

Informationsreise des Nuklearforums Schweiz nach Schweden und Finnland, 14.–16. August 2014

Medienrohstoff Schweden

Inhalt

Energie- und Stromversorgung in Schweden	2
Kernenergie in Schweden	3
Entsorgung (Schweden und Schweiz)	7
Zwischenlager (Schweden und Schweiz)	13
Kanisterlabor und Verkapselungsanlage (Schweden)	15
Felslabor (Schweden und Schweiz)	15
Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (Schweden und Schweiz)	17
Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle und ausgedienten Kernbrennstoff (Schweden und Schweiz)	19
Vergleichstabelle Schweiz – Schweden	21

Zwischenlager für ausgedienten Kernbrennstoff in Oskarshamn (Bild: SKB)



Thema: Energie- und Stromversorgung in Schweden

Im Vergleich zu den meisten westlichen Ländern hat Schweden einen sehr hohen Energiekonsum. Die Gründe dafür liegen in der energieintensiven Struktur der schwedischen Industrie, dem hohem Lebensstandard, dem kalten Klima und den grossen Distanzen.

Für die Energieversorgung des Landes spielt die Elektrizität eine zentrale Rolle. Im Jahr 2013 lag der Stromverbrauch der rund 9,7 Mio. Einwohner bei 139 Terawattstunden (Schweiz: 63,8 Terawattstunden bei 8,1 Mio. Einwohnern). Damit ist der Pro-Kopf-Stromverbrauch Schwedens fast doppelt so hoch wie in der Schweiz. Allerdings ist in der Schweiz, in der es nur wenig energieintensive Industrien gibt, der Anteil an importierter «grauer» Energie in Gütern und Dienstleistungen sehr hoch. Das Paul Scherrer Institut (PSI) schätzt diesen Anteil auf die Grössenordnung von über 80 %. Dieser «graue» Energieverbrauch der Schweizer Bevölkerung erscheint nicht in der nationalen Energiestatistik.

In den 1980er-Jahren reduzierte Schweden den Erdölverbrauch drastisch um fast die Hälfte. Insbesondere bei der Raumheizung wurde Erdöl durch Elektrizität und in jüngster Zeit auch durch Wärme-Kraft-Koppelung mit Biomasse ersetzt. Die fossilen Energieträger decken heute nur noch rund 35% des gesamten schwedischen Energieverbrauchs (Schweiz: fast 70%).

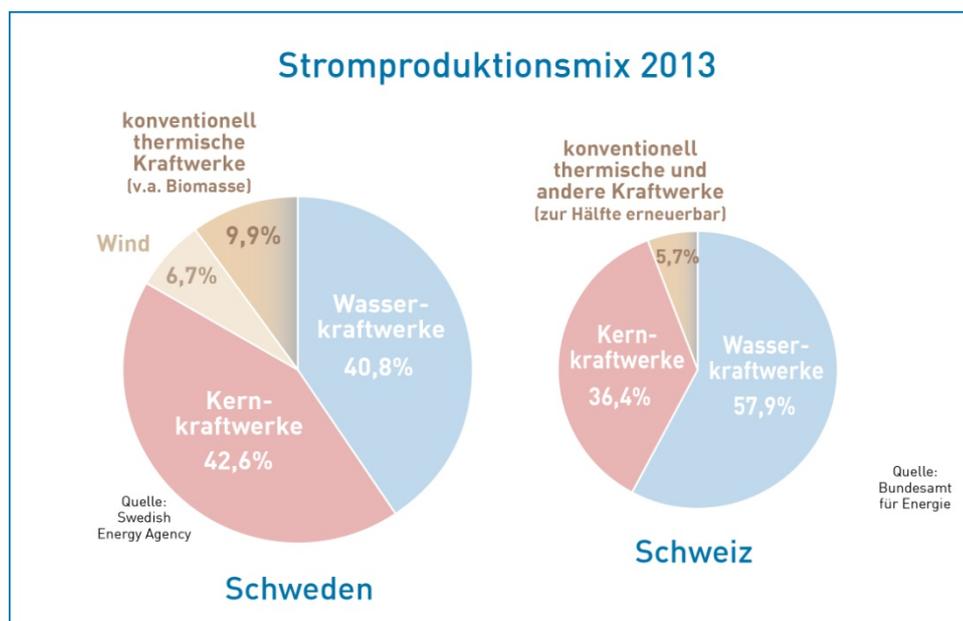
Wie in der Schweiz ist auch der schwedische Stromproduktionsmix CO₂-arm. Je nach Wasserführung der Flüsse stammen 40–50% des Stroms aus Wasserkraftwerken und 40–45% aus Kernkraftwerken. 6,7% werden aus Windkraft erzeugt und der Rest aus konventionellen Wärmekraftwerken, die meist mit Biomasse (Holz) befeuert werden (siehe Grafik).

In den vergangenen zehn Jahren verzeichnete Schweden auf Jahresbasis sowohl Stromimport- wie Exportüberschüsse, entsprechend den Schwankungen der Produktion der Wasserkraftwerke.

Informationen zur Energieversorgung in Schweden unter:

www.energimyndigheten.se

(Swedish Energy Agency, englische Fassung verfügbar)



Thema: Kernenergie in Schweden

Schweden ist früh in die Nukleartechnik eingestiegen. Der erste Versuchsreaktor des Landes nahm 1954 den Betrieb auf. Das erste grosse kommerzielle Kernkraftwerk, Oskarshamn-1 (ein Siedewasserreaktor der schwedischen Asea), ging 1971 ans Netz, etwa gleichzeitig wie die dienstältesten Schweizer Kernkraftwerke Beznau-1 (1969), Mühleberg (1971) und Beznau-2 (1971).

Die 1970er- und 1980er-Jahre sahen einen starken Ausbau der Kernenergie (siehe Karte):

- In Ringhals nahmen ein Siedewasserreaktor von Asea (1974) und drei amerikanische Druckwasserreaktoren von Westinghouse (1974, 1980, 1982) den Betrieb auf.
- In Barsebäck wurden zwei Siedewasserreaktoren von Asea gebaut (Betriebsaufnahme 1975 und 1977).
- In Oskarshamn wurden zwei weitere Siedewasserreaktoren von Asea erstellt und 1974 und 1985 in Betrieb genommen.
- In Forsmark gingen 1980, 1981 und 1985 drei Siedewasserreaktoren von Asea ans Netz.

Ende 1990 verfügte Schweden über zwölf Kernkraftwerksblöcke an vier Standorten mit einer Gesamtleistung von 9455 Megawatt (Schweiz 1990: fünf Kernkraftwerke an vier Standorten mit total 2930 Megawatt).



Übersichtskarte der Kernkraftwerke in Skandinavien und in den angrenzenden Gebieten.



Das Kernkraftwerk Ringhals an Schwedens Westküste südlich von Göteborg. Die Anlage umfasst einen Siedewasserreaktor (kastenförmiges Reaktorgebäude mit dem Kamin) und drei Druckwasserreaktoren. (Bild: Vattenfall)

Das Referendum von 1980

Die schwedische Kernenergiepolitik ist stark von den wechselnden Regierungskoalitionen geprägt. Als Folge des Unfalls im amerikanischen Kernkraftwerk Three-Mile-Island (28. März 1979) wurde am **23. März 1980** in Schweden ein (für die Regierung unverbindliches) Referendum über die Zukunft der Kernenergie durchgeführt. Die Schwedinnen und Schweden hatten die Möglichkeit, zwischen drei «Linien» (Optionen) zu wählen:

- Linie 1 (unterstützt von den Konservativen und der Industrie) empfahl, die sechs damals im Bau befindlichen Kernkraftwerke fertigzustellen, sie zu den sechs bereits in Betrieb stehenden hinzuzufügen und parallel dazu neue Energiequellen zu entwickeln. Nach Ablauf der nutzbaren Lebensdauer wären alle Kernkraftwerke ersatzlos stillzulegen.
- Linie 2 (unterstützt von den Sozialdemokraten und den Liberalen) zielte in die Richtung der Linie 1, umschrieb die Massnahmen aber spezifischer – so wurde die Nutzungsdauer der Kernkraftwerke mit etwa 25 Jahren angegeben und die vollständige Verstaatlichung des Stromsektors empfohlen.
- Linie 3 (unterstützt von der Zentrumsparterie und den Kommunisten) verlangte den Baustopp für die sechs im Bau befindlichen Blöcke und die Stilllegung der sechs in Betrieb stehenden Anlagen innert zehn Jahren.

Bei einer hohen Stimmbeteiligung von fast 75% entschieden sich 58% der Schwedinnen und Schweden für die Linien 1 oder 2 (mit einer deutlichen Mehrheit für die Linie 2). 39% wählten die Linie 3 und rund 3% legten leer ein. Als Folge dieser deutlichen Mehrheit für die weitere Nutzung der Kernenergie wurden die im Bau stehenden Blöcke fertiggebaut und in Betrieb genommen.

Der Reichstag – das schwedische Parlament – beschloss, die Nutzung der Kernenergie bis 2010 zu beenden. Mitbeschlossen wurde, dass bis dahin neue Energiequellen verfügbar gemacht werden sollen.

Stilllegung von zwei Blöcken aus politischen Gründen

Nach dem schweren Unfall am 26. April 1986 im sowjetischen Kernkraftwerk Tschernobyl verschärften sich die Debatten innerhalb der Parteien. **1988** stimmte der Reichstag einem Antrag der Regierung zu, in den Jahren 1995/96 je einen Reaktor in Barsebäck und Ringhals abzuschalten. Dadurch dürfe aber der CO₂-Ausstoss Schwedens nicht zunehmen.

1991 hob der Reichstag den Beschluss von 1988 wieder auf, da keine wirtschaftlich und umweltpolitisch tragbaren Alternativen in Sicht waren. Der Beschluss zum vollständigen Ausstieg bis 2010 blieb jedoch bestehen.

1997 beschloss der Reichstag, den Block Barsebäck-1 bis 1998 und den Block Barsebäck-2 bis 2001 stillzulegen. Beide Kraftwerke verfügten über eine Leistung von je 600 Megawatt. Die Wahl fiel auf Barsebäck, weil diese Anlage zum Symbol der Kernenergiegegner in Schweden und Dänemark geworden war. Das fixe Datum für den Ausstieg bis 2010 wurde aufgehoben.

Ende November **1999** wurde der Block Barsebäck-1 aus innenpolitischen Gründen und als Konzession an das benachbarte Dänemark vorzeitig stillgelegt. Gemäss den damaligen Meinungsumfragen befürworteten jedoch rund 80% der Schwedinnen und Schweden den Weiterbetrieb aller zwölf Kernkraftwerke. Auch die Wirtschaft und die Gewerkschaften waren gegen ein vorzeitiges Abschalten. Die Kernkraftwerksbetreiber wurden vom Staat mit umgerechnet insgesamt rund 1,1 Milliarden Franken entschädigt.

Ende Mai **2005** wurde auch Barsebäck-2 endgültig abgestellt. Die schwedische Regierung hatte dies im Oktober 2004 angeordnet. Gegen diesen Entschied wurden verschiedene Beschwerden eingereicht – so unter anderem von der Standortgemeinde, die vorbrachte, der Entscheid verletze sowohl Schwedens Umwelt- und Industrierecht als auch europäisches Recht. Das zuständige Gericht wies jedoch alle Klagen ab. Die Entschädigungen des Staats an die Betreiber beliefen sich diesmal auf umgerechnet rund 900 Mio. Franken. Auch in diesem Fall zeigten Meinungsumfragen, dass über 80% der Bevölkerung für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks waren.

Aufhebung des Bauverbots

Am **5. Februar 2009** erklärte die derzeit regierende Mitte-Rechts-Koalition, dass sie das seit fast 30 Jahren geltende Bauverbot für neue Kernkraftwerke aufheben will. Demnach sollen an den bestehenden drei Standorten neue Kernkraftwerke als Ersatz der heutigen Anlagen gebaut werden dürfen, wobei ihre Gesamtzahl auf zehn begrenzt bleibt. Die Leistungsklasse dürfen die Stromversorger jedoch selbst bestimmen. Vorausgegangen war eine Haltungsänderung der antinuklearen Zentrumspartei, die in diesen Kompromiss eingewilligt hatte.

Am 17. Juni 2010 genehmigte der Reichstag ein entsprechendes Gesetz knapp mit 174 zu 172 Stimmen.

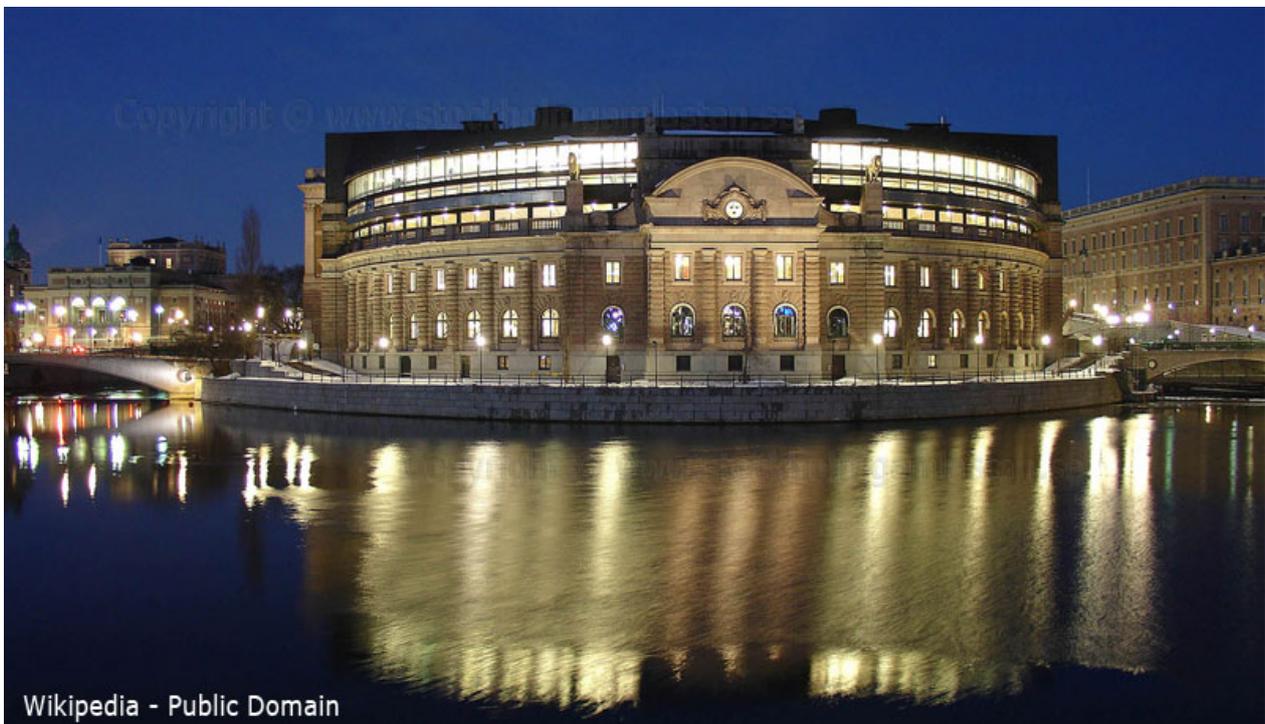
Der Reaktorunfall in Fukushima im März 2011 hat zu einer Abkühlung der Kernenergieunterstützung in der Bevölkerung geführt. Gemäss einer Umfrage im Mai 2014 möchten 32% (Oktober 2013: 35%) der Befragten die bestehenden Anlagen ersetzen, 66% (68%) die bestehenden Anlagen weiter betreiben und 24% (22%) aus der Kernenergie aussteigen. Im Juni 2010 hatten 72% der Befragten dem Ausstieg aus dem Ausstieg zugestimmt.

Heute stehen in Schweden nach einer Reihe von Modernisierungen und teil markanten Leistungssteigerungen zehn Kernkraftwerke an drei Standorten mit einer Gesamtleistung von 9474 Megawatt in Betrieb (Schweiz: fünf Kernkraftwerke an vier Standorten mit insgesamt 3308 Megawatt). Dank der Leistungssteigerungen liefert der heutige schwedische Kernkraftwerkspark im mehrjährigen Mittel fast gleich viel Strom wie vor der Abschaltung der beiden Anlagen in Barsebäck.

Am **16. Januar 2014** hat Vattenfall – die Betreiberin der KKW in Ringhals und Forsmark – die öffentliche Konsultation für den Neubau von zwei Kernkraftwerkseinheiten als Ersatz für zwei bestehende Blöcke begonnen. Der Entscheid für Neubauten soll 2020 fallen.

Wahlen 2014

Im September 2014 wird der schwedische Reichstag neu gewählt. Das Wahlergebnis hat möglicherweise Auswirkungen auf die gegenwärtige Nuklearpolitik. So hat beispielsweise die Grüne Partei die Forderung aufgestellt, dass in den kommenden vier Jahren zwei bis drei Kernkraftwerke vorzeitig stillgelegt werden sollen.



Wikipedia - Public Domain

Wechselhafte Entscheide zur Energiepolitik: Der schwedische Reichstag in Stockholm.

Thema: Entsorgung (Schweden und Schweiz)

Radioaktive Abfälle entstehen vielerorts: vorab in den Kernkraftwerken, aber auch – zu einem kleineren Teil – bei der Anwendung radioaktiver Stoffe in Medizin (z.B. in der Strahlentherapie), Industrie (z.B. bei Leuchtziffern und Rauchmeldern) und Forschung. Die Abfälle haben sehr unterschiedliche Eigenschaften bezüglich Radioaktivität und Halbwertszeit und damit auch ungleiche Gefahrenpotenziale.

Mit der Inbetriebnahme des ersten Kernkraftwerks in Schweden im Jahr 1971 (siehe Thema «Kernenergie in Schweden») übertrug der schwedische Staat die Verantwortung für die Entsorgung der nuklearen Abfälle an die Nuklearindustrie. 1972 gründeten die Kernkraftwerksbetreiber die Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB, die schwedische Kernbrennstoff-Entsorgungsgesellschaft). Die SKB untersteht der Aufsicht der schwedischen Nuklearsicherheits- und Strahlenschutzbehörden. Wie die Nagra in der Schweiz entsorgt die SKB auch die radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung.

Das schwedische Entsorgungskonzept sieht die geologische Tiefenlagerung aller Arten von radioaktiven Abfällen vor. Finanziert wird die Entsorgung der radioaktiven Abfälle aus den Kernkraftwerken nach dem Verursacherprinzip über eine Gebühr auf dem nuklear erzeugten Strom. Rückstellungen der Betreiber in einen vom Staat verwalteten Fonds stellen die Deckung der Stilllegungskosten auch nach Ende des Kraftwerksbetriebs sicher.

In Schweden werden die Kernbrennstoffe direkt der Entsorgung zugeführt. Auf das Rezyklieren in Wiederaufarbeitungsanlagen wird fast vollständig verzichtet.

Schritt um Schritt zum Ziel

Die Meilensteine in der schwedischen nuklearen Entsorgung:

- 1977–1985: Testbohrungen an rund zehn Standorten.
- 1976–1979: Standortauswahlverfahren für ein Zwischenlager für ausgedienten Kernbrennstoff.
- 1980–1983: Standortauswahlverfahren für ein geologisches Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle.
- 1982: Inbetriebnahme des ersten speziell für den Transport von radioaktiven Stoffen gebauten Schiffes (alle schwedischen Kernkraftwerke liegen am Meer, ebenso wie das Zwischenlager Clab und das Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle SFR).
- 1985: Inbetriebnahme des unterirdischen zentralen Zwischenlagers für ausgedienten Kernbrennstoff (Interim Storage Facility, Clab) in der Nähe des Kernkraftwerks Oskarshamn (siehe Thema «Zwischenlager»).
- 1986–1989: Standortauswahlverfahren für ein Labor für Felsuntersuchungen für ein geologisches Tiefenlager für hochradioaktiven ausgedienten Kernbrennstoff.



- 1988: Inbetriebnahme des geologischen Tiefenlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (Final repository for short-lived radioactive waste, SFR) in der Nähe des Kernkraftwerks Forsmark (siehe Thema «Geologische Tiefenlager»).
- 1993–1997: Machbarkeitsstudien für ein Tiefenlager für hochradioaktiven Kernbrennstoff im Norden Schwedens. 1995 und 1997 spricht sich dort die lokale Bevölkerung in Referenden mehrheitlich gegen Tiefenlager in ihrer Region aus.
- 1995: Einweihung des Felslabors Äspö (Äspö Hard Rock Laboratory) in der Nähe des Kernkraftwerks Oskarshamn (siehe Thema «Felslabor»).
- 1993–2000: Machbarkeitsstudien für ein Tiefenlager für hochradioaktiven Kernbrennstoff im südlichen Teil Schwedens.
- 1998: Inbetriebnahme des «Canister Laboratory» in Oskarshamn, wo die Lagerbehälter für den Langzeiteinschluss des ausgedienten Kernbrennstoffs entwickelt werden.
- 2002: Beginn der Standortuntersuchungen für ein Tiefenlager für ausgedienten Kernbrennstoff in den Gemeinden Östhammar (Forsmark) und Oskarshamn. In beiden Gemeinden steht die Mehrheit der Bevölkerung dem Bau eines Tiefenlagers grundsätzlich positiv gegenüber.
- 2006: Gesuchseingabe für den Bau einer Verpackungsanlage für ausgedienten Kernbrennstoff neben dem Zwischenlager Clab.
- 2009: Die SKB entscheidet sich für den Standort Forsmark für das geologische Tiefenlager für ausgedienten Kernbrennstoff aufgrund der geologischen Eignung.
- 2011: Die SKB reicht ihr Gesuch für das Tiefenlager für ausgedienten Kernbrennstoff bei der dafür zuständigen schwedischen Strahlenschutzbehörde ein.
- Mai 2014: Beginn der öffentlichen Anhörung im Rahmen der Prüfung des Gesuchs, die bis Ende Oktober 2014 dauern wird.

Den endgültigen Standortentscheid wird die schwedische Regierung fällen. Vorgesehen ist, das Tiefenlager im Jahr 2029 in Betrieb zu nehmen.



M/S «Sigrid», das neue, im Februar 2014 in Betrieb genommene Transportschiff der SKB für radioaktive Stoffe. (Bild: SKB)

Informationen zur Entsorgung in Schweden unter: www.skb.se (Link auf englische Seiten)

Entsorgung in der Schweiz

Wenig beachtet von der breiten Öffentlichkeit wurden wichtige Aufgaben der Entsorgung bereits gelöst: Die Inventarisierung und Charakterisierung der radioaktiven Abfälle sowie die Verarbeitung in eine endlagergerechte Form und ihre Zwischenlagerung sind heute in der Schweiz betriebliche Routine.

Gemäss dem Kernenergiegesetz müssen in der Schweiz alle Arten von radioaktiven Abfällen unterirdisch eingelagert und damit aus dem Lebensraum von Mensch, Tier und Pflanzen entfernt werden.

Zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle sind zwei geologische Tiefenlager geplant: eines für die hochradioaktiven Abfälle und den ausgedienten Kernbrennstoff, und ein zweites für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle. Die beiden Tiefenlager können sich am gleichen Standort nebeneinander oder an zwei verschiedenen Standorten befinden.

Das Kernenergiegesetz des Bundes verlangt, dass die geologischen Tiefenlager so gebaut werden, dass die radioaktiven Abfälle kontrollierbar bleiben und nötigenfalls vor dem Verschluss der Anlagen ohne grossen Aufwand zurückgeholt werden können. Nach der Einlagerung der Abfälle werden die Tiefenlager daher während längerer Zeit unter Tage überwacht und der dauerhafte Schutz von Mensch und Umwelt kontrolliert. Anschliessend ordnet der Bundesrat die endgültigen Verschlussarbeiten an. Nach dem ordnungsgemässen Verschluss kann der Bundesrat eine weitere, befristete Überwachung anordnen. Die Abfälle bleiben auch nach dem Verschluss rückholbar – allerdings mit grösserem Aufwand.

Bewilligungsverfahren für Kernanlagen in der Schweiz

Bevor in der Schweiz eine neue Kernanlage wie zum Beispiel ein Zwischen- oder Tiefenlager in Betrieb genommen werden darf, sind gemäss dem geltenden Kernenergiegesetz, das am 1. Februar 2005 in Kraft getreten ist, auf Bundesebene drei Bewilligungsverfahren zu durchlaufen. Nötig sind nacheinander eine Rahmenbewilligung, eine Baubewilligung und eine Betriebsbewilligung.

– Mit der **Rahmenbewilligung** werden die grundsätzlichen politischen Fragen entschieden. Insbesondere wird festgestellt, ob der politische Wille für den Bau der Anlage vorhanden ist. Dazu reicht der Antragsteller das Gesuch beim Bundesamt für Energie (BFE) ein. Dieses bestellt die nötigen Fachgutachten. Liegen die Gutachten vor, fordert das BFE die Kantone und die Fachstellen des Bundes auf, innerhalb von drei Monaten zum Gesuch und den Gutachten Stellung zu nehmen.

Während der anschliessenden ebenfalls drei Monate dauernden öffentlichen Auflage des Gesuchs und der Stellungnahmen der Kantone und der Fachstellen des Bundes ist jedermann berechtigt, Einwendungen zu erheben. Anschliessend werden die Stellungnahmen zu den Einwendungen eingeholt, und das Gesuch wird dem Bundesrat zum Entscheid vorgelegt. Bei der Vorbereitung des Rahmenbewilligungsentscheids beteiligt der Bund die Standortkantone und die in unmittelbarer Nähe zum vorgesehenen Standort liegenden Nachbarkantone und Nachbarländer.

Über den Bundesratsentscheid befindet anschliessend das Parlament. Eine vom Parlament genehmigte Rahmenbewilligung untersteht dem fakultativen Referendum. Kommt es zustande, fällt der definitive Entscheid in einer eidgenössischen Volksabstimmung.

– Im **Baubewilligungsverfahren** werden sämtliche notwendigen Bewilligungen auf Bundesebene gebündelt. Einsprache können hier nur berechtigte Parteien erheben. Die Baubewilligung erteilt das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (Uvek). Gegen dessen Entscheid besteht eine zweistufige Rekursmöglichkeit: an das Bundesverwaltungsgericht und an das Bundesgericht.

- Das Verfahren zum Erlangen der **Betriebsbewilligung** ist ähnlich wie jenes bei der Baubewilligung. Auch hier besteht eine zweistufige Rekursmöglichkeit an das Bundesverwaltungsgericht und an das Bundesgericht.

Entsorgungsnachweis

Das am 1. Februar 2005 in Kraft getretene Kernenergiegesetz des Bundes verlangt für den Bau und den Betrieb von Kernkraftwerken den Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle. Dieser Entsorgungsnachweis muss die grundsätzliche Machbarkeit der Entsorgung in der Schweiz aufzeigen.

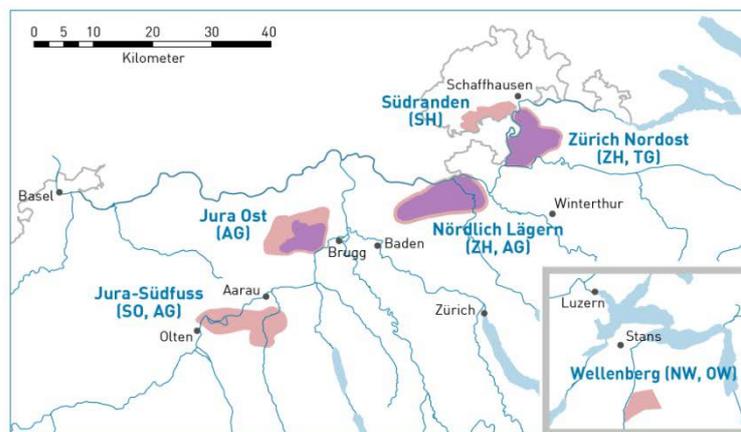
1988 entschied der Bundesrat, dass die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) den Entsorgungsnachweis für schwach- und mittelradioaktive Abfälle am Beispiel des Oberbauenstocks im Kanton Uri erbracht hat. Am 28. Juni 2006 genehmigte der Bundesrat auch den Entsorgungsnachweis für ausgediente Brennelemente und hochradioaktive Abfälle, basierend auf dem Projekt Opalinuston im Zürcher Weinland. Damit ist der vom Kernenergiegesetz geforderte Nachweis erbracht, dass in der Schweiz sichere geologische Tiefenlager für alle Abfalltypen gebaut werden können

Opalinuston

Die systematische Evaluation geeigneter Sedimentgesteine durch die Nagra in enger Begleitung durch die Sicherheitsbehörden des Bundes führte 1994 zur Wahl des Opalinustons als prioritär geeignete geologische Formation für ein Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle. Beim Opalinuston handelt es sich um ein Tongestein, das in der Jurazeit vor rund 175 Millionen Jahren gleichförmig als feiner Schlamm im flachen Bereich eines Meeres abgelagert wurde. Im Lauf der Erdgeschichte verfestigte sich der Schlamm zu einer Tonschicht, die heute im Untergrund als hartes Gestein vorliegt. Das Wasser in den feinen Poren des Opalinustons enthält aber noch immer Anteile von Meerwasser, das viele Millionen Jahre alt ist.

Der Opalinuston zeigt zudem für ein Tiefenlager günstige geochemische und felsmechanische Eigenschaften, ist für Wasser kaum durchlässig und liegt an verschiedenen Stellen in der Nordschweiz in der günstigen Tiefe von 400 bis 900 Metern. Alle diese Faktoren bieten einen optimalen Schutz gegen denkbare Störeinflüsse über eine sehr lange Zeit.

-  Standortgebiete für hochradioaktive Abfälle und ausgediente Brennelemente
-  Standortgebiete für schwach- und mittelradioaktive Abfälle
-  Geeignet für beide Abfallkategorien



Quelle: Nagra, 2011

Die vom Bundesrat am 30. November 2011 festgelegten Standortgebiete für geologische Tiefenlager



Das Sachplanverfahren erfolgt unter Führung des Bundes.

Quelle: Bundesamt für Energie, 2007

Sachplan für Standortwahl

Zum Festlegen der Lagerstandorte führt der Bund ein sogenanntes Sachplanverfahren durch. Der «Sachplan geologische Tiefenlager» ist unter Einbezug von Bundesbehörden, Kantonen, Nachbarstaaten, Organisationen, Parteien und Fokusgruppen aus der Bevölkerung erarbeitet worden. Zentrale Punkte des Sachplans sind:

- Der Bund übernimmt bei der Festlegung der Standorte die Führungsrolle. Damit das Verfahren zügig und termingerecht umgesetzt werden kann, hat der Bundesrat dem Bundesamt für Energie vier zusätzliche Vollzeitstellen bewilligt.
- Oberste Priorität bei der Wahl der Standorte hat die langfristige Sicherheit von Mensch und Umwelt. Die Auswirkungen an der Oberfläche – die sozioökonomischen und raumplanerischen Aspekte – werden ebenfalls berücksichtigt.
- Die gewählten Standorte müssen so beschaffen sein, dass eine spätere Kapazitätserweiterung der Tiefenlager möglich ist, falls in der Schweiz neue Kernkraftwerke gebaut werden.
- Die Kosten werden von den Verursachern getragen.

Umsetzung in Etappen

In seinem **ersten Teil** (Konzeptteil) legt der Sachplan die Verfahrensweisen und Kriterien für die Auswahl der Standorte für Tiefenlager fest. Ziel ist, die verschiedenen Auswahlsschritte bis zur Festlegung eines Standorts für alle transparent zu gestalten und die Zusammenarbeit mit den betroffenen Kantonen und Gemeinden wie auch die Mitwirkung weiterer interessierter Kreise sicherzustellen. Der Konzeptteil wurde vom Bundesrat am 2. April 2008 genehmigt.

Im **zweiten Teil** des Sachplanverfahrens hat die Nagra in einer **ersten Etappe** die geeigneten Standortgebiete aufgrund der Geologie vorgeschlagen. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (Ensi) und weitere Aufsichtsgremien haben diesen Standortgebieten nach deren Überprüfung hinsichtlich ihrer Sicherheit und bautechnischen Machbarkeit zugestimmt. Am 30. November 2011 hat der Bundesrat entschieden, die Gebiete definitiv in das Sachplanverfahren aufzunehmen (siehe Karte auf Seite 10).

In der **zweiten Etappe** haben die Standortregionen die Möglichkeit, bei der Konkretisierung der Lagerprojekte sowie den Untersuchungen der sozioökonomischen und raumplanerischen Auswirkungen mitzuarbeiten. Der Partizipationsprozess zum Bezeichnen der möglichen **Oberflächenstandorte** konnte Anfang 2014 für alle Standortregionen abgeschlossen werden. Als nächstes wird die Nagra – nach dem sicherheitstechnischen Vergleich der bezeichneten Oberflächenstandorte – ihre Vorschläge für je zwei Standorte pro Abfallkategorie beim Bund einreichen.

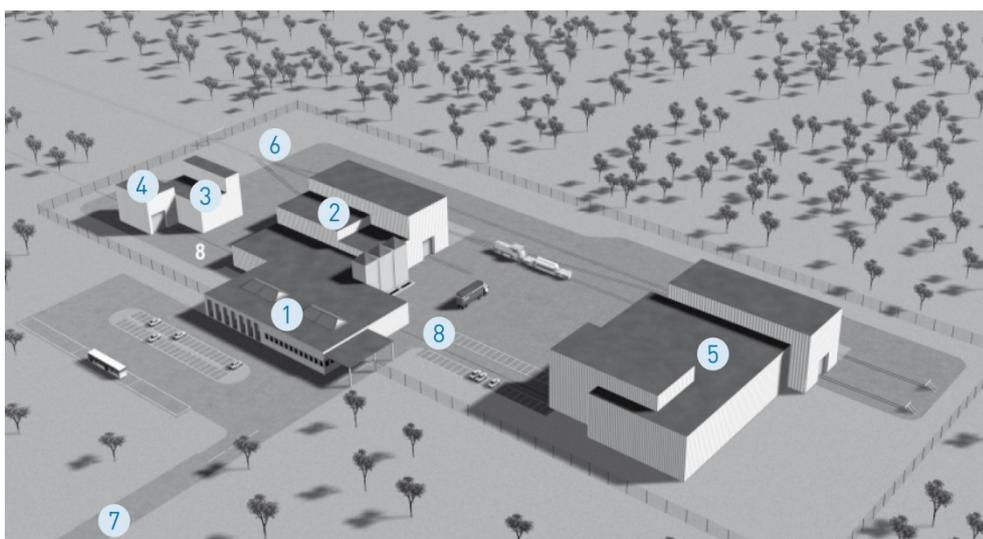
In der **dritten Etappe** werden diese Standorte vertieft untersucht. Um einen gleichwertigen sicherheitstechnischen Kenntnisstand zu erhalten, sind gemäss dem Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (Uvek) erdwissenschaftliche Untersuchungen – inklusive Sondierbohrungen – nötig.

Am Ende des Verfahrens wird der Bundesrat die **definitive Standortwahl** treffen: entweder für je einen Standort oder für einen gemeinsamen Standort für beide Abfallkategorien. Nach der Erteilung der Rahmenbewilligung durch den Bundesrat folgt die Genehmigung durch das Parlament und eine allfällige Volksabstimmung, falls das fakultative Referendum ergriffen wird.

Die Standortsuche wird nach Schätzung des BFE knapp 20 Jahre dauern. Da die Nagra die Entsorgungsnachweise für schwach- und mittelradioaktive Abfälle bereits 1988 und für hochradioaktive Abfälle und ausgediente Brennelemente 2006 erbracht hat, ist die Standortwahl rechtlich getrennt von der Frage des Weiterbetriebs der bestehenden Kernkraftwerke. Die von Bundesrat genehmigten Entsorgungsnachweise belegen die grundsätzliche Machbarkeit der Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Schweiz auf und sind keine Standortwahl.

Informationen zur Entsorgung der radioaktive Abfälle in der Schweiz unter:

- www.bfe.admin.ch → Link «Radioaktive Abfälle»
- www.nagra.ch



- 1 Verwaltungsgebäude
- 2 Betriebsgebäude
- 3 Lüftungsgebäude
- 4 Geräteschleuse
- 5 Verpackungsanlage
- 6 Bahnzufahrt
- 7 Strassenzufahrt
- 8 Zugangstunnel (überdeckt)

Quelle: Nagra, 2007

Oberflächenanlagen eines geologischen Tiefenlagers in der Schweiz. Der Landbedarf ist relativ gering und entspricht einem mittelgrossen Industriebetrieb.

Thema: Zwischenlager (Schweden und Schweiz)

Zentrales Zwischenlager für ausgedienten Kernbrennstoff (Interim Storage Facility, Clab)

In der Nähe des Kernkraftwerks Oskarshamn betreibt die schwedische Entsorgungsgesellschaft Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) seit 1985 ein unterirdisches, zentrales Zwischenlager für den ausgedienten Kernbrennstoff aus den schwedischen Kernkraftwerken. Das Clab-Betriebspersonal umfasst rund hundert Vollzeitstellen.

Nachdem der ausgediente Kernbrennstoff aus dem Reaktor entnommen worden ist, bleibt er zunächst für rund ein Jahr in den Abklingbecken der Kernkraftwerke. In dieser Zeit zerfällt über 90% der ursprünglichen Radioaktivität. Danach wird der Kernbrennstoff in speziellen Transportbehältern per Schiff in das Zwischenlager Clab überführt, wo er 30 bis 40 Jahre zwischengelagert wird. In dieser Zeit nimmt die Radioaktivität und damit die Wärmeleistung so weit ab, dass der Kernbrennstoff danach der geologischen Tiefenlagerung zugeführt werden kann.

Beim Clab handelt es sich um ein sogenanntes Nasslager, bei dem der hochradioaktive Kernbrennstoff in Wasserbecken gelagert wird. Das Wasser dient zur Abschirmung der Strahlung und gleichzeitig zur Kühlung. Das Nasslager befindet sich 40 Meter unter dem Boden im Granitgestein.

Gegenwärtig befinden sich rund 5800 Tonnen Kernbrennstoff im Clab. Die Gesamtkapazität beträgt nach einer Erweiterung zurzeit 8000 Tonnen. Ein schwedisches Kernkraftwerk produziert jährlich zwischen 15 und 25 Tonnen ausgedienten Kernbrennstoff.

Informationen zur Zwischenlagerung in Schweden unter: www.skb.se (Link auf englische Seiten)



Nasslager: Das unterirdische Zwischenlager Clab in Oskarshamn (Bild: SKB)

Schweizer Konzept der Zwischenlagerung

In der Schweiz betreibt die ZWILAG Zwischenlager AG in Würenlingen (Kanton Aargau) eine Anlage zur Behandlung und Zwischenlagerung aller Kategorien radioaktiver Abfälle. Die Lagerkapazitäten sind grosszügig bemessen und reichen für Jahrzehnte aus, so dass für das Bereitstellen von geologischen Tiefenlagern genügend Zeit zur Verfügung steht.

Im Gegensatz zum schwedischen Konzept werden in der Schweiz der ausgediente Kernbrennstoff und die hochradioaktiven Abfälle trocken in Transport- und Lagerbehältern gelagert. Die Behälter werden in der Behälterlagerhalle mit 200 Stellplätzen durch Luftkonvektion gekühlt. Die massiv gebauten, 135 Tonnen schweren Stahlgussbehälter schützen den ausgedienten Kernbrennstoff und die hochradioaktiven Abfälle vor Unfällen und weiteren äusseren Einwirkungen.

In der Behälterlagerhalle des Zwilag befinden sich zurzeit (Sommer 2014) insgesamt 29 Lagerbehälter mit ausgedientem Kernbrennstoff sowie 13 Behälter mit verglasten, hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung. Auch die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus dem Kernkraftwerksbetrieb werden ins Zwilag verbracht. Die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung werden in einem Zwischenlager des Bundes (BZL) neben dem Zwilag aufbewahrt.

Verarbeitung von radioaktiven Abfällen

Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung sowie die Betriebsabfälle aus den Kernkraftwerken werden im Zwilag in eine feste, für die Tiefenlagerung geeignete Form gebracht und verpackt (in Fässer einzementiert, bituminiert oder als Glasschmelze vergossen). Dazu betreibt das Zwilag unter anderem den weltweit ersten Plasmaofen, in dem leicht radioaktive Abfälle bei sehr hohen Temperaturen thermisch zersetzt, aufgeschmolzen und mit Glas vermischt werden.

Die dabei entstehenden glasartigen Abfallkörper sind chemisch äusserst widerstandsfähig und schwer auslaugbar – optimale Eigenschaften für die spätere Lagerung in geologischen Tiefenlagern. Die Radioaktivität wird durch das Verbrennen nicht verringert, doch reduziert sich das Volumen der Abfälle. Für die Lagerung im geologischen Tiefenlager werden die Abfälle zusätzlich in Betoncontainer verpackt, was zur Vergrösserung der Gesamtvolumen führt.

Seit der Inbetriebnahme der Plasma-Anlage im Jahre 2004 wurden bis heute (Sommer 2014) insgesamt 8819 Fässer mit leicht radioaktiven Abfällen zu 1929 Endlagergebinden verarbeitet.



Informationen zur Zwischenlagerung in der Schweiz unter: www.zwilag.ch

Behälter mit ausgedientem Kernbrennstoff und hochradioaktiven Abfällen im Zwischenlager in Würenlingen im Kanton Aargau (Bild: Zwilag)

Thema: Kanisterlabor und Verkapselungsanlage (Schweden)

Kanisterlabor (Canister Laboratory)

Gemäss dem schwedischen Entsorgungskonzept werden die ausgedienten Brennelemente in speziell gefertigten Kupferbehältern in das geologische Tiefenlager eingelagert (siehe Thema «Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle und ausgedienten Kernbrennstoff»). Am Standort Oskarhamn betreibt die Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) daher ein Labor zur Entwicklung dieser Kupferbehälter. Untersucht werden Methoden zur Herstellung, Beladung, Versiegelung und Überprüfung der Kanister.

Die Arbeiten erfolgen in enger Zusammenarbeit mit der finnischen Entsorgungsgesellschaft Posiva, da die geologischen Verhältnisse und die gewählte Tiefenlagerungsmethode in beiden Ländern sehr ähnlich sind.

Die Anlage zur Verkapselung der gegenwärtig im Nasslager gelagerten ausgedienten Brennelemente soll direkt neben dem Zwischenlager gebaut werden. Entsprechende Bewilligungsgesuche hat die SKB bereits bei den zuständigen Behörden eingereicht. Der Baubeginn der Konditionierungsanlage ist für 2019 vorgesehen, die Inbetriebnahme etwa im Jahr 2029, gleichzeitig mit dem geologischen Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle und ausgedienten Kernbrennstoff in Forsmark.

Thema: Felslabor (Schweden und Schweiz)

Felslabor Äspö (Äspö Hard Rock Laboratory)

Ebenfalls am Standort Oskarhamn betreibt die Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) das Äspö Hard Rock Laboratory. Die Bauphase dauerte fünf Jahre (1990 bis 1995).

Ein 3600 Meter langer Tunnel erschliesst das eigentliche Felslabor, das sich unterhalb der Insel Äspö in 460 Metern Tiefe befindet. Das Labor besteht aus einem Haupttunnel und Nischen, in denen Versuche stattfinden. Äspö wird keine radioaktiven Abfälle aufnehmen: Es dient allein der Forschung, an der sich Forschungsgruppen aus Deutschland, Finnland, Frankreich, Grossbritannien, Japan, Kanada, Südkorea, Tschechien und der Schweiz beteiligen.

Das Gestein besteht aus Granit und ist über eine Milliarde Jahre alt. Die Tests im Felslabor dienen der Abklärung der Langzeitsicherheit, der Erforschung der natürlichen Bedingungen im Gestein und dem Zusammenspiel zwischen den technischen Barrieren um den Abfall und dem Gestein. In Äspö können die verschiedenen Entsorgungstechniken im Massstab 1:1 und unter natürlichen Bedingungen getestet werden. Ebenso lassen sich wichtige Erkenntnisse für den Bau, Betrieb, Rückholung und Verschluss der Abfälle gewinnen.

Ziel der Arbeiten in Äspö ist der Bau eines geologischen Tiefenlagers für den hochradioaktiven Kernbrennstoff. Im echten Tiefenlager wird der Kernbrennstoff in Kupferbehälter von rund einem Meter Durchmesser eingeschlossen und in Bohrlöchern eingelagert, die von den Lagerstollen aus gebohrt werden. Der Hohlraum zwischen Behälter und Fels wird mit Bentonit verfüllt, einer speziell behandelten natürlichen vulkanischen Asche. Mit den Untersuchungen im Felslabor konnte unter anderem nachgewiesen werden, dass neben anderen Wirtsgesteinen auch Granit für geologische Tiefenlager geeignet ist. (siehe Themen «Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle» und «Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle und ausgedienten Kernbrennstoff»).

Informationen zur Entsorgung in Schweden unter: www.skb.se (Link auf englische Seiten)

Felslabors in der Schweiz

Felslabor Grimsel

Seit 1984 betreibt die Nagra auf 1730 Metern Höhe das Forschungslabor Grimsel im granitischen Gestein des Aarmassivs. Das System von Stollen und Kavernen hat eine Länge von rund einem Kilometer. Heute sind rund zwei Dutzend Organisationen aus zwölf Ländern und der EU an den wissenschaftlich-technischen Untersuchungen auf der Grimsel beteiligt (Belgien, Deutschland, Finnland, Frankreich, Grossbritannien, Japan, Schweden, Spanien, Südkorea, Tschechien, die USA und die Schweiz). Die EU fördert einzelne Projekte finanziell. Das Felslabor leistet einen wichtigen Beitrag zum Erhalt und zur Weitergabe des erworbenen Know-hows über die geologische Tiefenlagerung an zukünftige Generationen.

Das Felslabor Grimsel ist ein reines Forschungslabor. Die Lagerung radioaktiver Abfälle ist ausgeschlossen.

Felslabor Mont Terri

Seit 1995 beteiligt sich die Nagra als Partnerin am Felslabor Mont Terri im Kanton Jura in einem Seitenstollen des Sicherheitstunnels des Mont Terri-Tunnels der Autobahn A16 Delémont-Porrentruy. Das Felslabor liegt im Opalinuston und dient der Erkundung der für ein Tiefenlager relevanten Eigenschaften dieses Gesteins. Die Gesamtlänge der Stollen und Nischen beträgt rund 600 Meter. Das Felslabor bietet eine technisch-wissenschaftliche Plattform für die internationale Forschungszusammenarbeit über die Eignung von Tongesteinen für die geologische Tiefenlagerung.

Seit 2006 betreibt das Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo) das Labor Mont Terri (bis Ende 2005 lag die Leitung beim ehemaligen Bundesamt für Wasser und Geologie). Neben der Nagra beteiligen sich Institutionen aus Belgien, Deutschland, Frankreich, Japan, Kanada, Spanien, den USA und der EU am Mont Terri-Projekt. In diesen Ländern können ähnliche Tonformationen wie in der Schweiz für die Langzeitlagerung in Betracht gezogen werden.

Das Felslabor Mont Terri ist ein reines Forschungslabor. Die Lagerung radioaktiver Abfälle ist ausgeschlossen..



Informationen zu den Schweizer Felslabors unter:

- www.grimsel.com
- www.mont-terri.ch

Felslabor Mont Terri: internationale Forschung in den Tonschichten des Juras. (Bild: Nuklearforum Schweiz)

Thema: Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (Schweden und Schweiz)

Das geologische Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle in Forsmark (Final repository for short-lived radioactive waste, SFR)

Bereits im Jahr 1988 ist in der Nähe des Kernkraftwerks Forsmark nach fünf Jahren Bauzeit das schwedische geologische Tiefenlager für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle (SFR) in Betrieb genommen worden – damals die weltweit erste Anlage dieser Art. Das SFR liegt im Granit 50 Meter unter der Ostsee. Neben den Betriebsabfällen aus den schwedischen Kernkraftwerken nimmt das SFR auch die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle (SMA) aus Medizin und Industrie auf. Die SMA werden vor der Einlagerung in Studsvik bei Nyköping vorbereitet und verpackt.

Das SFR bietet Raum für 63'000 Kubikmeter Abfallmaterial. Aktuell ist es etwa zur Hälfte gefüllt. Pro Jahr kommen rund 600 Kubikmeter dazu. Die Kapazität der heutigen Anlage ist nur auf die Betriebsabfälle ausgelegt. Später, wenn die heutigen Kernkraftwerke nach ihrem Betriebsende zurückgebaut werden, fallen weitere 150'000 Kubikmeter an. Für die Aufnahme dieses Materials sollen in den kommenden Jahren eine Reihe weiterer Felskavernen gebaut werden.

Eigentümerin des SFR ist die SKB, die seit diesem Sommer die Anlage auch betreibt. Zuvor war die Anlage von der Forsmark Kraftgrupp AB betrieben worden.

Das Tiefenlager besteht aus vier 160 Meter langen, horizontalen Tunneln sowie einer Felskaverne mit einem 50 Meter hohen Betonsilo, das zudem von wasserdichtem Bentonit umschlossen ist. Erschlossen wird die Anlage mit zwei Tunnel von je einem Kilometer Länge.

Im Betonsilo werden vor allem mittelradioaktive Filter aus den Kernkraftwerken eingelagert, die zuvor verfestigt worden sind. Dieses Silo enthält den Grossteil der Radioaktivität im SFR.

Die vier horizontalen Lagertunnel nehmen unterschiedliches Lagergut auf. In einem Tunnel werden die sehr schwach radioaktiven Abfälle (wie Schutzkleidung) in handelsüblichen Transportcontainern gelagert. Die drei anderen Tunnel sind für mittelradioaktive Abfälle ausgelegt, wo das Material in verschiedenen Arten von Betoncontainern eingelagert wird.

Die Felskavernen des SFR sind nicht wasserdicht. Aus den Wänden kann Grundwasser eindringen. Dieses stammt aus dem Felsboden unter dem Meer, wo überall derselbe Druck herrscht. Daher bewegt sich dieses Wasser kaum – das heute in die Anlage eindringende Grundwasser ist 7000 Jahr alt. Dieses sich sehr langsam bewegende Wasser ist im Lagerkonzept berücksichtigt. Zusammen mit den Barrieren aus Beton, Bentonit und dem umgebenden Granit stellt das Lagerkonzept sicher, dass die Radioaktivität abgeklungen sein wird, bevor allenfalls Material aus dem Lager in die Umwelt gelangen kann (siehe Thema «Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle und ausgedienten Kernbrennstoff»).

Informationen zur Entsorgung in Schweden unter: www.skb.se (Link auf englische Seiten)

Entsorgung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle (SMA) in der Schweiz

Die Schweiz verfolgt das Konzept, die SMA in Betoncontainern in einem geologischen Tiefenlager einzulagern. Die Abfallfässer mit verfestigtem Inhalt werden dabei in Betoncontainer gestellt und die Hohlräume mit Zementmörtel verfüllt. Auch grössere Komponenten, beispielsweise aus dem späteren Abbruch der Kernkraftwerke, sollen in Betoncontainern eingelagert werden.

Zur Volumenreduktion werden brennbare Abfälle teilweise in einem Spezialofen der ZWILAG AG in Würenlingen verbrannt (siehe Thema «Zwischenlager»). Das gesamte Volumen der SMA in der Schweiz aus dem Betrieb und Abbruch der Kernkraftwerke beläuft sich – einschliesslich der Verpackung – auf rund 60'000 Kubikmeter. Dazu kommen rund 33'000 Kubikmeter SMA aus Medizin, Industrie und Forschung (Stand Ende 2011).

Die grundsätzliche Machbarkeit der Entsorgung der SMA (Entsorgungsnachweis SMA) in der Schweiz hat der Bundesrat bereits 1988 anerkannt. Das Standort-Auswahlverfahren ist zurzeit in Gang (siehe Thema «Entsorgung»). Geregelt wird es im «Sachplan geologische Tiefenlager». Der Sachplan wird gegenwärtig unter Führung des Bundes ausgeführt. Der Standortentscheid ist für 2027 vorgesehen; die früheste Inbetriebnahme eines SMA-Tiefenlagers für 2050.

- www.bfe.admin.ch → Link «Radioaktive Abfälle»
- www.nagra.ch



In 50 Jahren fallen durch den Betrieb und den Rückbau der Schweizer Kernkraftwerke rund 60'000 Kubikmeter verfestigte schwach- und mittelradioaktive Abfälle an. (Bild: Nagra)



Umgerechnet auf die Einwohner der Schweiz ergibt dies pro Kopf etwa acht 1-Liter-Betonflaschen in 50 Jahren. Für die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung kommen noch drei Literflaschen dazu. (Bild: Nagra)

Thema: Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle und ausgedienten Kernbrennstoff (Schweden und Schweiz)

Das geplante Tiefenlager für ausgedienten, hochradioaktiven Kernbrennstoff in Forsmark

Seit gut 30 Jahren beschäftigt sich die Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) mit der Entsorgung des hochradioaktiven Kernbrennstoffs aus den schwedischen Kernkraftwerken. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden in zwei Anlagen durchgeführt: im Felslabor Äspö (siehe Thema «Felslabor») und im «Canister Laboratory» in Oskarshamn, wo die Lagerbehälter für den Langzeiteinschluss des ausgedienten Kernbrennstoffs entwickelt werden.

Das Lagerkonzept

Wie überall in der westlichen Welt sieht auch das schwedische Entsorgungskonzept die geologische Tiefenlagerung des ausgedienten Kernbrennstoffs vor. Als Wirtgestein dienen kristalline Gesteine (Granit), die in weiten Teilen Schwedens den unmittelbaren Untergrund bilden. Entsprechend den Eigenschaften dieses Wirtgesteins soll in Schweden eine Lagermethode zur Anwendung kommen, die folgende Barrieren umfasst:

- Der Kernbrennstoff wird zunächst in widerstandsfähige und korrosionsbeständige Kupferbehälter eingeschlossen.
- Diese Kupferbehälter werden anschliessend im kristallinen Grundgebirge in einer Tiefe von rund 500 Metern eingelagert und mit Bentonit umgeben. Bentonit ist ein natürliches vulkanisches Material, das sehr gut gegen Wasser abdichtet.
- Nach dem Ende der Einlagerung sollen die Stollen mit ebenfalls wasserdichtem Ton aufgefüllt werden. Ton schwillt bei Wasserauftritt auf, so dass allfällige Risse im Gestein gleich wieder geschlossen werden.
- Schliesslich bildet der mächtige, umliegende kristalline Gesteinskörper eine Langzeitbarriere gegen den Austritt von radioaktiven Stoffen an die Erdoberfläche.

Standortwahl

Das Standortwahlverfahren wurde vor etwa 20 Jahren eingeleitet. Im Verlauf des Prozesses fokussierte die SKB das Verfahren auf zwei Standorte in den Gemeinden Östhammar (Forsmark) und Oskarshamn. Am Ende des Verfahrens unter Beteiligung der Bevölkerung stand in beiden Gemeinden die Mehrheit der Menschen dem Bau eines Tiefenlagers grundsätzlich positiv gegenüber.

Am 3. Juni 2009 gab die SKB ihre Wahl des Standorts Forsmark bekannt. Ausschlaggebend waren geologische Gründe. Das Tiefenlager soll in knapp 500 m Tiefe im kristallinen Gestein entstehen, das dort trocken ist und nur wenige Bruchzonen aufweist. Im Jahr 2011 hat die SKB ein entsprechendes Baugesuch bei der dafür zuständigen schwedischen Strahlenschutzbehörde (Swedish Radiation Safety Authority, SSM) eingereicht.

Gegenwärtig führt die Strahlenschutzbehörde im Rahmen der Prüfung des Gesuchs eine öffentliche Anhörung durch, die bis Ende Oktober 2014 dauern wird. Definitiv über den Standort wird der schwedische Staat entscheiden. Der gegenwärtige Zeitplan sieht vor, dass die Baubewilligung 2017 erteilt wird, so dass der Bau des Tiefenlagers 2019 beginnen kann. Die Inbetriebnahme dürfte etwa 2029 erfolgen, gleichzeitig mit der Inbetriebnahme der Verkapselungsanlage in Oskarshamn (siehe Thema «Kanisterlabor und Verkapselungsanlage»).

Entsorgung der hochradioaktiven Abfälle und des ausgedienten Kernbrennstoffs in der Schweiz

Die Schweiz verfolgt ebenfalls das Konzept, den ausgedienten Kernbrennstoff in einem geologischen Tiefenlager zu entsorgen ebenso wie die hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung. Das gesamte Volumen an ausgedientem Kernbrennstoff und hochradioaktiven Abfällen ist klein: Bei 50 Jahren Betriebsdauer der heutigen fünf Kernkraftwerke ergeben sich rund 1250 Kubikmeter hochradioaktives Material. Das entspricht dem Volumen eines grossen Einfamilienhauses. Verpackt in die Lagerbehälter resultiert ein Totalvolumen von rund 7300 Kubikmetern (Stand Ende 2011).

Zusammen mit den schwach- und mittelradioaktiven Abfällen sind in der Schweiz aus Kernkraftwerken, Medizin, Industrie und Forschung insgesamt rund 100'000 Kubikmeter zu entsorgen. Das entspricht etwa dem Volumen der alten Zürcher Bahnhofshalle.

Den Entsorgungsnachweis der Nagra für ausgedienten Kernbrennstoff und hochradioaktive Abfälle hat der Bundesrat am 28. Juni 2006 genehmigt. Das Auswahlverfahren für den Standort des geologischen Tiefenlagers für diese Abfallkategorie ist im «Sachplan geologische Tiefenlager» geregelt. Der Sachplan wird gegenwärtig unter Führung des Bundes ausgeführt. Der Standortentscheid ist für 2027 vorgesehen; die Inbetriebnahme eines Tiefenlagers für hochradioaktive Abfälle und ausgedienten Kernbrennstoff ab den Jahr 2060.

Informationen zur Entsorgung in der Schweiz unter:

- www.bfe.admin.ch → Link «Radioaktive Abfälle»
- www.nagra.ch



Nach 50 Jahren Betrieb der Schweizer Kernkraftwerke fallen pro Kopf rund 0,5 Deziliter bzw. 500 Gramm ausgedienter hochradioaktiver Kernbrennstoff an. In Gussstahl verpackt – dem Material des Endlagerbehälters –, ergibt das einen Liter pro Person. (Bild: Nagra)

Thema: Vergleich Schweiz – Schweden

Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Energiepolitik und der nuklearen Entsorgung in der Schweiz und in Schweden

	Schweiz	Schweden
Kernkraftwerke	<ul style="list-style-type: none"> – 5 Kernkraftwerke in Betrieb (Gesamtleistung 2014: 3308 Megawatt) <ul style="list-style-type: none"> • 2 Siedewasserreaktoren (Mühleberg, Leibstadt), • 3 Druckwasserreaktoren (Beznau-1 und -2, Gösgen) – Landesverbrauch 2013: 68,3 Terawattstunden – Atomstromanteil 2013: 36,4% 	<ul style="list-style-type: none"> – 10 Kernkraftwerke in Betrieb (Gesamtleistung 2014: 9474 Megawatt) <ul style="list-style-type: none"> • 7 Siedewasserreaktoren (Forsmark-1 bis -3, Oskarshamn-1 bis -3, Ringhals-1) • 3 Druckwasserreaktoren (Ringhals-2 bis -4) – Landesverbrauch 2013: 139 Terawattstunden – Atomstromanteil 2013: 42,6%
Kernenergiepolitik	<ul style="list-style-type: none"> – Volksabstimmung Mai 2003: Ablehnung von zwei Ausstiegsinitiativen mit klarem Mehr – Februar 2007: Der Bundesrat spricht sich für die Erneuerung des Schweizer Kernkraftwerk-parks aus. – Juni 2006: Entsorgungsnachweise für alle Kategorien von radioaktiven Abfällen vom Bundesrat genehmigt – 2008: Stromwirtschaft reicht drei Rahmenbewilligungsgesuche für KKW ein; Bundesrat gibt grünes Licht für Sachplan Tiefenlager – Mai 2011: Bundesrat beschliesst Ausstieg. 	<ul style="list-style-type: none"> – März 1980: Die Mehrheit der Stimmberechtigten spricht sich dafür aus, alle bestehenden und im Bau befindlichen Kernkraftwerke bis ans Ende ihrer Lebensdauer zu nutzen und sie anschliessend ersatzlos stillzulegen. – 1988: Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle geht in Forsmark in Betrieb. – 1999 und 2005: Die Regierung verfügt aus politischen Gründen die vorzeitige Stilllegung der Kernkraftwerkseinheiten Barsebäck-1 und -2. – Juni 2010: Parlament hebt Bauverbot für Ersatz-Kernkraftwerke wieder auf.
Wiederaufarbeitung	Moratorium seit dem 1. Juli 2006 während zehn Jahren	Keine Wiederaufarbeitung
Entsorgungskonzept	Geologische Tiefenlagerung mit technischen Barrieren	Geologische Tiefenlagerung mit technischen Barrieren
	Weg zum geologischen Tiefenlager etappiert	Weg zum geologischen Tiefenlager etappiert
	Finanzierung durch KKW-Betreiber (Deckung der laufenden Kosten und Rückstellungen in staatlich überwachtem Fonds)	Finanzierung durch KKW-Betreiber (Deckung der laufenden Kosten und Rückstellungen in staatlich überwachtem Fonds)
Geologie	Kristallines Grundgebirge, mächtige Sedimente. Teilweise aufwendige Exploration, Standortwahl eingeschränkt durch Tektonik/Geologie (Alpen und Jura)	Kristallines Grundgebirge, praktisch ohne Sedimente. Leichte Exploration, viele geeignete Standorte über grosse Flächen des Landes
Stand der Umsetzung des Entsorgungskonzepts	Zwischenlagerung bei den Kernkraftwerken; zentrales Zwischenlager ZWILAG seit 2001 in Würenlingen in Betrieb (Trockenlager)	Zwischenlagerung bei den Kernkraftwerken; zentrales Zwischenlager CLAB seit 1985 in Oskarshamn in Betrieb (Nasslager)
	Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle: Entsorgungsnachweis 1988 vom Bundesrat genehmigt. Sachplan für Standortwahl in Ausführung. Bundesratsentscheid über Standort bis 2027 vorgesehen. Inbetriebnahme frühestens 2050.	Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle: seit 1988 in Forsmark in Betrieb. Nur für die Abfälle aus dem laufenden Betrieb der KKW ausgelegt. Ausbau in den kommenden Jahren, um auch die Stilllegungsabfälle aufzunehmen.
	Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle und ausgedienten Kernbrennstoff: Entsorgungsnachweis 2006 vom Bundesrat genehmigt. Sachplan des Bundes für Standortwahl in Ausführung. Standortentscheid bis 2027 vorgesehen. Inbetriebnahme frühestens 2060.	Tiefenlager für ausgedienten Kernbrennstoff: Standortwahl (Forsmark) im Juni 2009 durch die Entsorgungsgesellschaft SKB; Gesuch 2011 eingereicht. Definitiver Standortentscheid durch Regierung für 2017 erwartet. Betriebsaufnahme für 2029 vorgesehen.
	Felslabors Grimsel (Granit) im Kanton Bern und Mont Terri (Tongestein) im Kanton Jura in Betrieb	Felslabor Äspö (Granit) in Oskarshamn in Betrieb