

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

Medienrohstoff Finnland

Inhalt

Elektrizitätsversorgung in Finnland	2
Kernkraftwerke in Finnland	2
Der Druckwasserreaktor EPR in Olkiluoto	4
Zwischenlagerung in Finnland	5
Geologische Tiefenlager in Finnland	6
Vergleichstabelle Schweiz – Finnland	8



Kernkraftwerk Loviisa (Bild:Fortum)

Thema: **Elektrizitätsversorgung in Finnland**

Im Vergleich zu den meisten westlichen Ländern hat Finnland einen sehr hohen Energiekonsum. Die Gründe dafür liegen in der energieintensiven Struktur der finnischen Industrie, dem hohem Lebensstandard, dem kalten Klima und den grossen Distanzen. Wie die Schweiz ist auch Finnland stark von Energieimporten abhängig: Im Jahr 2012 importierte das Land 49% der insgesamt konsumierten Energie aus dem Ausland (Schweiz: 81%).

Für die Energieversorgung des Landes spielt die Elektrizität eine zentrale Rolle. Im Jahr 2013 lag der Landesverbrauch der rund 5,4 Mio. Einwohner bei 83,9 Terawattstunden (Schweiz: 63,8 Terawattstunden bei 8,1 Mio. Einwohnern). Damit ist der Pro-Kopf-Stromverbrauch in Finnland fast doppelt so hoch wie in der Schweiz. 47% des Stroms flossen in die Industrie (Schweiz: 31,6%) und zahlreiche finnische Haushalte heizen mit Strom.

Das jüngste Szenario des finnischen Handels- und Industrieministeriums rechnet bis 2020 mit einer weiteren deutlichen Zunahme des Stromverbrauchs auf rund 94 Terawattstunden. Zudem muss ein erheblicher Teil der fossil befeuerten Kraftwerke in absehbarer Zeit ersetzt werden.

Die finnische Stromversorgung stützt sich heute auf einen breiten Energiemix: rund 27% des Stroms stammen aus Kernkraftwerken (Schweiz: rund 36%), rund 24% aus der Verbrennung von Erdgas, Kohle, Torf und Erdöl, 15% aus Wasserkraftwerken und rund 14% aus Biomasse und der Kehrichtverbrennung. Knapp 19% des Strombedarfs wurden im vergangenen Jahr importiert, vor allem aus Schweden und in geringerem Umfang aus Russland, Estland und Norwegen. Das Potenzial der Windenergie ist in Finnland wegen der eher ungünstigen Windverhältnisse begrenzt. Sie lieferte letztes Jahr 1% des verbrauchten Stroms.

Informationen zur Energieversorgung in Finnland unter: www.tem.fi → Englische Fassung

Thema: **Kernkraftwerke in Finnland**

Das erste Kernkraftwerk Finnlands nahm 1977 in Loviisa, rund 100 Kilometer östlich von Helsinki, den kommerziellen Betrieb auf. Am gleichen Standort wurde kurz danach ein zweiter Reaktorblock fertiggestellt, der 1981 den kommerziellen Betrieb aufnahm. Es handelt sich um zwei 488-Megawatt-Druckwasserreaktoren des sowjetischen Typs WWER-440, die von Baubeginn an mit westlicher Sicherheitstechnik und Schutzgebäuden ausgestattet wurden. Betrieben werden Loviisa-1 und -2 von Fortum Power and Heat Oy, die sich mehrheitlich in Staatsbesitz befindet.

In Olkiluoto stehen zwei Siedewasserreaktoren schwedischer Herkunft (AB Asea-Atom, heute Westinghouse Atom AB). Sie haben in den Jahren 1979 (Olkiluoto-1) und 1982 (Olkiluoto-2) den kommerziellen Betrieb aufgenommen. Eigentümerin ist die Teollisuuden Voima Oyj (TVO), die ihren Aktionären den erzeugten Strom zum Gestehungspreis abgibt. In mehreren Modernisierungsschritten wurde die Leistung der beiden Reaktoren von ursprünglich je 660 Megawatt auf heute je 880 Megawatt erhöht.



Übersichtskarte der Kernkraftwerke in Skandinavien und in den angrenzenden Gebieten.

Mit der Inbetriebnahme der Kernkraftwerke konnten alte fossil befeuerte Kraftwerke stillgelegt werden. Entsprechend sank in Finnland anfangs der 1980er-Jahre der Anteil des Stroms aus Kohlekraftwerken deutlich. Er lag im Jahr 2013 bei noch 11,8%.

Im Februar 2004 wurde in Olkiluoto mit den Aushubarbeiten für das fünfte Kernkraftwerk des Landes begonnen (Olkiluoto-3), und am 12. September 2005 erfolgte die offizielle Grundsteinlegung. Bei Olkiluoto-3 handelt es sich um den weltweit ersten Druckwasserreaktor vom Typ EPR mit einer elektrischen Leistung von rund 1600 Megawatt.

Am 1. Juli 2010 stimmte das 200-köpfige finnische Parlament zwei von drei weiteren beantragten Kernkraftwerks-Neubauprojekten zu (mit 120 gegen 72 bzw. 121 gegen 71 Stimmen). Seit diesen positiven Grundsatzentscheidungen haben die TVO und die Fennovoima Oy fünf Jahre Zeit, ein Gesuch für eine Baubewilligung ihrer Projekte einzureichen.

Die TVO plant eine vierte Einheit am Standort Olkiluoto und die Fennovoima hat sich für den Standort Pyhäjoki auf der Halbinsel Hanhikivi entschieden. Die Fennovoima hat seit 2010 gegenüber dem ursprünglichen Gesuch mehrere Änderungen vorgenommen, darunter am Reaktortyp – ein fortgeschrittener Druckwasserreaktor modernster russischer Bauart – und an der Eigentümerstruktur. Die Firma hat deshalb die Regierung anfangs 2014 um die Zusicherung ersucht, dass ihr Projekt immer noch mit dem Kernenergiegesetz im Einklang steht. Daneben hat die Fennovoima unter anderem einen Sicherheits- und einen Umweltverträglichkeitsbericht eingereicht sowie verschiedene Lieferverträge abgeschlossen. Die TVO hat unlängst aufgrund der Verzögerungen bei Olkiluoto-3 um Fristverlängerung für ihr Baubewilligungsgesuch für Olkiluoto-4 gebeten.

Informationen zur Kernenergie in Finnland unter: www.tem.fi → Englische Fassung
 Informationen zur Kernenergie weltweit unter: www.nuclearplanet.ch

Thema: Der Druckwasserreaktor EPR in Olkiluoto

Beim EPR handelt es sich um ein Kernkraftwerk der fortgeschrittenen dritten Generation (die schweizerischen Kernkraftwerke gehören wie die meisten der heute weltweit in Betrieb stehenden Kernanlagen zur zweiten Generation). Der EPR ist eine Weiterentwicklung der französischen N4-Druckwasserreaktoren und der deutschen «Konvoi»-Kernkraftwerke, die zwischen 1988 und 1999 den Betrieb aufgenommen haben. Durch den evolutionären Ansatz flossen in den EPR die praktischen Erfahrungen aus Tausenden von Reaktorbetriebsjahren in Deutschland und Frankreich ein. Zudem wurden die Ergebnisse der jahrzehntelangen Sicherheitsforschung der beiden Länder berücksichtigt. Entwickelt wurde der EPR ab 1993 von Framatome (Frankreich; heute Teil der Areva-Gruppe) und Siemens (Deutschland).

Mit der Entwicklung des EPR wurde die bereits sehr geringe Eintretenswahrscheinlichkeit eines Unfalls mit Kernschmelzschaden weiter verringert. Die Sicherheitssysteme wurden erweitert und das Reaktorgebäude besteht nun aus zwei äusserst robusten Stahlbetonhüllen. Innerhalb des Reaktorgebäudes befindet sich eine Ausbreitungsfläche, auf der im unwahrscheinlichen Fall eines Kernschmelzschadens der geschmolzene Kern gekühlt werden könnte. Die Auswirkungen würden auch in diesem hypothetischen Fall auf die Anlage beschränkt bleiben und es würden keine unzulässigen Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung gelangen.

Der EPR zeichnet sich weiter durch niedrige Stromproduktionskosten aus und benötigt weniger Uran pro produzierte Kilowattstunde als seine Vorgänger. Er ist auf eine Betriebsdauer von 60 Jahren ausgelegt.

Im Januar 2002 hatte die finnische Regierung den zustimmenden Grundsatzentscheid für den Neubau und die damit verbundenen Entsorgungsanlagen gefällt. Die Regierung begründete ihren positiven Entscheid unter anderem damit, dass das Projekt

- von grosser Bedeutung für die Stromversorgung Finnlands ist
- zusammen mit den Programmen für Energieeinsparungen und dem Ausbau der erneuerbaren Energien dazu beiträgt, die Klimaschutzverpflichtungen des Landes einzuhalten.

Im Mai 2002 ratifizierte das Parlament diesen Entscheid mit 107 gegen 92 Stimmen. In der Folge schrieb TVO den Bau eines neuen Kernkraftwerks weltweit aus. Im Oktober 2003 wurde als Standort Olkiluoto gewählt. Im Dezember 2003 entschied sich TVO für den EPR von Areva/Siemens, und im Januar 2004 reichte sie das Baugesuch ein. Einen Monat später wurde in Olkiluoto mit dem Aushub der Baugrube begonnen. Am 17. Februar 2005 erteilte die finnische Regierung die Baubewilligung. Die eigentlichen Bauarbeiten begannen im August 2005, die formelle Grundsteinlegung erfolgte am 12. September 2005.

Der EPR in Olkiluoto ist der erste Reaktor dieses Typs, der weltweit gebaut wird. Es handelt sich daher um ein sogenanntes «First-of its-kind»-Projekt. Mittlerweile befinden sich insgesamt vier EPR im Bau: Im französischen Flamanville wurde im Dezember 2007 mit dem Bau begonnen und in Taishan (China) sind seit Ende 2009 zwei weitere Einheiten in Entstehung. Die später gestarteten Neubauprojekte profitieren dabei von den Erfahrungen beim Bau der bereits weiter fortgeschrittenen Anlagen und die Prozesse können optimiert werden. So dürften die beiden Einheiten in China im Vergleich zu Olkiluoto-3 nach einer deutlich kürzeren Bauzeit ans Netz gehen.

Informationen zum EPR: www.aveva.com

Informationen zu TVO und Olkiluoto-3 unter: www.tvo.fi → Englische Fassung (mit Bildarchiv)

Thema: Zwischenlagerung in Finnland

Zwischenlager für ausgediente Brennelemente (Interim Storage Facility) in Olkiluoto

Die «Interim Storage Facility for Spent Fuel» dient der Zwischenlagerung der ausgedienten Brennelemente der beiden Reaktorblöcke in Olkiluoto. Das Oberflächenlager wurde 1987 in Betrieb genommen.

Nachdem die Brennelemente aus dem Reaktor entnommen worden sind, bleiben sie zwei bis drei Jahre in den Abklingbecken der Kernkraftwerke. In dieser Zeit zerfällt über 90% der Ursprungsradioaktivität. Danach werden die Brennelemente per Transportbehälter in die «Interim Storage Facility» überführt, wo sie einige Jahrzehnte zwischengelagert werden. In dieser Zeit nehmen die Radioaktivität und damit die Wärmeleistung so weit ab, dass die Brennelemente danach der Tiefenlagerung zugeführt werden können.

Der Transportbehälter wird nach der Ankunft im Zwischenlager in ein Wasserbecken gesenkt und unter Wasser geöffnet. Danach werden die ausgedienten Brennelemente unter Wasser an die vorgesehene Lagerstelle im Wasserbecken transportiert. Das Wasser dient zur Abschirmung der Strahlung und gleichzeitig zur Kühlung.

Ein ähnliches Zwischenlager befindet sich in Loviisa. Die vier in Betrieb stehenden Reaktorblöcke Finnlands (die zwei Druckwasserreaktoren in Loviisa und die zwei Siedewasserreaktoren in Olkiluoto) produzieren in 60 Jahren Laufzeit ca. 4000 Tonnen ausgediente Brennelemente.

Informationen zur Entsorgung in Finnland unter: www.posiva.fi

Informationen zum Thema **Zwischenlagerung und Verarbeitung von radioaktiven Abfällen in der Schweiz** im Dossier zu Schweden oder auf www.zwilag.ch



Die Halbinsel Olkiluoto: im Vordergrund der Eingang zum Felslabor ONKALO, im Hintergrund das Kernkraftwerk. (Bild: Posiva)

Thema: Geologische Tiefenlager in Finnland

Geologisches Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle

Finnland betreibt für die Entsorgung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle (SMA) aus den vier Reaktorblöcken zwei geologische Tiefenlager an den beiden Kernkraftwerksstandorten: in Olkiluoto seit 1992 und in Loviisa seit 1997. Die Untersuchungen des Gesteins begannen in Olkiluoto 1980. Zurzeit sind hier zwei Silos in Betrieb: eines für schwachradioaktive Abfälle und eines für mittelradioaktive Abfälle. Sie liegen in einer Tiefe zwischen 60 und 100 Metern. Jedes der Silos hat einen Durchmesser von 24 und eine Tiefe von 34 Metern und fasst rund 8000 Kubikmeter. Eine 65 Meter lange Halle verbindet die beiden Silos.

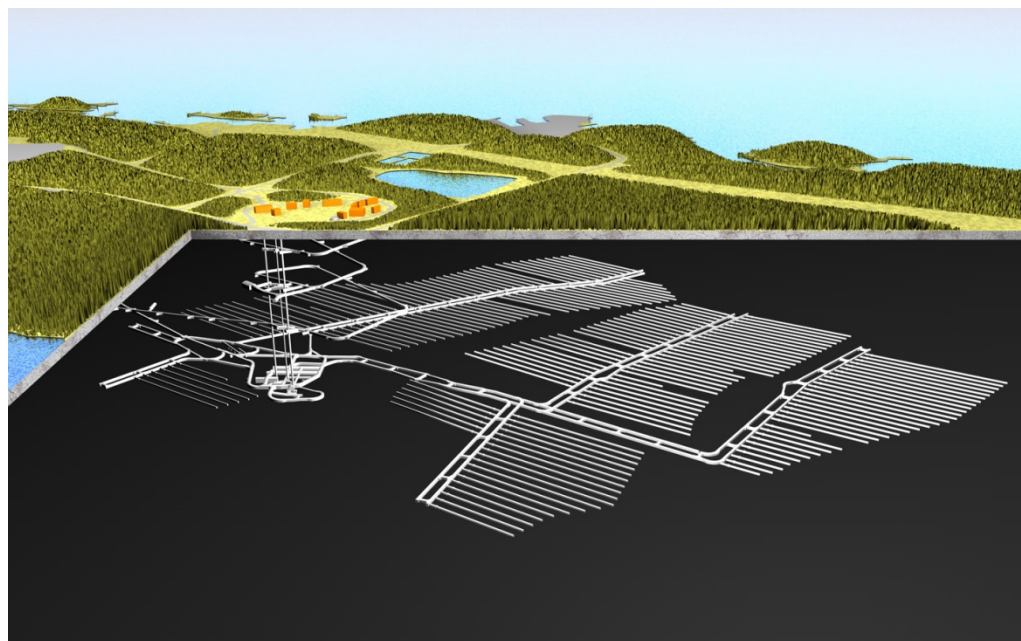
Die SMA entstehen beim Betrieb der Kernkraftwerke. Es handelt sich dabei um Filtrerrückstände, Abdeckplanen aus Plastik, Schutzkleidung, Werkzeuge usw. Zudem soll am gleichen Standort das Material eingelagert werden, das beim Abbruch der Kernkraftwerke anfallen wird. Ebenfalls in Olkiluoto entsorgt werden schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung.

Der schwachradioaktive Abfall wird in 200 Liter fassende Stahlfässer verpackt. Die Fässer verbleiben zunächst in einem Zwischenlager bei den Kernkraftwerken. Bevor die Fässer ins Tiefenlager gebracht werden, werden sie zusammengepresst. Das Pressen verkleinert die Volumen um rund 50%. Die Fässer werden schliesslich in Betoncontainern in das Silo des Tiefenlagers verbracht.

Für den künftigen Abbruch der beiden Reaktoren in Olkiluoto werden später drei weitere Silos gebaut, die das Abbruchmaterial und die Reaktordruckbehälter aufnehmen werden.

Informationen zur Entsorgung in Finnland unter: www.posiva.fi

Informationen zum Thema **Entsorgung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle (SMA) in der Schweiz im Dossier zu Schweden oder auf www.bfe.admin.ch** → Link «Radioaktive Abfälle»
www.nagra.ch



Modellbild des geologischen Tiefenlagers für hochradioaktive Abfälle auf der Halbinsel Olkiluoto. (Bild: Posiva)

Geologisches Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle und Felslabor ONKALO

Als weltweit erstes Land hat Finnland eine Rahmenbewilligung (Decision-in-principle, Grundsatzentscheid) für ein geologisches Tiefenlager für hochradioaktive ausgediente Brennelemente erteilt. Die Rahmenbewilligung erhielt Posiva Oy – die finnische «Nagra» – von der Regierung im Dezember 2000. Zuvor hatten bereits die Sicherheitsbehörde STUK und die Standortgemeinde Eurajoki dem Projekt zugestimmt. Der Regierungsentscheid wurde im Mai 2001 vom Parlament mit 159 gegen 3 Stimmen bestätigt.

Im Mai 2010 hat die finnische Regierung das Gesuch um den Grundsatzentscheid zur Erweiterung des Tiefenlagers der Posiva Oy mit 14 zu 2 Stimmen gutgeheissen. Das Parlament folgte der Regierung im Juli 2010. Mit der Erweiterung des Tiefenlagers auf 9000 Tonnen ist die Kapazität auch für den ausgedienten Kernbrennstoff der geplanten vierten Kernkraftwerkseinheit Olkiluoto-4 sichergestellt.

Der Standort dieses Tiefenlagers befindet sich ebenfalls auf der Halbinsel Olkiluoto. Dort sollen ab ca. 2022 die ausgedienten Brennelemente der Kernkraftwerke in Loviisa und Olkiluoto gelagert werden. Vorerst werden jedoch die geologischen Verhältnisse vor Ort unter Tage in einem Felslabor mit Namen ONKALO detailliert abgeklärt. Sind alle Voraussetzungen erfüllt, beginnt der Ausbau des Felslabors zum Tiefenlager.

Im Juni 2004 wurde mit dem Bau des Zugangsstollens von der Oberfläche her begonnen. Die Ausbrucharbeiten für das Labor wurden 2012 abgeschlossen. Der Zugang zum Felslabor mit einer Gesamtlänge von rund 5 Kilometern wird später auch den Zugang zum geologischen Tiefenlager bilden. Der Zugangsstollen hat die geplante Maximaltiefe von 455 Metern erreicht. Die drei horizontalen Schächte, zwei für die Ventilation und einen für einen Personallift, konnten im Frühling 2014 fertig gebohrt werden. Dabei kam das sogenannte «Raise Boring»-Verfahren zur Anwendung, bei dem der eigentliche Bohrkopf entlang einer zuvor ausgeführten, schmaleren Pilotbohrung aufwärts gezogen wird.

Seit Ende 2012 werden in einer Tiefe von rund 420 Metern Untersuchungen zur Eignung des Gesteins und zu Einlagerungstechniken durchgeführt. Das Labor erlaubt unter anderem, vor der Einlagerung der ersten Behälter mit Brennelementen die Einlagerungstechniken unter realen Bedingungen zu testen. In Finnland sollen – wie in Schweden – die Brennelemente in Stahl-Kupfer-Behältern von rund einem Meter Durchmesser eingeschlossen und in vertikalen, rund acht Meter tiefen Bohrlöchern im Boden der Lagerstollen eingelagert werden. Der Hohlraum zwischen Behälter und Fels wird mit wasserdichtem Bentonit verfüllt, einer speziell behandelten natürlichen vulkanischen Asche.

Im Dezember 2012 hat die Posiva das Baugesuch für das eigentliche Tiefenlager eingereicht. Bis 2022 soll der erste Teil der Lagerstollen bereit für die Einlagerung der ersten Brennelemente sein. Das Tiefenlager soll den ausgedienten Kernbrennstoff der vier in Betrieb stehenden Reaktorblöcke sowie von Olkiluoto-3 und -4 aufnehmen. Maximal können 9000 Tonnen eingelagert werden.

Informationen zu ONKALO unter: www.posiva.fi

Informationen zum Thema **Entsorgung der hochradioaktiven Abfälle und des ausgedienten Kernbrennstoffs in der Schweiz** im Dossier zu Schweden oder auf www.bfe.admin.ch → Link «Radioaktive Abfälle»
www.nagra.ch

Thema: Vergleich Schweiz – Finnland

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

	Schweiz	Finnland
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"> - 4 Kernkraftwerke in Betrieb (Gesamtleistung 2014: 2752 Megawatt) <ul style="list-style-type: none"> • 2 Siedewasserreaktoren (Olkiluoto-1, Olkiluoto-2) • 2 Druckwasserreaktoren (Loviisa-1, Loviisa-2), • ein Druckwasserreaktor im Bau (Olkiluoto-3, EPR) • zwei weitere Kernkraftwerkseinheiten vom Parlament bewilligt - Landesverbrauch 2013: 83.9 Terawattstunden - Atomstromanteil 2013: 27%
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"> - 1993: Parlament lehnt weiteren Ausbau der Kernenergie ab - Mai 2002: Parlament bestätigt den Grundsatzentscheid der Regierung für den Bau eines neuen Kernkraftwerks - Februar 2004: Beginn der Aushubarbeiten für das fünfte Kernkraftwerk in Olkiluoto - Juli 2010: Parlament bestätigt die Grundsatzentscheide der Regierung für den Bau zweier weiterer Kernkraftwerke sowie für die Erweiterung des Tiefenlagers
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 (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.	Zwei Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (Betriebsabfälle) an den beiden KKW-Standorten in Betrieb seit 1992 (Olkiluoto) und 1997 (Loviisa)
	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.	Mai 2001: Parlament bestätigt Grundsatzentscheid der Regierung für ein Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle (HAA) am Standort Olkiluoto. Juli 2010: Parlament bestätigt Grundsatzentscheid der Regierung für die Erweiterung des Tiefenlagers
	Felslabors Grimsel (Granit) im Kanton Bern und Mont Terri (Tongestein) im Kanton Jura in Betrieb	Felslabor «ONKALO» für HAA in Olkiluoto in Betrieb, Baugesuch für Teifenlager am gleichen Standort 2012 eingereicht