deren Ursachen inkl. Risikoanteil BAV, BFE 2014, Kostenänderungen II / 2014: <http://www.bav.admin.ch/alptransit/01370/01372/index.html?lang=de>



Anhang 4: Erläuterung zur Abschätzung der Mehrkosten

Dass eine Verzögerung von 35 Jahren relevante Mehrkosten zur Folge hätte, zeigt nur schon eine Abschätzung aufgrund von zwei bekannten Zahlen:

Das Zwischenlager in Würenlingen (Zwilag, jährliche Kosten von 40 Millionen Franken¹⁵) und die weiteren Nasslager bei den AKW müssten länger betrieben werden. Die Nagra kostet zur Zeit pro Jahr rund 60 Millionen Franken¹⁶. Bei der realistischen Annahme einer Verzögerung von 35 Jahren kumulieren sich somit bereits ausserplanmässige Kosten von 3.5 Milliarden CHF. Bei ab 2011 noch zu bezahlenden Atommülllagerungskosten von 11.5 Milliarden CHF¹⁷ ist dies ein Anstieg von ca. 30 %.

Ausserdem muss damit gerechnet werden, dass die Langzeitbeobachtung von 50 Jahren nicht ausreicht. Die Dauer der Beobachtungsphase ist gesetzlich nicht festgelegt und im Vergleich zu den Zeiträumen, während denen radioaktive Abfälle gefährlich strahlen (1 Million Jahre), ist eine Annahme von 100 Jahren realistisch. Dies würde aber weitere Kosten von 1 Milliarde CHF für die Beobachtung des HAA-Lagers¹⁷ bedeuten.

Somit zeigt diese kurze Abschätzung, dass eine Zeitplanverzögerung der HAA-Tiefenlagerung von 35 Jahren Mehrkosten von mindestens 4.5 Milliarden CHF bzw. einen Anstieg von rund 40 % der Entsorgungskosten bedeuten könnte. Dabei sind Kosten für Verzögerungen beim SMA-Lager, zusätzliche Ausgaben für Sicherheitsverbesserungen, Ergänzungsbauten, technische Probleme etc. nicht einberechnet. Weitere Experten, welche die gesamten Back-End-Kosten von Atommüll abschätzen, gehen davon aus, dass insgesamt mit 100 Milliarden CHF gerechnet werden muss¹⁸.

¹⁵ Zwilag: Geschäftsbericht 2013: <http://www.zwilag.ch/upload/cms/user/GB2013.pdf> S. 25

¹⁶ Geschäftsberichte Nagra 2013, 2012 und 2011: <http://www.nagra.ch/de/downloadcenter.htm>

¹⁷ Kostenstudie 2011 (KS11), Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke, S.31

¹⁸ Blog von Markus Buser und Walter Wildi: <http://www.nuclearwaste.info/kosten-albtraum/>



Anhang 5: Abkürzungsverzeichnis

BFE	Bundesamt für Energie
EGT	Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung
EKRA	Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
HAA	Hochaktive Abfälle
KEG	Kernenergiegesetz
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NEAT	Neue Eisenbahn-Alpentransversale
RBG	Rahmenbewilligungsgesuch
SGT	Sachplan Geologische Tiefenlager
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
Zwilag	Zwischenlager Würenlingen