

forumvera

VERANTWORTUNG FÜR
DIE ENTSÖRGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Inhalt

2–3 Vorwort

6–163 Glossar

164 Quellenverzeichnis

Impressum

Herausgeber Forum VERA, Bern

Redaktion Gabriela Winkler, dipl. sc. nat. ETH
Winkler Kommunikationsberatung,
Zürich-Oberglatt

Lektorat Harald Jenny, Dr. phil. II, Physiker,
Sicoa AG, Schaffhausen

Satz Nadine De Brito,
Winkler Kommunikationsberatung,
Zürich-Oberglatt

Druck Druckerei Frey AG, Andelfingen
2. ergänzte Auflage 2020

Tiefenlagerung von A–Z

forumvera

| | | |

VERANTWORTUNG FÜR
DIE ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Vorwort

Forum VERA setzt sich für eine technisch sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle ein. Das Akronym VERA steht für «Verantwortung für die Entsorgung radioaktiver Abfälle». Unabhängig von politischen Entscheiden zur weiteren Nutzung der Kernenergie in der Schweiz bleibt diese anspruchsvolle Aufgabe bestehen. Bekanntlich können gemäss der vom Volk genehmigten Energiestrategie 2050 die Kernkraftwerke weiterbetrieben werden solange sie von den Behörden als sicher eingestuft werden. Die rund 2'500 Mitglieder von Forum VERA sind Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Kultur und Politik. Darunter finden sich sowohl Gegner als auch Befürworter der Kernenergie. Die Mitgliedschaft ist offen für alle Interessierten.

Ziel des Vereins ist es, eine breite gesellschaftliche Abstützung der Entsorgung radioaktiver Abfälle sowie eine demokratische Übernahme der Verantwortung in diesem Bereich zu erreichen.

Die Leitlinie bei der Umsetzung lässt sich insbesondere mit drei Schlagwörtern beschreiben – Verantwortung, Nachhaltigkeit und Demokratie:

1. Die Verantwortung zeichnet sich durch den Kampf gegen das St. Floriansprinzip oder die Verlagerung der Problemlösung aus.

2. Durch das Gebot der Nachhaltigkeit soll die nutzniessende Generation verpflichtet werden, ihre Abfälle selber zu entsorgen.
3. Die Forderung nach demokratisch abgestützten Entscheiden verlangt einen etappenweisen und transparenten Weg zu den geforderten nachhaltigen Lösungen.

Das vorliegende Glossar erläutert die ständig angewendeten Begriffe rund um die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle aus Biologie, Chemie, Geologie, Kerntechnik und Physik. Zudem sind die gesetzlichen Grundlagen zur Kernenergie, zu Gewässerschutz, Raumplanung soweit sie die geologische Tiefenlagerung betreffen aufgeführt.

Wir hoffen, dass dieses Nachschlagewerk allen Interessierten, Mitwirkenden in den Regionalkonferenzen und unseren Mitgliedern eine verlässliche Lesehilfe in einer der wichtigsten Diskussionen in unserem Land ist.

Dr. sc. nat. ETH Kathy Riklin, aNationalrätin und Präsidentin Forum VERA

abc

Abbrand

Unter dem Begriff Abbrand versteht man in der Kern-energie-technik die Menge an Wärmeenergie, die pro Masseneinheit in einem → Brennelement erzeugt wurde. Der aktuell vorliegende Abbrand ist auch ein Mass dafür, wie stark der Brennstoff bereits verbraucht ist. Im Laufe der Zeit nimmt durch die → Kernspaltungen die Konzentration spaltbarer $^{235}\text{Uran}$ -Kerne (→ Uran) in den → Brennelementen immer mehr ab – «er brennt ab». Ein Teil des Konzentrationsabfalls wird durch die Entstehung von spaltbarem $^{239}\text{Plutonium}$ (→ Plutonium) kompensiert.

Abb

Abfallgebinde

Gesamtheit aus Abfallstoffen und Verpackung. Z.B. ein Metallfass mit darin einzementierten → SMA.

Abfallkategorien

In Art. 51 KEV sind drei Kategorien definiert, in welche die radioaktiven Abfälle einzuteilen sind:

- a. → hochaktive Abfälle (→ HAA): abgebrannte → Brennelemente, die nicht wiederaufgearbeitet werden und → verglaste Spaltproduktlösungen aus der → Wiederaufarbeitung von abgebrannten → Brennelementen)
- b. → alphanotoxische Abfälle (→ ATA): Abfälle, deren Gehalt an → Alphastrahlern den Wert von 20'000 → Bq/g konditionierter Abfall übersteigt
- c. Schwach- und mittelaktive Abfälle (→ SMA): alle anderen radioaktiven Abfälle

Abfallmengen

Für eine Betriebsdauer aller Schweizer Kernkraftwerke von 50 Jahren rechnen die Betreiber mit rund 3'600 Tonnen verbrauchtem Brennstoff. In Tiefenlagerbehälter verpackt, würde dieser Brennstoff, unter Berücksichtigung der teilweisen → Wiederaufarbeitung, 7'325 Kubikmeter beanspruchen. Dies entspricht etwa dem Volumen von sieben Einfamilienhäusern.

Prognostizierte Abfallmengen

(Verpackt, Betriebsdauer der Kernkraftwerke 50 Jahre)

BE (Verbrauchte Brennelemente) und verglaste → HAA
ca. 7'300 m³

→ SMA aus Betrieb und Abbruch der 5 KKW ca. 60'000 m³

→ SMA aus Medizin, Industrie und Forschung
ca. 33'000 m³

Gesamtmenge ca. 100'000 m³

Inklusive alphanotoxischer Abfälle

Für eine 50-jährige Betriebsdauer der fünf heutigen Kernkraftwerke rechnet die → Nagra mit insgesamt rund 60'000 Kubikmeter → SMA (inkl. Tiefenlagercontainer). Rund die Hälfte davon sind Abfälle, die beim Rückbau von Kernkraftwerken anfallen. Aus dem Bereich Medizin, Industrie und Forschung entstehen zusätzlich rund 33'000 Kubikmeter → SMA. Die zu entsorgende Gesamtmenge an radioaktiven Abfällen beläuft sich auf rund 100'000 Kubikmeter (inkl. Lagerbehälter). Dies entspricht etwa dem Volumen der Zürcher Bahnhofshalle.

Abgeltungen

Für Abgeltungen gibt es keine Rechtsgrundlage. Aufgrund der Erfahrungen im In- und Ausland, ist davon auszugehen, dass eine Standortregion Abgeltungen erhalten wird. Der Konzeptteil des → Sachplans sorgt dafür, dass die Festlegung von Abgeltungen transparent und nicht losgelöst vom übrigen Sachplanverfahren verläuft. So sollen Abgeltungen in Etappe 3 ausgehandelt und von den → Entsorgungspflichtigen erst geleistet werden, wenn eine rechtskräftige → Rahmenbewilligung vorliegt. Damit wird eine → Standortregion für eine Leistung abgegolten, welche sie für die Lösung einer nationalen Aufgabe leistet. Für die Verteilung und Verwendung der Abgeltungen erarbeitet die Standortregion Vorschläge zuhanden der betroffenen Kantone und Gemeinden der Standortregion.

Abg

Abklingbecken

In der Regel → Nasslager bei den Kernkraftwerken. In ihnen werden die noch viel Wärme entwickelnden abgebrannten → Brennelemente mit Wasser gekühlt. Durch eine mindestens 2 m hohe Wassersäule über dem → Brennelement wird, wie im Reaktor, die Umgebung von radioaktiver Strahlung abgeschirmt.

Abklingen

Allmähliche Abnahme der Strahlungsaktivität eines radioaktiven Stoffes und der dadurch erzeugten Wärme.

Abklingzeit

Zeitraum, den abgebrannte → Brennelemente im → Abklingbecken verweilen müssen, bis sie so wenig Wärme und → Radioaktivität erzeugen, dass sie transportfähig sind.

Abschirmung

Vor radioaktiver Strahlung kann man sich durch Abschirmung schützen.

Abschirmung der Alphastrahlung

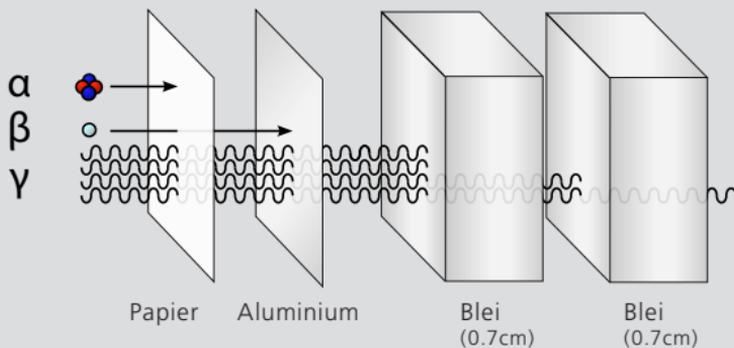
10 cm Luft oder 1 Blatt Papier
(Abstand halten genügt)

Abschirmung der Betastrahlung

Einige Meter Luft oder eine 2 mm dicke Aluminiumplatte

Abschirmung der Gammastrahlung

Reduktion auf die Hälfte der Strahlung (Halbwertsdicke) durch:
(Bsp. ^{137}Cs): 100 m Luft
8 cm Wasser
3 cm Beton
1 cm Eisen
0.7 cm Blei



Abk

Abteufen

oder Teufen ist ein Begriff aus der Bergmannssprache. Es bezeichnet die Herstellung von senkrechten Hohlräumen (→ Schächten oder Bohrlöchern) von oben nach unten zur Erschliessung von Lagerstätten.

Actinoide

Die Actinoidenelemente umfassen alle chemischen Elemente und deren → Isotope mit einer Ordnungszahl oberhalb des Actiniums (89) und unterhalb des Rutherfordiums (104). Actinoide sind radioaktiv und besonders langlebig.

Abt

Advektion (Hydrogeologie)

Transport von Stoffen mit der Grundwasserströmung.

AGNEB

Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung.

Aktivität

Die Aktivität oder → Zerfallsrate einer → radioaktiven Stoffmenge ist die Anzahl der → Kernzerfälle pro Zeiteinheit.

Aktivierung oder Aktivieren

geht auf das Adjektiv aktiv (lat. *activus* «tätig, wirksam») zurück. Eine Aktivierung ist allgemein ein «in Tätigkeit setzen», «in Gang bringen» und bezeichnet im Besonderen die Erzeugung von → radioaktiven Stoffen in einem Material durch Bestrahlung.

Aktivierungsprodukte

Dies sind ursprünglich nichtradioaktive Materialien aus dem Reaktor oder dessen Umgebung, die durch Neutroneneinfang von Spalt-Neutronen in radioaktive → Nuklide umgewandelt wurden (prominentestes → Nuklid ist hier → $^{60}\text{Cobalt}$).

Allochthon

(altgriechisch *allos* «anders, verschieden» und *chthon* «Erde»; also etwa in der Bedeutung «fremd», «auswärtig»). Gegensatz → autochthon. In der Geologie vom Bildungsort entfernte, durch Transportvorgänge in fremde Umgebung verbrachte geologische Objekte verschiedener Grössenordnungen.

Im kleineren Massstab können dies Gesteinsbruchstücke, Gerölle und Gletschergeschiebe (Findlinge) sein, im grösseren Massstab auch Kohlevorkommen, vor allem aber tektonische Decken.

Akt

Alphastrahlen

Alphastrahlen sind → Atomkerne des Elements Helium, die beim radioaktiven Zerfall anderer → Atomkerne mit einer Geschwindigkeit von rund 15'000 Kilometern pro Sekunde ausgesandt werden. Sie werden bereits durch wenige Zentimeter Luft absorbiert und können weder ein Blatt Papier noch die Haut des Menschen durchdringen. Sie sind für den Menschen nur gefährlich, wenn sie durch Atmung und Nahrung ins Körperinnere gelangen.

Ammonit

Vor zirka 65 Mio. Jahren ausgestorbene Gruppe von Meeresbewohnern. In ihrem Aussehen vergleichbar mit einem Tintenfisch, dessen Körper normalerweise in einem flachen, spiralförmigen Gehäuse steckt. In Sedimentgesteinen finden sich in Form von Versteinerungen Spuren von abgestorbenen Ammoniten, die zusammen mit dem entstehenden Sediment am Meeresgrund abgelagert wurden. Mit Hilfe solcher Spuren und dem Wissen, zu welchem Zeitpunkt in der Erdgeschichte welche Ammonitenart gelebt hat, kann man Sedimentschichten zeitlich abgrenzen.

Amm

Amorph

Im amorphen Zustand (grch. *amorph* «ohne Gestalt») befinden sich homogene Feststoffe, deren molekulare Bestandteile nicht in Kristallgittern angeordnet sind. Das Gegenteil ist ein Stoff im molekular geordneten, also → kristallinen Zustand. Beispiele für amorphe Substanzen sind der natürlich vorkommende Obsidian oder Fensterglas.

Anhörung

Am Ende jeder Etappe des → SGT werden der Ergebnisbericht sowie die → Objektblätter den betroffenen Kantonen zugestellt und während mindestens 20 Tagen öffentlich aufgelegt. Das Anhörungsverfahren dauert in der Regel 3 Monate (Art. 19 → RPV).

Anhydrit

Chemisches → Sediment. Mineral (wasserfreies Calciumsulfat, CaSO_4), das sich oft zusammen mit Gips (wasserhaltiges Calciumsulfat, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) als Verdunstungsprodukt von Meerwasser bildet.

Anreicherung

→ Natururan besteht zu etwa 99,3 % aus ^{238}U uran und zu 0,7 % aus ^{235}U uran. Spaltbar ist das Isotop ^{235}U uran. Mit Uran-Anreicherung wird die Veränderung der Isotopenzusammensetzung von → Natururan zugunsten des → Isotops ^{235}U uran bezeichnet. Unterschiedlich stark mit ^{235}U uran angereichertes → Uran dient als → Kernbrennstoff für Kernreaktoren.

Anh

Äquivalentdosis

ist definiert als die vom Körper aufgenommene Energiedosis durch → ionisierende Strahlung unter Berücksichtigung ihrer biologischen Wirkung. Die Äquivalentdosis wird in der Einheit → Sievert (Sv) angegeben. Die Äquivalentdosisleistung ist die pro Zeiteinheit aufgenommene Äquivalentdosis.

Arbeitsgruppe Information und Kommunikation

In der «Arbeitsgruppe Information und Kommunikation» vertreten sind der Bund (→ BFE und → ENSI), die Standortkantone und -regionen, Deutschland und die → Nagra. Die Arbeitsgruppe plant und koordiniert die Informations- und Kommunikationstätigkeiten im Zusammenhang mit dem Sachplanverfahren.

Arbeitsgruppe Raumplanung

Die «Arbeitsgruppe Raumplanung» unterstützt das Bundesamt für Raumentwicklung (→ ARE). Vertreten sind Expertinnen und Experten des Bundes (→ ARE, → BFE und Bundesamt für Umwelt (BAFU)), der Standortkanton der Bundesrepublik Deutschland sowie der → Nagra.

ARE

Bundesamt für Raumentwicklung

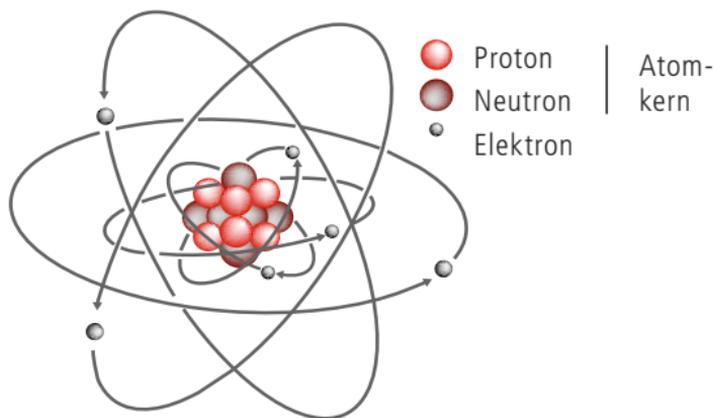
ATA

Alphatoxische Abfälle → Abfallkategorien. → Radioaktive Abfälle mit einem hohen Gehalt an sogenannten Alphastrahlern, d.h. an Stoffen, die beim radioaktiven Zerfall → Alphastrahlung aussenden. Alphatoxische Abfälle werden bei der → Wiederaufarbeitung von den verbrauchten → Brennelementen abgetrennt. Die → Abfallkategorie wurde durch das neue → Kernenergiegesetz eingeführt. Diese Abfälle haben Ähnlichkeit mit der Klasse → LMA, welche die → Nagra in früheren Berichten verwendete.

Atom

(altgrch. *atomos* «unteilbar») Atome bestehen aus einem positiv geladenen → Atomkern (bestehend aus → Protonen und → Neutronen) und einer Atomhülle aus negativ geladenen → Elektronen.

Atome sind die Grundbausteine der Materie und die kleinste Einheit, in die sich Materie mit mechanischen oder chemischen Mitteln zerlegen lässt.



Im Normalzustand sind Atome elektrisch neutral. Durch Entfernen oder Hinzufügen eines → Elektrons bekommen sie eine Ladung. Dieser Prozess heisst Ionisierung, das entstehende Teilchen ist ein → Ion.

Atomkern

Der sich im Zentrum eines → Atoms befindende, elektrisch positiv geladene Kern, in dem sich trotz seines geringen Durchmessers von etwa $1/10'000$ bis $1/100'000$ des Durchmessers der Elektronenhülle, mehr als 99,9% der Masse des gesamten → Atoms konzentriert. Atomkerne enthalten positiv geladene Protonen und ungeladene → Neutronen. Die Anzahl der → Neutronen in den Atomkernen eines Elements kann variieren, dabei handelt es sich um → Isotope des Elements.

Au

→ Gewässerschutzgesetz

Aufarbeitung

→ Wiederaufarbeitung

Auflockerungszone

Wird ein Fels oder Gebirge zur Erstellung eines Tunnels, eines → Schachtes oder einer → Rampe aufgefahren, so wird durch die Bohr- oder Sprengarbeiten das den Hohlraum umliegende Gestein aufgelockert. Dadurch kann das Gestein durchlässiger werden.

Ausbreitungsbarriere

Auf

Der Begriff stammt aus der Biologie. Er wird verstanden als ein Gebiet, das von einer Tier- oder Pflanzenart mit Hilfe ihrer Ausbreitungseinheiten nur mit einer Wahrscheinlichkeit, die gegen Null geht, überwunden werden kann. Bei der Handhabung radioaktiver Stoffe soll ein gestaffeltes System von → Barrieren dafür sorgen, dass diese sicher eingeschlossen sind, bzw. sich nur mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit ausbreiten können. Dies gilt sowohl in einem Kernreaktor als auch in einem → Zwischenlager und später in einem → Tiefenlager.

Gemäss internationalem Standard, werden für Tiefenlager vier → Barrieren vorgesehen. Bei → HAA aus der → Wiederaufarbeitung zum Beispiel, sind das eine Glasmatrix, in welche die → HAA eingeschmolzen werden, ein Metallbehälter, die Stollenverfüllung aus quellfähigem → Bentonit und das dichte → Wirtgestein.

Auslaugrate

Mass für das Auslaugverhalten von Festkörpern in Flüssigkeiten. Die Auslaugrate (Freisetzung) eines → Radionuklids aus Abfallmatrizen im Kontakt mit einem wässrigen Medium.

Auslegungskonzept

Die Auslegung bezeichnet in der Technik die Gestaltung von Bauten und Bauteilen, damit sie ihren definierten Zweck erfüllen können. Das kann alle Aspekte des Entwurfs, der Konstruktion, der Herstellung, des Betriebs und des Einsatzendes betreffen:

- Einsatzumgebung mit Temperatur, Druck und Feuchte
- Atmosphäre
- Lasten und Lastenkollektive
- Reparaturmöglichkeiten
- Lebensdauer
- Entsorgungsmöglichkeiten

Aus

Ausschuss der Kantone

Der «Ausschuss der Kantone» (AdK) stellt die Zusammenarbeit sicher zwischen den Standortkantonen, den betroffenen Nachbarkantonen und Nachbarstaaten. Er begleitet den Bund bei der Durchführung des Verfahrens und gibt Empfehlungen ab.

Autochthon

Bezeichnet Dinge, Personen oder Phänomene, die an ihrem ursprünglichen Entstehungsort existieren (altgrch. *autós* «selbst»; *chthon* «Erde», also etwa «einhei-

misch», «eingeboren», «alteingesessen», «bodenständig» oder «an Ort und Stelle entstanden»). In der → Geologie bezeichnet man damit Gesteine, die nicht → tektonisch verschoben sind (ant. → allochthon). Sedimentgesteine beispielsweise sind → autochthon gebildet. D.h. sie entstehen dort, wo sie abgelagert worden sind. Ähnlich verhält es sich mit → Lava, die als Lavastrom oder -see erstarrt.

Barrieren

Der sichere Einschluss des radioaktiven → Inventars einer kerntechnischen Anlage erfolgt nach dem → Mehrfachbarrierenprinzip, d.h. zur Freisetzung radioaktiver Stoffe müssen diese mehrere verschiedene, hintereinander geschaltete Barrieren passieren.

Die radiologischen Barrieren eines Kernreaktors bestehen aus:

- der Rückhaltung der Spaltprodukte im → Kernbrennstoff selbst
- dem Einschluss des → Kernbrennstoffs in Hüllrohren
- dem Einschluss der → Brennelemente im Reaktordruckbehälter
- dem gasdichten Sicherheitsbehälter um den Reaktordruckbehälter

Die radiologischen Barrieren bei radioaktiven Abfällen umfassen:

- die Rückhaltung der → HAA aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen in einer Glasmatrix bzw. der schwach- und mittelaktiven Abfälle in einer Zementmatrix

- den Einschluss der Abfälle in Metallbehältern
- die Abdichtung der Lagerstollen mit Bentonit oder anderen geeigneten Stoffen
- das → Wirtgestein in 400 bis 900 bei → HAA resp. bei → SMA in 200 bis 800 m Tiefe.

Baubewilligung

Nach erteilter → Rahmenbewilligung, sind die → Entsorgungspflichtigen gemäss → Kernenergiegesetz verpflichtet, für die Errichtung einer Kernanlage ein Bauprojekt einzureichen. Bau- und → Betriebsbewilligungen können vor Bundesverwaltungsgericht und Bundesgericht angefochten werden.

Bau

Bauphase

Die Bauphase erstreckt sich über mehrere Etappen. Sie beginnt mit dem Bau eines → Felslabors untertags am Standort. Danach muss eine → Baubewilligung für das eigentliche → Lager erlangt werden. Während der Bauphase wird zudem die → Betriebsbewilligung vorbereitet und eingereicht.

BE

→ Brennelement

Becquerel

Abk.: Bq. Masseinheit für die → Aktivität radioaktiver Stoffe. Gibt die Anzahl der → Atome an, die pro Sekunde zerfallen. 1 Becquerel ist also ein Zerfall pro Sekunde. Die Einheit ist benannt nach dem französischen Physiker Antoine Henri Becquerel.

Beirat Entsorgung

Der «Beirat Entsorgung» berät das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) bei der Durchführung des Sachplans.

Benken

Für den Entsorgungsnachweis untersuchte die → Nagra im Zürcher Weinland u.a. mittels einer Tiefenbohrung in Benken die grundsätzliche Eignung des geologischen Untergrundes für die Aufnahme eines geologischen Tiefenlagers für → HAA. Der Bundesrat entschied im Juni 2006, damit sei der Nachweis erbracht, dass in der Schweiz ein Tiefenlager für → HAA machbar sei.

Bei

Bentonit

Bentonit entsteht durch Verwitterung vulkanischer Asche. Er wird bei Bauwerksabdichtungen verwendet und als mögliche → Barriere bei der Tiefenlagerung von radioaktiven Abfällen. Bentonit kann sehr viel Feuchtigkeit binden, man findet es daher auch in Katzenstreu.

Beobachtungsphase

Definition gemäss Art. 3 → KEG: Längerer Zeitraum, währenddessen ein → geologisches Tiefenlager vor dem → Verschluss überwacht wird und die radioaktiven Abfälle ohne grossen Aufwand zurückgeholt werden können.

Bergfeuchtigkeit

Bezeichnung für das in feinen Haarrissen und Gesteinsporen haftende Wasser.

Betastrahlen

Betastrahlen sind meistens → Elektronen, die fast mit Lichtgeschwindigkeit aus zerfallenden → Atomkernen austreten. Ihr Durchdringungsvermögen beträgt in der Luft einige Meter, bei Kunststoffen, Aluminium und im menschlichen Gewebe einige Millimeter. Sie führen zu einer Hautdosis; Betastrahler sind bei Aufnahme in den Körper gefährlich.

Betriebsbewilligung

Alle Kernanlagen benötigen gemäss → Kernenergiegesetz zunächst eine → Rahmenbewilligung, danach eine → Baubewilligung und schliesslich eine Betriebsbewilligung.

Bet

BEVA

Brennelementverpackungsanlage. Die abgebrannten Brennelemente und die verglasten radioaktiven Abfälle müssen für die Entsorgung im geologischen Tiefenlager aus technischen Gründen von den Transportbehältern in kleinere, spezielle Endlagerbehälter umgeladen werden.

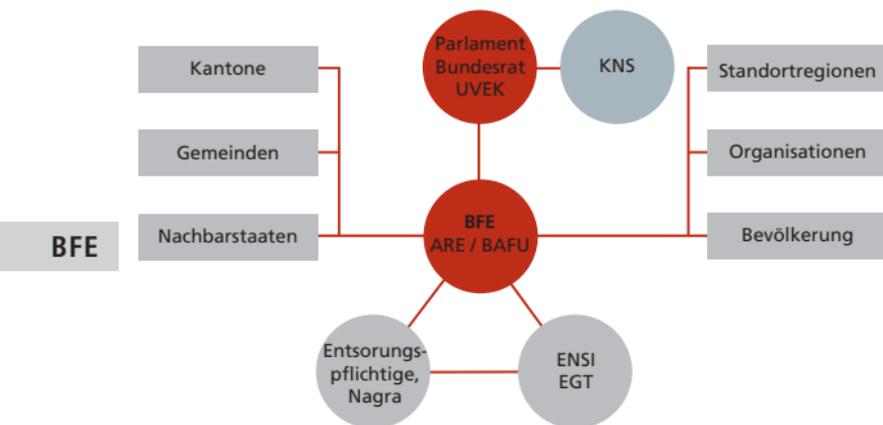
Beznau

Standort des ältesten noch in Betrieb stehenden Kernkraftwerkes in der Schweiz im unteren Aaretal. 2 Druckwasserreaktorblöcke, Nennleistung je 380 MW brutto / 365 MW netto.

Beznau I ging 1969 in Betrieb, Beznau II 1972.

BFE

Bundesamt für Energie. Das BFE erarbeitet die Grundlagen für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle und führt das Sekretariat → AGNEB. Zentrale Aufgabe des BFE im Standortwahlverfahren ist die Umsetzung des → SGT und die Leitung des Standortauswahlverfahrens.



Beteiligte im Standortwahlverfahren

Biosphäre

Lebensbereiche aller Organismen der Erde. Dazu zählen die Atmosphäre, der Boden und die Gewässer (Grund- und Oberflächenwässer), die eventuell als Trinkwasserreservoir genutzt werden.

Bohrkern

Als Bohrkern wird ein zylindrischer Körper bezeichnet, der mit Hilfe eines Kernbohrgerätes aus Gesteinen, Baustoffen oder Bauwerken entnommen wird. Auf diese

Weise können Gesteinsproben gewonnen werden, die es erlauben den Aufbau des geologischen Untergrundes zu analysieren.

Bohrungen

Im schweizerischen Mittelland sind für geologische Untersuchungen im Zusammenhang mit der → Entsorgung radioaktiver Abfälle Bohrungen in Kaisten, → Leibstadt, Siblingen, Schafisheim, Böttstein, Riniken, Weiach und → Benken gemacht worden.

Bq

→ Becquerel

Boh

«Brauner Dogger»

Der «*Braune Dogger*» (Wirtgestein für SMA) besteht aus einer tonreichen Abfolge gering durchlässiger Sedimentgesteine, die über dem → Opalinuston im Jurameer abgelagert wurden. Die Tongesteinsabfolge «Brauner Dogger» zeichnet sich durch eine gute Barrierenwirkung aus, primär durch den substanziellen Gehalt an quellfähigen → Tonmineralien.

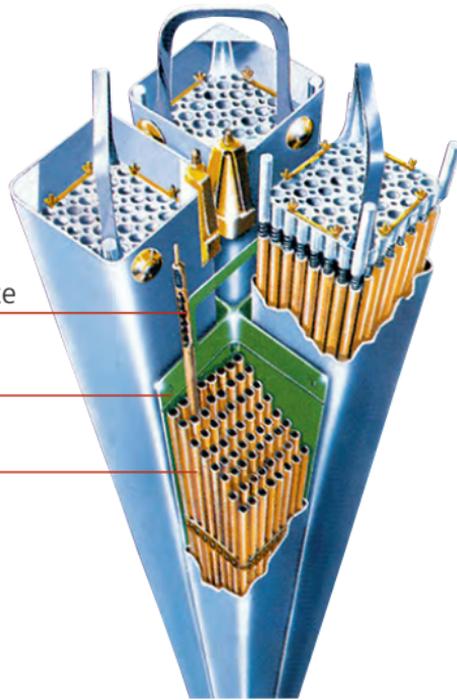
Brennelement

Eine Anordnung von → Brennstäben, in welcher der → Kernbrennstoff in der Form von Brennstofftabletten eingebaut und in den Kernreaktor eingesetzt wird. Ein Brennelement eines Druckwasserreaktors enthält rund 530 kg, das eines Siedewasserreaktors rund 190 kg → Uran.

Brennstofftablette

Steuerelement

Brennstab



Bre

Modell Brennelement

Brennstäbe

Ein Brennstab in → Kernreaktoren ist eine mit dem zur → Kernspaltung vorgesehenen Brennstoff gefüllte Röhre. Der → Kernbrennstoff besteht meist aus gesinteren Tabletten (Pellets) aus → Uran-dioxid oder einem Mischoxid von Uran-dioxid und → Plutonium-dioxid. Nach einiger Zeit ist ein Brennstab «abgebrannt», d.h. durch die → Kettenreaktion ist ein solcher Anteil der Masse von Brennstoff in → Spaltprodukte umgesetzt, dass das Brennelement nicht mehr effizient zur Energieerzeugung genutzt werden kann. Er wird gegen ein

frisches ausgetauscht. Die verbrauchten Brennelemente werden → wiederaufbereitet oder → zwischengelagert.

Caesium - Cs

Caesium gehört zu den Alkalimetallen. Caesium als ^{133}Cs ist das schwerste stabile Alkalimetall. Alle anderen Caesiumisotope sind radioaktiv und kommen nur als künstliche Spaltprodukte bei Kernreaktionen vor. ^{137}Cs ist neben dem Cobaltisotop ^{60}Co eine wichtige → Gammastrahlenquelle und wird in der Strahlentherapie zur Behandlung von Krebserkrankungen, zur Messung der Fliessgeschwindigkeit in Röhren und zur Dickenprüfung, etwa von Papier, Filmen oder Metall verwendet. Daneben dient es in der Qualitätskontrolle in der Nuklearmedizin als langlebiges → Nuklid in Prüfstrahlern. Grössere Mengen des Isotops ^{137}Cs gelangten durch oberirdische Kernwaffenversuche und durch die Reaktorunglücke von Tschernobyl und Fukushima in die Umwelt.

Cae

Castor

Castor ist die Abkürzung für engl. **c**ask for storage and transport of radioactive material, also Behälter zur Aufbewahrung und zum Transport radioaktiven Materials. Castor-Behälter sind Spezialbehälter zur Lagerung und zum Transport radioaktiver Abfälle, zum Beispiel von abgebrannten → Brennelementen aus Kernkraftwerken oder Abfallprodukten (→ Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung.

Cobalt

Symbol: Co. (chem. Fachsprache von lat. cobaltum «Kobold») Chemisches Element mit der Ordnungszahl 27. Cobaltvorkommen wurden im Mittelalter häufig für wertvolle Silber- und Kupfererze gehalten. Da sie sich aber nicht verarbeiten liessen und wegen des Arsengehalts beim Erhitzen schlechte Gerüche abgaben, glaubte man, Kobolde hätten das kostbare Silber aufgefressen und an seiner Stelle wertlosere silberfarbene → Erze ausgeschieden. Man nannte es deshalb Kobolderz bzw. Cobalt.

Cob

Curie

Eine heute veraltete Einheit für die Aktivität eines radioaktiven Stoffes, benannt nach Marie und Pierre Curie, die zusammen mit Antoine Henri → Becquerel 1903 den Nobelpreis für die Entdeckung der → Radioaktivität erhielten. Marie Curie erkannte, dass die «Becquerel-Strahlung» eine Eigenschaft der Atome und keine chemische Eigenschaft ist. 1 Curie wurde ursprünglich als die Aktivität von 1g → $^{226}\text{Radium}$ definiert und später auf den annähernd gleichen Wert $3,7 \cdot 10^{10}$ → Becquerel (= 37 GBq) festgelegt.

Dekontamination

Unter Dekontamination versteht man das Entfernen von gefährlichen Verunreinigungen (→ Kontaminationen) von Personen, Objekten oder ungeschützten Flächen. Die Gefährdungen können dabei radioaktiver, biologischer oder chemischer Natur sein.

DHM25

Das **D**igitale **H**öhen**m**odell DHM25 ist ein Datensatz, welcher die dreidimensionale Form der Erdoberfläche ohne Bewuchs und Bebauung beschreibt. Es wurde im Wesentlichen aus der Höheninformation der Landeskarte 1:25 000 (LK25) abgeleitet.

Diagenese

Die Diagenese (grch. *dia* «durch», «hindurch»; *genesis* «Entstehen», «Entstehung») ist der geologische Prozess der Verfestigung von Lockersedimenten wie Schlamm und die Veränderung der Gesteine unter verhältnismäßig niedrigen Drücken und Temperaturen. Aus lockerem Sand wird so fester Sandstein. Ein weiteres Beispiel ist die Bildung von Feuerstein aus Kieselsäure-Anreicherungen in Kalksteinen, oder die Bildung von Fossilien aus Tier- und Pflanzenresten (Fossilisation).

DHM

Diffusion

Natürlich ablaufender Konzentrationsausgleich von gelösten Stoffen zwischen Bereichen höherer und niedrigerer Konzentration. Ein stark vereinfachtes Beispiel zur Veranschaulichung: Diffusion findet statt, wenn ein Stück Zucker in eine Tasse Kaffee gegeben wird. Nach einer gewissen Zeit wird der Kaffee süß, auch wenn nicht gerührt wird. Die Zuckermoleküle diffundieren, bis der Kaffee überall gleich süß ist – bis sich die Konzentration der Zuckermoleküle im Kaffee ausgeglichen hat.

Diluvium

→ Eiszeit. Der Begriff Diluvium, lat. für Überschwemmung (lat. *diluere* «weg waschen»), bezeichnet den geologischen Zeitabschnitt des → Pleistozäns. Der Begriff wurde vor allem in der Literatur des 18. und 19. Jahrhunderts verwendet.

Dogger

Geologischer Zeitabschnitt im mittleren Jura von vor 174 bis vor 163 Mio. Jahren.

Dosimeter

Das Dosimeter ist ein Messgerät zur Bestimmung der → Strahlendosis, welches in der Personendosimetrie auf dem Körper getragen wird. Man verwendet dafür Ganzkörper- und Fingerringdosimeter.

Dil

Dosis

In der Radiologie und der Nuklearmedizin (Diagnostik und Strahlentherapie) bezeichnet die Dosis die Menge der aufgenommenen Strahlung im Körper.

Dosisgrenzwerte

Effektive Dosis für beruflich strahlenexponierte Personen:

- 20 mSv pro Jahr
(externe Bestrahlung und Einverleibung)
- 5 mSv pro Jahr
für Personen im Alter von 16 – 18 Jahren

DTM

Digitales Terrainmodell, welches die natürliche Erdoberfläche bildlich darstellt.

EDI

Eidg. Departement des Innern

EDZ

→ Auflockerungszone um den Lagerstollen (Excavation Disturbed Zone)

Effinger Schichten

Die Effinger Schichten (Wirtgestein für SMA) bestehen aus zirka 160 Mio. Jahre alten marinen Tonmergeln bis Mergelkalken, die über dem → Braunen Dogger im → Jurameer abgelagert wurden. Innerhalb der tonreichen Mergelschichten sind örtlich Kalkbänke eingeschaltet. Trotzdem zeichnen sich die Effinger Schichten in geeigneter Lage durch eine geringe Wasserdurchlässigkeit aus.

DTM

EGT

Die Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung löste 2012 die → KNE ab.

Im Rahmen des → SGT, unterstützt die EGT das → ENSI und nimmt zu erdwissenschaftlichen und bautechnischen Fragen Stellung. Die Expertengruppe

- unterstützt das → ENSI bei der sicherheitstechnischen Beurteilung im → Sachplan- und Rahmenbewilligungsverfahren

- verfasst zuhanden des → ENSI Stellungnahmen zur geologischen Beurteilung der Standortgebiete und Standorte
- verfasst zuhanden des → ENSI Stellungnahmen zur bautechnischen Machbarkeit von geologischen Tiefenlagern
- verfasst zuhanden des → ENSI Stellungnahmen zu Gesuchen für erdwissenschaftliche Untersuchungen und arbeitet in den Aufsichtskommissionen mit
- arbeitet im → Technischen Forum Sicherheit mit
- berät das → ENSI beim Beizug von Expertinnen und Experten.

EGT

Die EGT setzt sich aus Fachleuten des Hochschulbereichs und der Privatwirtschaft zusammen, die in keinem Auftragsverhältnis zu den Projektanten geologischer Tiefenlager stehen. Die EGT besteht aus mindestens 7 und max. 11 Mitgliedern.

EGTS

Engineered Gas Transport System. Das EGTS bezweckt, die Gastransportkapazität der verfüllten Untertagebauwerke zu erhöhen, ohne die Radionuklid-Rückhaltefunktion der → technischen Barrieren zu beeinträchtigen.

Einlagerungsphase (HAA)

Zeitraum, in welchem → HAA und abgebrannte → Brennelemente aus dem → Zwischenlager in die → Oberflächenanlage eingeliefert werden, dort in Lagerbehälter umgepackt und in die Stollen unter Tage eingelagert werden. In dieser Phase werden die Stollen laufend mit Bentonitgranulat verfüllt.

Einschlusswirksamer Gebirgsbereich

Teil des geologischen Untergrundes, der bei normaler Entwicklung des geologischen Tiefenlagers im Zusammenwirken mit den → technischen Barrieren den Einschluss und die Rückhaltung der → Radionuklide sicherstellen muss. → Wirtgestein

Eiszeit

Der Begriff Eiszeit wird in der Umgangssprache oft synonym für Kaltzeit (Glazial) verwendet. Er wurde in diesem Sinn 1837 von Karl Friedrich Schimper eingeführt und später gleichbedeutend mit Eiszeitalter verwendet. Während der Begriff Eiszeit heute als Synonym für Kaltzeit verwendet wird, umfasst ein Eiszeitalter sowohl die Kaltzeiten als auch die dazwischen liegenden Warmzeiten (Interglaziale). Erdgeschichtlich ist dieses jüngste Eiszeitalter noch nicht beendet, da das Holozän nur eine weitere Warmzeit innerhalb des känozoischen Eiszeitalters ist, das durch fortdauernde polare Eiskappen definiert ist.

Ein

EKRA

Expertengruppe Entsorgungskonzepte für → radioaktive Abfälle. 1999 vom → UVEK eingesetzte Expertengruppe → EKRA mit dem Auftrag Grundlagen zu erarbeiten, um die zur Debatte stehenden Entsorgungskonzepte zu vergleichen.

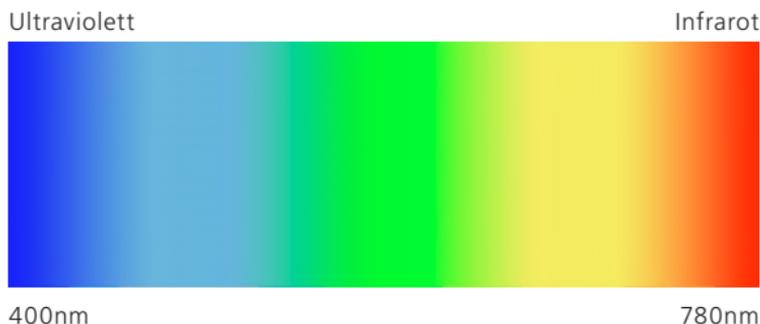
Die → EKRA kam in ihrem Bericht zum Schluss, dass einzig die geologische Tiefenlagerung den erforderlichen langfristigen Schutz von Mensch und Umwelt gewährleisten kann. Sie entwickelte deshalb das Konzept

der «kontrollierten geologischen Langzeitlagerung». Dieses verbindet die Endlagerung mit der Möglichkeit der → Rückholung und damit mit der Reversibilität. Vor dem → Verschluss des Lagers sieht das Konzept unter anderem eine längere → Beobachtungsphase sowie den Betrieb eines Pilotlagers vor (Prinzip der Überwachbarkeit). Während dieser Zeit können die Abfälle ohne grösseren Aufwand zurückgeholt werden. Überwachung, Kontrolle und Unterhalt können für mehrere Generationen vorgesehen werden (Prinzip der Rückholbarkeit). Das EKRA-Konzept wurde in das → KEG als → geologisches Tiefenlager aufgenommen.

Ele

Elektromagnetische Welle

Das alltägliche, vertrauteste Beispiel einer elektromagnetischen Welle ist sichtbares Licht. Ebenfalls eine natürliche, alltägliche Erscheinung elektromagnetischer Wellen ist die unsichtbare Wärmestrahlung, das sogenannte «Infrarot» sowie das ebenfalls unsichtbare Ultraviolett und die Röntgen- und Gammastrahlung.



Sichtbares Licht

Elektron

Das Elektron (altgr. *ἤλεκτρον* «Bernstein», an dem Elektrizität erstmals beobachtet wurde), ist ein negativ geladenes Elementarteilchen in der Atomhülle. Sein Symbol ist e^- .

Emission

(lat. *emittere* «aussenden») steht für:

- die Aussendung von elektromagnetischen Wellen durch Elektronenübergänge in → Atomen und → Molekülen
- Gammastrahlung, die Aussendung von elektromagnetischen Wellen durch → Atomkerne
- Teilchenstrahlung, die Aussendung von Teilchen durch → Atomkerne
- Elektronenemission, die Aussendung von → Elektronen aus einem Material
- Schallemission, die Erzeugung von Schallwellen
- Emission (Umwelt), die Abgabe von Substanzen oder Strahlung an die Umwelt

Ele

ENSI

Das eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI ist die Aufsichtsbehörde des Bundes für die nukleare Sicherheit und Sicherung der schweizerischen Kernanlagen. Es hat am 1. Januar 2009 seine Tätigkeit als Nachfolgeorganisation der → HSK aufgenommen. Aufgaben und Personal blieben gleich, doch während die → HSK zum → BFE gehörte, ist das ENSI eine unabhängige öffentlich-rechtliche Anstalt – vergleichbar mit der SUVA oder dem Institut für geistiges Eigentum. Sitz des ENSI ist Brugg im Kanton Aargau.

Entsorgung

Definition gemäss Art. 3 KEG: → Konditionierung, → Zwischenlagerung und → Lagerung der radioaktiven Abfälle in einem → geologischen Tiefenlager.

Entsorgungsfonds

Der Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke wurde im Jahr 2000 gegründet. Er soll die Kosten für die → Entsorgung der Betriebsabfälle und der abgebrannten → Brennelemente nach der Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerks decken. Die wichtigsten Kostenelemente sind Transport- und Lagerbehälter, Transporte, → Wiederaufarbeitung resp. → Brennelemententsorgung, zentrale Abfallbehandlung und Zwischenlagerung sowie die geologische Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle in zwei geologischen Tiefenlagern. Beitragspflichtig sind die Eigentümer der fünf → KKW → Beznau 1 und 2, → Mühleberg, → Gösgen und → Leibstadt.

Ent

Entsorgungskette

Unter Entsorgungskette versteht man den Ablauf von der Entstehung der Abfälle bis zu ihrer Lagerung. → Radioaktive Abfälle müssen zuerst behandelt und zwischengelagert werden, bevor sie in ein Tiefenlager gelangen. Die einzelnen Schritte erfolgen unter Kontrolle der Bundesbehörden.

Im → Kernenergiegesetz ist festgehalten, dass im Umgang mit radioaktiven Stoffen möglichst wenig radioaktiver Abfall entstehen darf. Die trotz dieses Verminderungsprinzips entstandenen Abfälle müssen zuerst in eine langfristig stabile Form gebracht werden (→ Kondi-

tionierung) und in geeignete Lagerbehälter (Betoncontainer, Sicherheitsbehälter aus Stahl) verpackt werden. Bis die → geologischen Tiefenlager bereit stehen, erfolgt eine → Zwischenlagerung.

Entsorgungskonzept

Nach heutigem Wissensstand, ist die geologische Endlagerung die einzige Methode zur Beseitigung der radioaktiven Abfälle, die auch den Anforderungen an die → Langzeitsicherheit entspricht. Konzepte, deren Sicherheit auf ständiger Überwachung durch den Menschen beruhen, erfüllen diese Anforderungen nicht. Die Schweiz hat sich aus diesem Grund für das Konzept des geologischen Tiefenlagers entschieden. Nach dem → Verschluss ist der Bund für das → Lager verantwortlich.

Ent

Entsorgungskosten

Die Entsorgungskosten betragen auf Basis der Kostenstudie 2016 19,751 Mrd. Franken. Die während des Betriebs anfallenden Entsorgungskosten werden durch die Betreiber direkt bezahlt. Bis 2018 waren dies rund 5,9 Mrd. Franken. Bis zur Ausserbetriebnahme aller Kernkraftwerke werden es 7,6 Mrd. Franken sein. Der → Entsorgungsfonds muss die noch verbleibenden Kosten decken. Ende 2018 betrug das angesammelte Kapital im Entsorgungsfonds rund 5,1 Mrd. Franken. Die noch ausstehenden Mittel werden durch Fondsbeiträge der Kernkraftwerksbetreiber und Kapitalerträge auf dem Fondsvermögen bereitgestellt. Die Berechnungen werden laufend durch das Eidgenössische Nuklearsicher-

heitsinspektorat → ENSI unter Einbezug externer Experten überprüft

Entsorgungsnachweis

Der Entsorgungsnachweis ist der Nachweis über die grundsätzliche Machbarkeit der → Entsorgung radioaktiver Abfälle in einer bestimmten geologischen Schicht. Der Entsorgungsnachweis zeigt auf, dass in der Schweiz ein genügend grosser Gesteinskörper mit den erforderlichen Eigenschaften existiert. Der Entsorgungsnachweis ist sowohl für → SMA im Jahre 1988 als auch für → HAA 2006 erbracht worden.

Ent

Entsorgungspflichtige

Wer eine Kernanlage betreibt oder stilllegt, ist verpflichtet, die aus der Anlage stammenden radioaktiven Abfälle auf eigene Kosten sicher zu entsorgen (Art. 31 KEG). Der Bund entsorgt die radioaktiven Abfälle, die nach Artikel 27 Absatz 1 StSG abgeliefert worden sind (Art. 33 KEG). Diese stammen aus Medizin, Industrie und Forschung. Im Hinblick auf die dauernde und sichere → Entsorgung von radioaktiven Abfällen, haben die Betreiber der fünf schweizerischen Kernkraftwerke und die Schweizerische Eidgenossenschaft 1972 die → Nagra gegründet.

Entsorgungsprogramm

Die → Entsorgungspflichtigen haben gemäss Artikel 52 der → Kernenergieverordnung im Entsorgungsprogramm Angaben zu machen über:

- a. Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle;

- b. die benötigten geologischen Tiefenlager einschliesslich ihres → Auslegungskonzepts;
- c. die Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern;
- d. den Realisierungsplan für die Erstellung der geologischen Tiefenlager;
- e. die Dauer und die benötigte Kapazität der zentralen und der dezentralen Zwischenlagerung;
- f. den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen mit Angaben über:
 - die zu tätigen Arbeiten
 - die Höhe der Kosten
 - die Art der → Finanzierung
 - das Informationskonzept

Zudem haben die → Entsorgungspflichtigen das Programm alle fünf Jahre anzupassen. Zuständig für die Überprüfung und für die Überwachung der Einhaltung des Programms, sind das → ENSI und das federführende Bundesamt.

Erdbeben

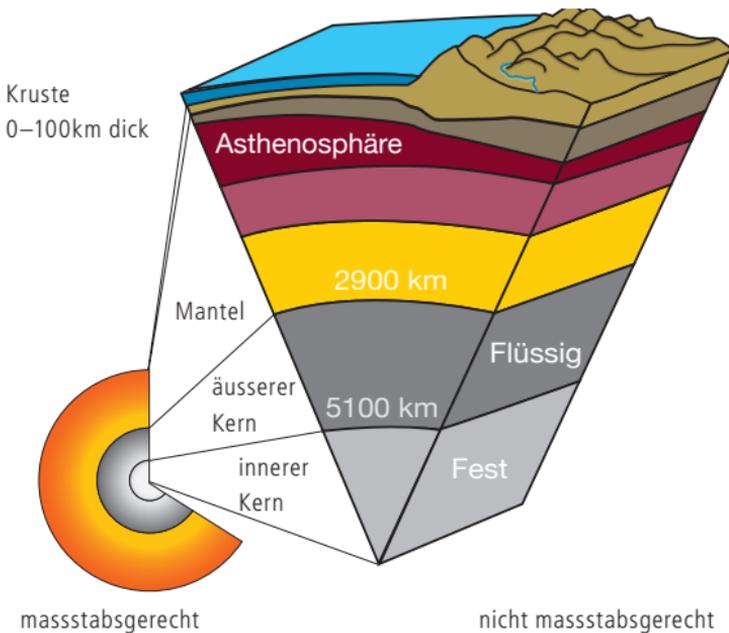
Als Erdbeben werden messbare Erschütterungen des Erdkörpers bezeichnet. Sie entstehen durch Masseverschiebungen, zumeist als tektonische Beben, infolge von Verschiebungen an Bruchfugen der → Lithosphäre, in weniger bedeutendem Masse auch durch vulkanische Aktivität, Einsturz oder Absenkung unterirdischer Hohlräume, grosse Erdrutsche und Bergstürze sowie durch Sprengungen. Unter dem Meerboden ausgelöste

Beben werden auch Seebeben oder unterseeische Erdbeben genannt; sie unterscheiden sich von anderen Beben zum Teil in den Auswirkungen, nicht jedoch in ihrer Entstehung.

Die Wissenschaft, die sich mit Erdbeben befasst, heisst → Seismologie. Die zehn stärksten seit 1900 gemessenen Erdbeben fanden mit einer Ausnahme alle an den Subduktionszonen rund um den Pazifik, dem sogenannten Pazifischen Feuerring statt. In grossen Tiefen haben Erdbeben kaum Auswirkungen. (vgl. → Intensitätsskala, Magnitude, Richterskala, → Pegasos)

Erd

Schnitt durch die Erde



Erdmantel

Als Erdmantel wird die mittlere Schale im inneren Aufbau der Erde bezeichnet. Sie liegt direkt unter der Erdkruste und ist durchschnittlich 2'850 km dick. Der Erdmantel ist ebenso wie die Erdkruste fest, unterscheidet sich aber in seinen mechanischen Eigenschaften und seiner chemischen Zusammensetzung erheblich von dieser obersten, vielfach aus Basalt (unter dem Meeresboden liegende Kruste sowie auf Kontinenten) und → Granit (vor allem auf Kontinenten) bestehenden Erdkruste.

Erdwissenschaften

umfassen die Wissenschaften, die sich mit der Erde beschäftigen und gehören damit zu den Naturwissenschaften.

Den Erdwissenschaften werden vor allem folgende Hauptfächer zugeordnet:

- Geodäsie, Kartografie und Geoinformatik
- Geografie
- → Geophysik, Glaziologie und Meteorologie
- → Geologie, → Paläontologie, Mineralogie und Petrografie
- Hydrologie und Ozeanografie

Überwiegend werden den Erdwissenschaften zugeordnet:

- Bodenkunde oder Pedologie
(auch zur Biologie gehörig)

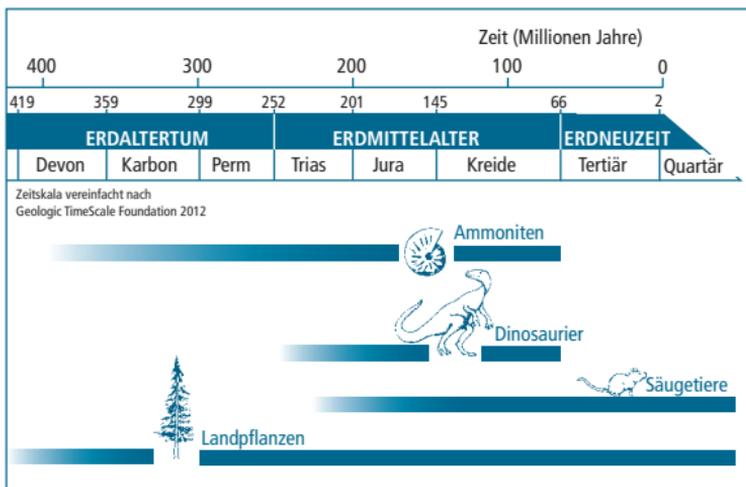
- Fernerkundung und Photogrammetrie oft als Teil der Geodäsie betrachtet
- Geotechnik und Bodenmechanik
- Limnologie
- Kristallografie
- Umweltbeobachtung und Umweltschutz

Die Geowissenschaften verwenden die Kenntnisse und Methoden der Basiswissenschaften Physik, Mathematik, Chemie und Biologie.

Erdzeitalter

Erd

Bezeichnet einen Abschnitt der Erdgeschichte, der viele Millionen Jahre umfasst (z.B. Erdaltertum).



Erosion

Abtragung von Boden und Gestein durch fliessendes Wasser, Eis, Wind und Wellen oder auch durch chemische Verwitterung oder Wurzelsprengung.

Erosionsrinne

Erosionsrinnen können durch fliessendes Wasser entstehen. Dieses formt tiefe Furchen, bis zu kleinen Tälern. Sie können von einem bis zu einigen zehn Metern breit werden und Ausmasse von kleinen Flüssen annehmen. Erosionsrinnen können des Weiteren durch Gletschereinwirkung entstehen. Tiefe Erosionsrinnen, die während der letzten → Eiszeiten stellenweise unter dem Eis im Fels entstanden sind, sind ein Ausschlusskriterium für die Standortwahl eines geologischen Tiefenlagers.

Ero

Erschliessung

Die Gesamtheit von baulichen Massnahmen und rechtlichen Regelungen zur Aufschliessung von Grundstücken. Im Kriterienkatalog der → Nagra für die Wahl von Standortarealen, ist ein Anschluss an das Strassennetz zwingend notwendig. Bevorzugt werden Areale mit zusätzlicher Erschliessung per Bahn.

EScht

Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager (in Deutschland)

Exploration

Im Bergbau und in der → Geologie bezeichnet man mit Exploration die genaue Untersuchung von Lagerstätten und Rohstoffvorkommen in der Erdkruste.

Explorationsziele

beschreiben die strategischen Ziele für jede Phase:

- Identifikation, Vergleich, Ausschluss von Lagerbereichen
- Nachweis der Eignung bezüglich → Langzeitsicherheit und technischer Machbarkeit
- Nachweis von Eigenschaften zur → Lagerauslegung / -optimierung
- ermöglicht Priorisierung

Explorationsstrategie

beschreibt das generische Vorgehen zur Standortexploration über die gesamte Projektlaufzeit, unter Berücksichtigung der übergeordneten Vorgaben und unter Annahme generalisierter → Explorationsziele.

Exp

Fakultatives Referendum

Art. 141 BV

Verlangen es 50'000 Stimmberechtigte oder acht Kantone innerhalb von 100 Tagen seit der amtlichen Veröffentlichung des Erlasses, so werden dem Volk zur Abstimmung vorgelegt:

- a. Bundesgesetze;
- b. dringlich erklärte Bundesgesetze, deren Geltungsdauer ein Jahr übersteigt;
- c. Bundesbeschlüsse, soweit Verfassung oder Gesetz dies vorsehen;

- d. völkerrechtliche Verträge, die:
1. unbefristet und unkündbar sind,
 2. den Beitritt zu einer internationalen Organisation vorsehen,
 3. wichtige rechtsetzende Bestimmungen enthalten, oder deren Umsetzung den Erlass von Bundesgesetzen erfordert.

Gegen den Beschluss des Bundesrates betr. Standort des geologischen Tiefenlagers, kann gemäss KEG das Referendum ergriffen werden.

Falte

Eine Falte ist die Verbiegung oder Krümmung einer oder mehrerer geologischer Grenzflächen, wie etwa der Schichtung von Sedimentgesteinen oder der Kontaktflächen eines magmatischen Ganges zu seinem Nebengestein.

Fal

Faltenjura

Erstreckt sich über die Nord- und Nordwestschweiz, den Neuenburger Jura, den Waadtländer Jura, Teile des Kantons Genf sowie angrenzende Gebiete Frankreichs. Der Jura ist ein geologisch junges Faltengebirge mit einer Längenausdehnung von etwa 300 km. Es beschreibt einen grossen halbmondförmigen, nach Südosten offenen Bogen (Arc Jurassien). Westlich von Genf erreicht der Jura eine Breite von 40 km. Auf der Linie Besançon – Yverdon-les-Bains beträgt die grösste Breite des Gebirges rund 70 km. Bei Biel ändern die Ketten ihre Richtung immer mehr nach Osten, das Gebirgssys-

tem wird rasch schmaler und die Zahl der nebeneinander liegenden Ketten nimmt ab. Die östlichste Jurakette, die Lägerkette, verläuft schliesslich in exakter West-Ost-Richtung und endet bei Dielsdorf im Kanton Zürich, indem die gebirgsbildenden Schichten unter die → Molasse des Schweizer Mittellandes abtauchen.

FEBEX

Full-scale High Level Waste Engineered Barriers Experiment. Mit dem Versuch FEBEX überprüfen Forscher ein mögliches Einlagerungskonzept für verbrauchte → Brennelemente im Massstab 1:1. Die Wärmeproduktion der verbrauchten → Brennelemente wird durch zwei Heizelemente simuliert, die in → Bentonit eingebettet sind.

FEB

Felslabor

Laboranlage direkt im Fels, die realistische Versuchsbedingungen bietet, um Experimente (z.B. zu den Eigenschaften von Gesteinen oder zur bautechnischen Umsetzung eines Tiefenlagers) im Massstab 1:1 durchführen zu können.

Felsmechanik

Teil der Geomechanik, der sich hauptsächlich mit dem Verhalten von Gesteinsmassen in künstlichen Bauten (Bauwerke und Fundamente, Tunnels usw.) befasst.

Felsrinnen

In den Tälern im Mittelland liegen unter den Lockergesteinen (Kies, Sand) zum Teil tiefe Erosionsrinnen. Liegt

eine Wannenform vor, spricht man von Übertiefung. Übertiefte Rinnen können nur durch Gletscher oder unter dem Eis fließendes Schmelzwasser entstanden sein.

Finanzierung

Die Finanzierung der → Entsorgung der radioaktiven Abfälle und verbrauchten → Brennelemente aus den Kernkraftwerken ist im Kernenergiegesetz geregelt. Die Erzeuger von radioaktiven Abfällen sind gemäss dem → Verursacherprinzip verpflichtet, diese auf eigene Kosten sicher zu beseitigen. Die bereits heute anfallenden → Entsorgungskosten (z.B. für → Wiederaufarbeitung, Untersuchungen der → Nagra, Bau von → Zwischenlagern) werden aus dem laufenden Betriebsbudget bezahlt. Die → Stilllegungskosten sowie die nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke anfallenden Kosten für die → Entsorgung müssen bis zum Zeitpunkt der Ausserbetriebnahme in den → Stilllegungsfonds und Entsorgungsfonds einbezahlt werden. Der Nuklearstrom wird deshalb heute mit rund einem Rappen pro → Kilowattstunde belastet. Damit werden zwei behördlich kontrollierte Fonds (→ Entsorgungsfonds und → Stilllegungsfonds) geöffnet.

Fin

FORGE

Fate of Repository Gases ist ein Projekt der EU mit 24 Teilnehmern. Es soll die sicherheitstechnische Bedeutung der durch Gase verursachten Prozesse im Nah- und Fernfeld eines Tiefenlagers untersuchen.

Freigabegrenze

Bezeichnet einen gesetzlich festgelegten Grenzwert für → Radioaktivität. Radioaktive Stoffe, deren Aktivität geringer ist als dieser Wert, dürfen ohne Genehmigung eingesetzt werden.

Freisetzungspfade

Freisetzungspfade werden Möglichkeiten des Stofftransports genannt, auf denen die → Radionuklide durch das Wirts- beziehungsweise Rahmengestein gelangen könnten. Mögliche Freisetzungspfade sind verbundene Porenräume, Klüfte oder Verwerfungen. Dem entgegen stehen Gesteinseigenschaften wie Selbstabdichtung und Sorption sowie die Länge der Freisetzungspfade, die den Stofftransport verzögern.

Fre

Gammastrahlen

Gammastrahlen sind → elektromagnetische Wellen und damit von gleicher Natur wie das sichtbare Licht und die Radiowellen. Sie sind kurzweilig, energiereich und bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit. Abgesehen von der Art ihrer Entstehung, sind sie mit den Röntgenstrahlen vergleichbar (→ Alphastrahlen, → Betastrahlen). Sie können je nach Energie nur durch zentimeterdicke Bleiwände oder dicke Betonmauern wirksam abgeschwächt werden.

Gasbildung

Gasbildung und Gastransport sind sicherheitsrelevante Prozesse in → geologischen Tiefenlagern. Es muss verhindert werden, dass sich durch den Gasdruck die Ge-

steinseigenschaften in unerwünschtem Ausmass verändern. Zur Gasbildung kann es durch die → Korrosion von Stahl kommen, dabei entsteht Wasserstoffgas. Neben → Wasserstoff, entsteht im Tiefenlager für → SMA durch den Abbau organischer Stoffe zusätzlich Methan.

Geochemie

Wissenschaft, die sich mit der Untersuchung der chemischen Zusammensetzung von Gesteinen, Mineralen, Böden, Wasser und Gasen in der Erde befasst.

Geodynamik

Die Lehre von den Bewegungen im Erdinnern und den sie verursachenden Kräften (Erdrotation, Gezeiten, Konvektionsströmungen etc.), die z.B. → Erdbeben oder Plattentektonik verursachen.

Geo

Geologie

Wissenschaft, die den Aufbau der Erde untersucht, speziell die Struktur und Gesteine der Erdkruste. Die Geologie (grch. *gaias* «Erde» und *logos* «Lehre») ist die Wissenschaft vom Aufbau, von der Zusammensetzung und Struktur der Erde, ihrer physikalischen Eigenschaften und ihrer Entwicklungsgeschichte sowie der Prozesse, die sie formten und auch heute noch formen. Abweichend von der eigentlichen Bedeutung verwendet man das Wort auch für den geologischen Aufbau, etwa die Geologie der Alpen.

Geologische Formation

Die Bezeichnung *Formation* wird in der → Geologie für eine im Gelände gut erkennbare und in einer geologischen Karte gut darstellbare Gesteinseinheit verwendet, die zur genaueren Beschreibung und Untergliederung der Gesteinsabfolge in einer Region dient. Die Formation ist die Grundeinheit in der Lithostratigrafie, die weiter unterteilt oder mit weiteren Formationen zu grösseren Einheiten zusammengefasst werden kann.

Geologische Barrieren

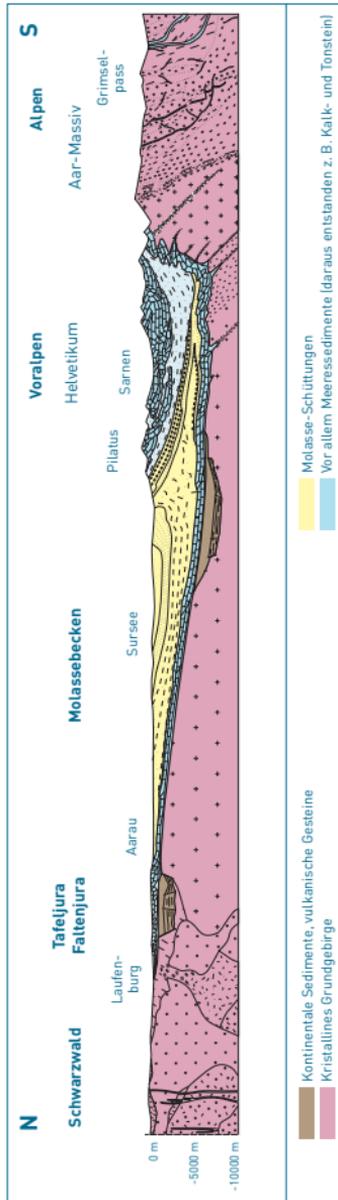
Geologische Einheiten zwischen dem → Lager und der → Biosphäre, die das → Lager vor den Vorgängen in der → Biosphäre schützen und die Ausbreitung der → Radionuklide behindern.

Geo

Geologisches Profil

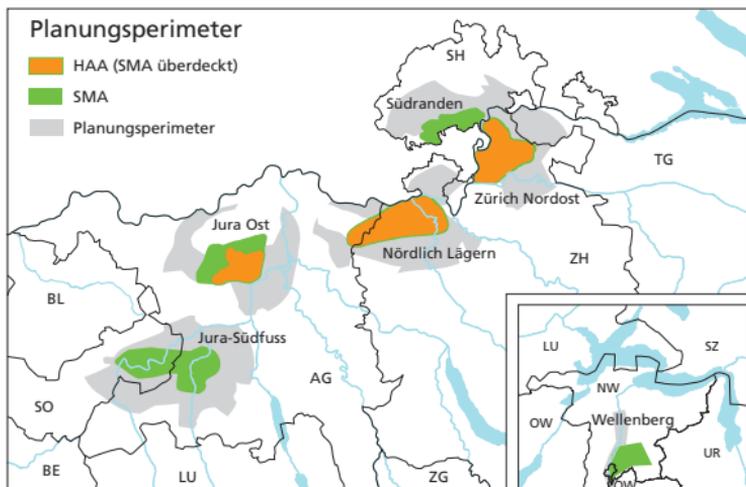
Unter einem geologischen Profil versteht man einen Querschnitt durch die obersten Bereiche der Erdkruste, in welchem die räumliche Anordnung von Gesteinskörpern, Störungen und anderen geologischen Strukturen im Untergrund dargestellt ist.

Ein geologisches Profil ist oft eine Ergänzung zu einer geologischen Karte, oder wird in einem Modell dargestellt. Zur Erstellung eines geologischen Profils werden sowohl direkte Gesteinsaufschlüsse (an der Erdoberfläche und aus → Bohrkernen) als auch indirekte Daten aus geophysikalischen Messungen (seismische Untersuchungen) herangezogen.



Geologisches Standortgebiet

Ausscheidung der als geeignet erachteten Gebiete im Untergrund. Das → BFE hat im November 2008 auf Vorschlag der → Nagra schweizweit sechs geologische Standortgebiete bekannt gegeben, welche grundsätzlich für → geologische Tiefenlager in Frage kommen.



Drei dieser 6 Gebiete betreffen den Kanton Aargau, 2 den Kanton Zürich und je 1 Nidwalden, Obwalden, Solothurn, Schaffhausen und Thurgau. Die geologischen Standortgebiete eignen sich je nach → Geologie für unterschiedliche → Abfallkategorien. Im → SGT werden die beiden → Abfallkategorien → SMA sowie → HAA unterschieden. Die geologischen Standortgebiete → Jura Ost, → Zürich Nordost und → Nördlich Lägern sind für beide → Abfallkategorien ins Auswahlverfahren aufgenommen worden, → Wellenberg, → Südranden und → Jura-Südfuss einzig für → SMA.

Geologisches Tiefenlager

Definition gemäss Art. 3 → KEG: Anlage im geologischen Untergrund, die verschlossen werden kann, sofern der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt durch passive → Barrieren sichergestellt wird. Geologische Tiefenlager werden in mehreren Hundert Metern Tiefe, in geeigneten, geologisch stabilen Gesteinsschichten gebaut. Die Abfälle bleiben dort (nach einer Überwachungsphase und anschliessendem → Verschluss des Lagers) durch mehrere technische → Sicherheitsbarrieren und durch das umgebende dichte Gestein dauerhaft von Mensch und Umwelt isoliert. Sollte es notwendig oder erwünscht sein, können die Abfälle aus dem → Lager zurückgeholt werden.

Geophysik

Physik der festen Erde. Befasst sich mit der Schwerkraft, den seismischen, thermischen, magnetischen und elektrischen Erscheinungen der Erde und dem physikalischen Aufbau des Erdinneren.

Geosphäre

Gesamtheit der geologischen Einheiten zwischen dem → Lager und der → Biosphäre.

Gewähr (Projekt Gewähr 1985)

1985 reichte die → Nagra den Bundesbehörden eine Machbarkeitsstudie mit Sicherheitsnachweis für die Endlagerung von → HAA im → Kristallin sowie von → SMA in Mergel-Formationen des → Helvetikums (Oberbauenstock) ein.

Diese Studie trägt den Titel «Projekt Gewähr». 1988 genehmigte der Bundesrat auf dieser Grundlage den Machbarkeits- und Sicherheitsnachweis für die → Tiefenlagerung von → SMA in der Schweiz. Der Bundesrat stellte damals ebenfalls fest, dass für → HAA und langlebige mittelaktive Abfälle der Sicherheitsnachweis, nicht aber der Nachweis für ein → Standortareal erbracht sei. Er wies die Nagra deshalb an, ihre Untersuchungen auch auf → Sedimentgesteine auszudehnen.

Gewässerschutz

Als *Gewässerschutz* bezeichnet man die Gesamtheit der Bestrebungen, die Gewässer (Küstengewässer, Oberflächengewässer und das Grundwasser) vor Beeinträchtigungen zu schützen.

Der Gewässerschutz hat verschiedene Zwecke:

- Reinhaltung des Wassers als Trink- oder Brauchwasser
- Schutz aquatischer (d.h. vom Wasser abhängiger) Ökosysteme als Teilaufgabe des Naturschutzes

Gewässerschutzbereich Au

Der *Gewässerschutzbereich Au* umfasst die nutzbaren Grundwasservorkommen und die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete. In den besonders gefährdeten Bereichen bedürfen die Erstellung und die Änderung von Bauten und Anlagen sowie Grabungen, Erdbewegungen und ähnliche Arbeiten einer kantonalen Bewilligung, wenn sie die Gewässer gefährden können (Art. 19 Abs. 2 GSchG). Es bestehen unter anderem Einschränkungen in Bezug auf die Errichtung von Lageranlagen

für wassergefährdende Flüssigkeiten (z.B. Brenn- und Treibstoffe sowie Schmiermittel) und für Bauten, die ins → Grundwasser reichen (→ Art. 32 Abs. 2 GSchV).

Art. 19 Gewässerschutzbereiche GSG

- 1 Die Kantone teilen ihr Gebiet nach der Gefährdung der ober- und der unterirdischen Gewässer in Gewässerschutzbereiche ein. Der Bundesrat erlässt die erforderlichen Vorschriften.
- 2 In den besonders gefährdeten Bereichen bedürfen die Erstellung und die Änderung von Bauten und Anlagen sowie Grabungen, Erdbewegungen und ähnliche Arbeiten einer kantonalen Bewilligung, wenn sie die Gewässer gefährden können.

Gew

Art. 32 Gewässerschutzverordnung

In den besonders gefährdeten Bereichen (Art. 29) ist eine Bewilligung nach Art. 19 Absatz 2 GSG insbesondere erforderlich für:

- a. Untertagebauten;
- b. Anlagen, die Deckschichten oder Grundwasserstauer verletzen;
- c. Grundwassernutzungen (einschliesslich Nutzungen zu Heiz- und Kühlzwecken);
- d. dauernde Entwässerungen und Bewässerungen;
- e. Freilegungen des Grundwasserspiegels;
- f. Bohrungen;
- g. Lageranlagen für flüssige Hofdünger;

- h. Lageranlagen für wassergefährdende Flüssigkeiten, die in kleinen Mengen Wasser verunreinigen können, mit einem Nutzvolumen von mehr als 2'000 l je Lagerbehälter;
 - i. Lageranlagen für wassergefährdende Flüssigkeiten in Grundwasserschutz-zonen und -arealen mit einem Nutzvolumen von mehr als 450 l;
 - j. Umschlagplätze für wassergefährdende Flüssigkeiten.
- 3 Ist eine Bewilligung erforderlich, müssen die Gesuchsteller nachweisen, dass die Anforderungen zum Schutze der Gewässer erfüllt sind und die dafür notwendigen Unterlagen (gegebenenfalls hydrogeologische Abklärungen) beibringen.
- 4 Die Behörde erteilt eine Bewilligung, wenn mit Auflagen und Bedingungen ein ausreichender Schutz der Gewässer gewährleistet werden kann; sie legt dabei auch die Anforderungen an die Stilllegung der Anlagen fest.

Gewässerschutzgesetz (GSG)

Art. 1 Zweck

Dieses Gesetz bezweckt, die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Es dient insbesondere:

- a. der Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen;
- b. der Sicherstellung und haushälterischen Nutzung des Trink- und Brauchwassers;
- c. der Erhaltung natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt;
- d. der Erhaltung von Fischgewässern;
- e. der Erhaltung der Gewässer als Landschaftselemente;

- f. der landwirtschaftlichen Bewässerung;
- g. der Benützung zur Erholung;
- h. der Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufs.

Art. 6 Grundsatz

- 1 Es ist untersagt, Stoffe, die Wasser verunreinigen können, mittelbar oder unmittelbar in ein Gewässer einzubringen oder sie versickern zu lassen.
- 2 Es ist auch untersagt, solche Stoffe ausserhalb eines Gewässers abzulagern oder auszubringen, sofern dadurch die konkrete Gefahr einer Verunreinigung des Wassers entsteht.

Gig

Gigawatt

1'000'000'000 → Watt (Giga = Milliarde)

GIS

Geo-Informationssysteme sind rechnerbezogene Systeme, die im Wesentlichen zur Erfassung, Modellierung, Speicherung, Reorganisation, zur Analyse und Präsentation von geografischen Daten dienen.

Glaskokillen

Als Glaskokille wird in der Kerntechnik eine Kokille bezeichnet, die mit verglasten hochradioaktiven Abfällen aus der → Wiederaufarbeitung gefüllt wird. Allgemein versteht man unter einer Kokille eine Form zum Giessen.

metallischer Werkstoffe. Sie dient zum Transport und zur Lagerung.

Gletscher

Ein Gletscher ist eine aus Schnee hervorgegangene Eismasse mit einem klar definierten Einzugsgebiet, die sich aufgrund von Hangneigung, Struktur des Eises, Temperatur und der aus der Masse des Eises und den anderen Faktoren hervorgehenden Schubspannung eigenständig bewegt. Gletscher sind die grössten Süsswasserspeicher der Welt und nach den Ozeanen die grössten Wasserspeicher der Erde überhaupt. Sie bedecken in den Polargebieten grosse Teile der Landflächen. Gletscher sind bedeutend als Wasserzulieferer für viele Flusssysteme und haben entscheidenden Einfluss auf das Weltklima.

Gle

Gletscher sind auch bedeutende Landschaftsformer, insbesondere in den Kaltzeiten des → Pleistozäns. Die Gletscher der Alpen, die in den Kaltzeiten sogar bis ins Alpenvorland vorstossen konnten, formten gewaltige Trogtäler und prägten die Landschaft bis heute.

Gletscher-Trog

Ein Trogtal oder U-Tal ist eine grosse Talform stark reliefierter, durch → Gletscher überformter Gebirge. Sie ist gekennzeichnet durch ein im unteren Bereich typisches U-förmiges Querprofil.

Gneis

Die Gneise (alte sächsische Bergmannsbezeichnung aus dem 16. Jahrhundert, vielleicht zu althochdeutsch: *gneisto*, mittelhochdeutsch: *ganeist(e)*, *g(e)neiste* «Fun-

ke») sind → metamorphe Gesteine und zeichnen sich durch eine Schieferung aus. Damit stehen sie in deutlichem Kontrast zu den kristallinen Gesteinen. Unter dem Sammelnamen «Gneis» verbirgt sich eine grosse Vielfalt an Gesteinen unterschiedlicher Herkunft. Gneise entstehen durch gerichteten Druck bei Gebirgsbildungen. Sie sind Produkte geologischer Prozesse, z.B. während einer Regionalmetamorphose. Die vorhandenen Minerale werden während der Metamorphose verformt und kristallisieren z.T. neu.

Gösgen

Zwischen Olten und Aarau liegt das KKW Gösgen in der Gemeinde Däniken. Der Druckwasserreaktor hat eine Bruttoleistung von 1035 MW und ging 1978 in Betrieb.

Gös

GPS

Global Positioning System, durch diese Navigationssatellitensysteme lassen sich Positionen genau bestimmen und festhalten.

Granit

Granite (lat. *granum* «Korn») sind massige und meistens relativ grobkristalline magmatische Tiefengesteine, die reich an Quarz und Feldspat sind, aber auch dunkle Minerale, zum Beispiel Glimmer, enthalten. Der Merkspruch «Feldspat, Quarz und Glimmer, die drei vergess' ich nimmer» gibt die Zusammensetzung von Granit vereinfacht wieder.

Gray

Das Gray (Einheitenzeichen Gy) gibt die durch → ionisierende Strahlung verursachte Energiedosis an und beschreibt die pro Masse absorbierte Energie. Im Unterschied zum → Sievert berücksichtigt das Gray die biologische Wirkung der aufgenommenen Strahlungsenergie nicht. Für → Röntgen-, → Gamma- und → Betastrahlung gilt: $1\text{ Gy} = 1\text{ Sv}$. Für → Alphastrahlung gilt $1\text{ Gy} = 20\text{ Sv}$, was bedeutet, dass die biologische Wirkung von Alphastrahlung 20 Mal grösser als die biologische Wirkung von → Röntgen-, → Gamma- und → Betastrahlung gleicher Energie ist.

Gra

Grimsel

1984 wurde das unterirdische → Felslabor Grimsel auf 1730 m ü.M im Aarmassiv (kristallines Gestein) in Betrieb genommen. Internationale Partner aus Europa, Asien und Nordamerika führen ihre Untersuchungen und Experimente im 1,1 km langen Stollensystem durch. Im Gegensatz zur Schweiz, müssen z.B. in den skandinavischen Ländern die geologischen Tiefenlager im → Kristallin gebaut werden.

Grundgebirge

Die älteren, meist kristallinen Formationen, die von jüngeren → Sedimenten oder Deckgebirge überlagert werden. Meistens besteht das Grundgebirge aus → metamorphen Gesteinen, die mit Plutoniten durchsetzt sind. Im Schweizer Mittelland und Jura besteht das Grundgebirge aus kristallinen Gesteinen, vor allem aus → Granit und → Gneis. Dieses Grundgebirge tritt im Schwarzwald und den Vogesen an der Erdoberfläche zutage.

Grundwasser

Grundwasser entsteht durch versickernde Niederschläge oder Wasser, das im Sohl- und Uferbereich von Oberflächengewässern durch Filtration (Uferfiltrat) oder anderweitige Anreicherung in den Untergrund infiltriert.

Grundwasserschutzareale

Art. 21 GSG

- 1 Die Kantone scheiden Areale aus, die für die künftige Nutzung und Anreicherung von Grundwasservorkommen von Bedeutung sind. In diesen Arealen dürfen keine Bauten und Anlagen erstellt oder Arbeiten ausgeführt werden, die künftige Nutzungs- und Anreicherungsanlagen beeinträchtigen könnten.
- 2 Die Kantone können Entschädigungen von Eigentumsbeschränkungen auf die späteren Inhaber von Grundwasserfassungen und Anreicherungsanlagen überwälzen.

Gru

Art. 22 GSG Allgemeine Anforderungen

- 1 Die Inhaber von Anlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten müssen dafür sorgen, dass die zum Schutz der Gewässer erforderlichen baulichen und apparativen Vorrichtungen erstellt, regelmässig kontrolliert und einwandfrei betrieben und gewartet werden. Bewilligungspflichtige Lageranlagen (Art. 19 Abs. 2) müssen mindestens alle zehn Jahre kontrolliert werden; je nach Gefährdung der Gewässer, legt der Bundesrat Kontrollintervalle für weitere Anlagen fest.

- 2 Bei Lageranlagen und Umschlagplätzen müssen Flüssigkeitsverluste verhindert sowie auslaufende Flüssigkeiten leicht erkannt und zurückgehalten werden.
- 3 Anlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten dürfen nur von Personen erstellt, geändert, kontrolliert, befüllt, gewartet, entleert und ausser Betrieb gesetzt werden, die auf Grund ihrer Ausbildung, Ausrüstung und Erfahrung gewährleisten, dass der Stand der Technik eingehalten wird.
- 4 Wer Anlageteile herstellt, muss prüfen, ob diese dem Stand der Technik entsprechen und die Prüfergebnisse dokumentieren.
- 5 Werden Lageranlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten erstellt, geändert oder ausser Betrieb gesetzt, so müssen die Anlageinhaber dies dem Kanton nach dessen Anordnungen melden.
- 6 Stellen der Inhaber einer Anlage mit wassergefährdenden Flüssigkeiten oder die mit dem Betrieb oder der Wartung betrauten Personen einen Flüssigkeitsverlust fest, so melden sie dies unverzüglich der Gewässerschutzpolizei. Sie treffen von sich aus alle Massnahmen, die ihnen zugemutet werden können, um drohende Gewässerverunreinigungen zu verhindern.
- 7 Die Absätze 2 – 5 gelten nicht für Anlagen, welche die Gewässer nicht oder nur in geringem Masse gefährden können.

Grundwasserschutzzone

Art. 20 GSG

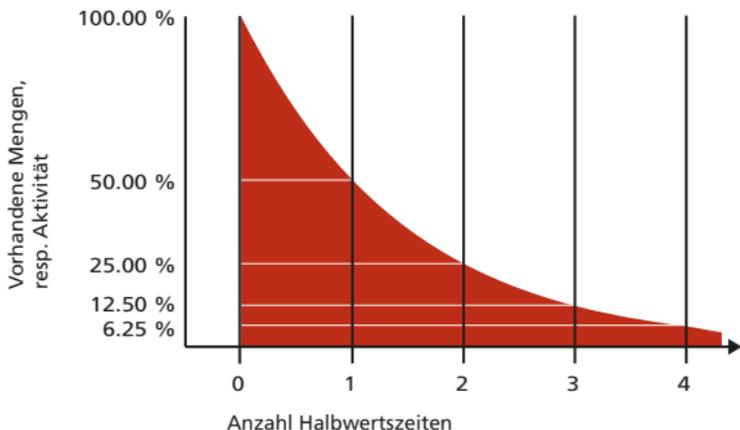
- 1 Die Kantone scheiden Schutzzonen für die im öffentlichen Interesse liegenden Grundwasserfassungen und -anreicherungsanlagen aus; sie legen die notwendigen Eigentumsbeschränkungen fest.
- 2 Die Inhaber von Grundwasserfassungen müssen:
 - a. die notwendigen Erhebungen für die Abgrenzung der Schutzzonen durchführen;
 - b. die erforderlichen dinglichen Rechte erwerben;
 - c. für allfällige Entschädigungen von Eigentumsbeschränkungen aufkommen.

HAA

Hochaktive Abfälle; Abfälle, die stark strahlen. Es handelt sich um Spalt- und → Aktivierungsprodukte aus verbrauchten → Brennelementen, die bei deren → Wiederaufarbeitung abgetrennt und mit Glas verschmolzen werden. Auch verbrauchte → Brennelemente, die nicht wiederaufgearbeitet werden, gelten als HAA.

Halbwertszeit

Gibt an, wie lange es dauert, bis die Hälfte der instabilen, also radioaktiven → Atome zerfallen ist. Nach dieser Zeitspanne hat sich auch die radioaktive Strahlung halbiert. Die nach einer Halbwertszeit verbliebene Menge einer Substanz halbiert sich im Lauf der nächsten Halbwertszeit wiederum, d.h. es verbleibt $1/4$; nach 3 Halbwertszeiten $1/8$, dann $1/16$, $1/32$, $1/64$ und so weiter. Halbwertszeiten betragen Sekundenbruchteile bis mehrere Milliarden Jahre.



Heb

Hebung (geol.)

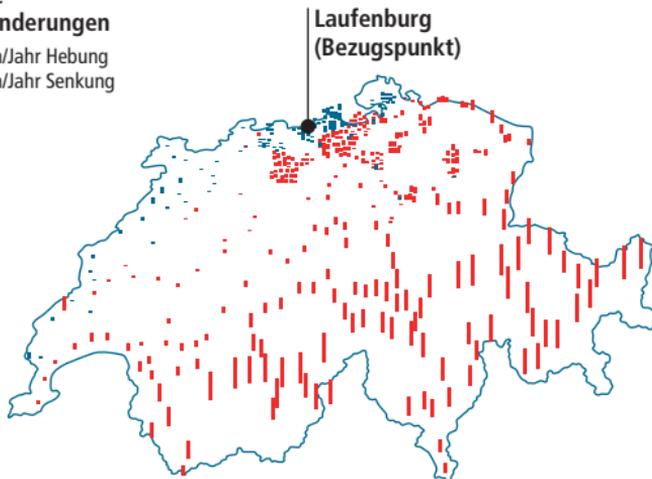
Spannungen in der Erde können zu Hebungen oder Senkungen der Erdoberfläche führen. Diese Spannungen können aus verschiedenen Quellen stammen. So zum Beispiel aus der Plattentektonik bei Kontinentkollisio-

Relative

Höhenänderungen

■ 0,8 mm/Jahr Hebung

■ 0,8 mm/Jahr Senkung



nen, aus Bewegungen im → Erdmantel oder durch das Abschmelzen von → Gletschern. In der Schweiz wird der Alpenraum jährlich um etwa einen Millimeter gehoben. Teile der Nordschweiz, das westliche Mittelland und der Jura hingegen sinken geringfügig ab.

Helvetikum

Bezeichnung für Gesteinsschichten, die im sogenannten Mesozoikum (d.h. dem Erdmittelalter, das den Zeitraum von vor 252 bis vor 66 Mio. Jahren umfasst) durch Ablagerungen am Rand der → Tethys entstanden sind und heute einen Teil der Alpen bilden.

HSK

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, heute → ENSI.

Hel

Hydrogeologie

Die Hydrogeologie (grch. *hydros* «Wasser», *geo* «Erde» und *logos* «Lehre») ist die Wissenschaft von Wasser in Fest- und Lockergestein, wobei Wechselwirkungen mit oberirdischen Einflüssen bestehen. Sie ist eine angewandte Disziplin der geologischen Wissenschaften. Forschungsgegenstände sind das → Grundwasser und alle Faktoren, die Einfluss auf das → Grundwasser haben.

IAEA

Internationale Atomenergie Agentur. Als autonome wissenschaftlich-technische Sicherheitsbehörde, sorgt die IAEA im Auftrag der Vereinten Nationen für eine friedliche Nutzung der → Kernenergie und für eine Ver-

hinderung einer militärischen Nutzung dieser Technologie durch strikte Überwachungsmaßnahmen (Safeguards).

ICRP

International Commission on Radiological Protection. Die Internationale Strahlenschutzkommission ist eine internationale Fachkommission, die zum Ziel hat, durch Empfehlungen und Richtlinien die wissenschaftlichen Erkenntnisse im → Strahlenschutz zum Nutzen der öffentlichen Gesundheit umzusetzen. Sie hat ihren Sitz in Ottawa in Kanada. Die ICRP wurde 1928 von der Internationalen Gesellschaft für Radiologie als Internationales Komitee zum Schutz vor Röntgenstrahlung und → Radium gegründet. 1950 erhielt sie ihren heutigen Namen.

ICR

Intensitätsskala

Zur Beschreibung von → Erdbeben werden in der → Seismologie zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Skalen benutzt: Die am Ort des → Erdbebens freigesetzte Energie wird auf einer Magnitudenskala eingeordnet, während die Auswirkungen der Erschütterungen an einem vom → Erdbeben betroffenen Punkt der Erdoberfläche mittels einer Intensitätsskala beschrieben werden. Die Intensität ist ein Mass für die Stärke von → Erdbeben, die im Gegensatz zur instrumentell bestimmten → Magnitude anhand der Auswirkungen eines → Erdbebens auf Landschaft, Strassen oder Gebäude bestimmt wird, die ohne Instrumente wahrgenommen werden können (Makroseismik), heute jedoch auch in-

strumentell bestimmt werden. Je nach örtlichen Gegebenheiten, kann ein einzelnes Beben an verschiedenen Orten unterschiedliche Stärken besitzen.

Iod

Iod ist ein chemisches Element mit dem Elementsymbol I und der Ordnungszahl 53. Im → Periodensystem steht es in der 7. Hauptgruppe (17. Gruppe) und gehört somit zu den Halogenen. Der Name leitet sich vom altgriechischen Wort *ioeides* für «veilchenfarbig, violett» ab. Beim Erhitzen sind die freigesetzte Dämpfe charakteristisch violett.

Iod ist bei Raumtemperatur ein Feststoff, der schlecht wasserlöslich, aber gut löslich in wässriger Kaliumiodid-Lösung und sehr gut löslich in Ethanol und anderen organischen Lösungsmitteln ist. Iod ist ein unentbehrlicher Bestandteil des tierischen und menschlichen Organismus und wird mit der Nahrung aufgenommen. Am höchsten ist die Konzentration beim Menschen in der Schilddrüse. Iodmangel im Trinkwasser und der Nahrung ist in der Regel für das Auftreten des Kropfs und somit einer Iodunterversorgung verantwortlich.

Iod

Ion

Elektrisch geladenes → Atom oder → Molekül. Je nach Anzahl von Protonen und → Elektronen, sind Ionen entweder positiv (bei Elektronenmangel) oder negativ (bei Elektronenüberschuss) geladen.

Ionentauscher

Unlösliche chemische Stoffe (z.B. Harze), welche die in einer Lösung enthaltenen Ionen binden können und dafür eine gleiche Stoffmenge anderer Ionen in die Lösung abgeben. Es findet somit ein Austausch von Ionen statt.

Ionisierende Strahlung

Ionisierende Strahlung ist eine Bezeichnung für jede Teilchen- oder → elektromagnetische Strahlung, die aus → Atomen oder → Molekülen → Elektronen entfernen kann, sodass positiv geladene → Ionen oder Molekülreste zurückbleiben (Ionisation). Manche ionisierenden Strahlungen gehen von radioaktiven Stoffen aus. Für sie wird manchmal die umgangssprachliche Bezeichnung radioaktive Strahlung gebraucht.

Ion

Isotop

Der Name (grch. *isos* «gleich», *tópos* «Ort», «Stelle») kommt daher, dass die Isotope eines und desselben Elements im → Periodensystem am gleichen Ort stehen. Als Isotope bezeichnet man → Nuklide in ihrem Verhältnis zueinander, wenn ihre → Atomkerne gleich viele → Protonen (gleiche Ordnungszahl), aber verschieden viele → Neutronen enthalten. Die Isotope eines und desselben Elements haben also verschiedene Massenzahlen, verhalten sich aber chemisch weitgehend identisch. Die Bezeichnung Isotop ist älter als der allgemeinere Begriff → Nuklid und wird daher nach wie vor oft gleichbedeutend mit → Nuklid benutzt.

Joint Convention

Gemeinsames internationales Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter → Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung → radioaktiver Abfälle.

Jura

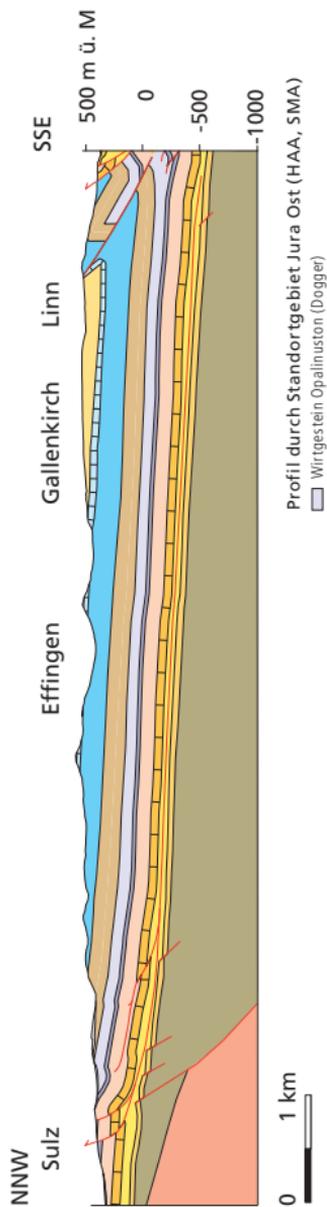
Ursprünglich stammt das Wort «Jura» aus dem Keltischen. Die Kelten nannten das Gebirge *Jor*, die Römer *Juris*, was soviel wie «Wald» oder «Waldland» bedeutet. → Jurafaltung, → Jurazeit.

Jura Ost

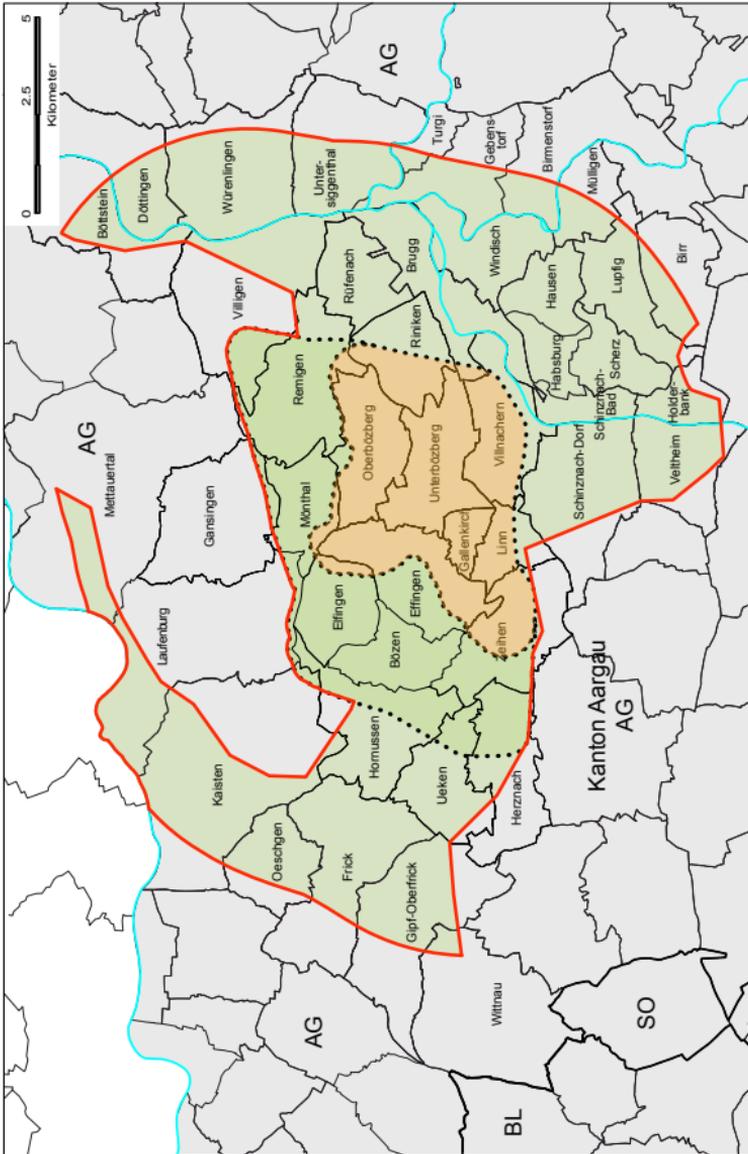
Das Gebiet Jura Ost (AG) ist eines der sechs vom Bundesrat bestätigten möglichen Standortgebiete für ein → geologisches Tiefenlager. Das Gebiet in der Vorfaltenzone des Aargauer Juras ist sowohl als → Lager für → HAA als auch für → SMA vorgeschlagen.

Das geologische Standortgebiet Jura Ost umfasst eine Fläche von rund 27 Quadratkilometer für ein Tiefenlager HAA respektive 60 Quadratkilometer für ein Tiefenlager SMA. Das bevorzugte → Wirtgestein ist der → Opalinuston (mit seinen Rahmengesteinen). Der Kenntnisstand über die räumlichen Verhältnisse beruht auf 2D-seismischen Untersuchungen sowie einer Tiefbohrung (Riniken). Das Standortgebiet liegt in einem von der → Jurafaltung teilweise tektonisch überprägten Bereich (Vorfaltenzone). Aus diesem Grund weist das → Wirtgestein neben weitgehend ruhig gelagerten Bereichen Zonen mit → tektonischen Elementen auf; diese befinden sich vorwiegend in den Randbereichen des Standortgebiets. Generell verharrt das → Wirtgestein in ruhiger Lage, leicht nach Süden geneigt und bietet bezüglich der Anordnung der Lagerkammern eine gewisse Flexibilität.

Das Standortgebiet Jura Ost wird zusammenfassend mit *sehr geeignet* bewertet und wird in der 3. Etappe des → Sachplanes weiter untersucht.



Jur



Im orange ausgeschiedenen Standortgebiet (Karte Seite 70) könnten die unterirdischen Anlagen für ein → geologisches Tiefenlager für → HAA im Opalinuston gebaut werden, im dunkelgrün ausgeschiedenen Standortgebiet dazu auch solche für → SMA.

Standortgemeinde (HAA):

Kanton Aargau: Brugg, Effingen, Elfingen, Gallenkirch, Linn, Mönthal, Oberbözberg, Remigen, Riniken, Unterbözberg, Villnachern, Zeihen

Weitere Gemeinden im → Planungsperimeter (→ HAA, → SMA, neben Standortgemeinden):

Kanton Aargau: Birmenstorf, Birr, Böttstein, Bözen, Döttingen, Frick, Gansingen, Gebenstorf, Gipf-Oberfrick, Habsburg, Hausen, Herznach, Holderbank, Hornussen, Kaisten, Laufenburg, Lupfig, Mettauertal, Mülligen, Oeschgen, Rüfenach, Scherz, Schinznach-Bad, Schinznach-Dorf, Turgi, Ueken, Untersiggenthal, Veltheim, Villigen, Windisch, Wittnau, Würenlingen

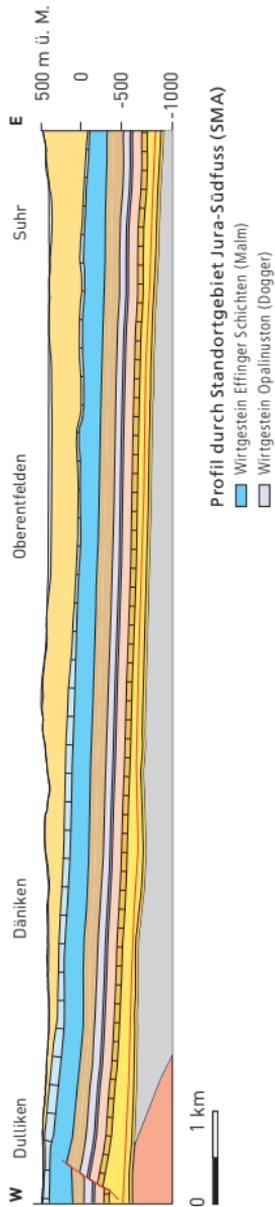
Jura-Südfuss

Jura-Südfuss (SO, AG) ist eines der sechs vom Bundesrat bestätigten möglichen Standortgebiete für ein → geologisches Tiefenlager für SMA. Das Standortgebiet erstreckt sich östlich von Olten beidseits der Kantonsgrenze zwischen Solothurn und Aargau. Das geologische Standortgebiet Jura-Südfuss umfasst eine Fläche von rund 65 Quadratkilometer. Innerhalb des Standortgebiets kommen im Westen der → Opalinuston (mit seinen Rahmengesteinen) und im Osten die → Effinger Schichten als → Wirtgesteine in Frage.

Jur

Der Kenntnisstand über die räumlichen Verhältnisse beruht auf 2D-seismischen Untersuchungen und teilweise auch auf der im weiteren Umfeld liegenden Tiefbohrung Schafisheim. Das Standortgebiet liegt nahe dem → Faltenjura am Nordrand des Molassebeckens und ist daher teilweise tektonisch stärker beansprucht, was in einigen regionalen Strukturen sichtbaren Ausdruck findet. Auch ausserhalb dieser regionalen Elemente bestehen Anzeichen von Deformation; grossräumig ruhige Lagerung ist selten. Das Standortgebiet Jura-Südfuss wird zusammenfassend mit *geeignet* bewertet.

Im dunkelgrün ausgeschiedenen Standortgebiet (vgl. S. 74) könnten die unterirdischen Anlagen für ein → geologisches Tiefenlager für → SMA in den → Wirtgesteinen → Opalinuston und → Effinger Schichten gebaut werden. Auf Beschluss des Bundesrates zum Abschluss der 2. Etappe des → Sachplanes wird das Gebiet Jura-Südfuss zurückgestellt und in der 3. Etappe nicht weiter verfolgt.



Jur

Standortgemeinden:

Kanton Solothurn: Däniken, Dulliken, Eppenberg-Wöschnau, Erlinsbach, Gretzenbach, Lostorf, Niedergösgen, Obergösgen, Olten, Schönenwerd, Starrkirch-Wil, Stüsslingen, Trimbach, Winznau; *Kanton Aargau:* Aarau, Buchs, Gränichen, Hirschthal, Holziken, Kölliken, Muhen, Oberentfelden, Suhr, Unterentfelden

Weitere Gemeinden im → Planungssperimeter (neben Standortgemeinden):

Kanton Solothurn: Hägendorf, Kappel, Rickenbach, Walterswil, Wangen bei Olten; *Kanton Aargau:* Aarburg, Erlinsbach, Hunzenschwil, Küttigen, Lenzburg, Oberkulm, Oftringen, Rothrist, Rupperswil, Safenwil, Schafisheim, Schöftland, Seon, Staffelbach, Staufen, Teufenthal, Uerkheim, Unterkulm

Jur

Jurafaltung

Die Schweizer Jurafaltung hängt eng mit der letzten Phase der Alpenbildung zusammen. Sie fand vor etwa 10 bis 2 Mio. Jahren statt. Ausgelöst wurde die Alpenfaltung durch die Verschiebung der afrikanischen Kontinentalplatte nach Norden. Damit einhergehend, wurden auch die → Molasseablagerungen gehoben und verfaultet. Das kristalline Grundgebirge erfuhr keine Faltung.

Jurazeit

Geologische Zeiteinheit, die den Zeitraum von vor 201 bis vor 145 Mio. Jahren bezeichnet. Der geologische Zeitabschnitt → Jura, das von rund 201 bis 145 Mio. Jahren andauerte, hat seinen Namen vom Gebirgszug bzw.

dessen Gesteinsschichten. Bereits in der vorangehenden Trias und dann während der ganzen Jurazeit, befand sich südlich des kristallinen Sockels der Vogesen und des Schwarzwaldes ein tropisches Flachmeer, → Tethys oder Urmittelmeer. In den seichten, von Zeit zu Zeit trockenfallenden Buchten am Nordrand des Meeres, verdunstete viel Wasser und schuf bedeutende Steinsalzlager (heute genutzt bei Schweizerhalle und Rheinfelden) und Gipslager (im Aargauer Jura).

Karbon

Das Karbon ist in der Erdgeschichte der fünfte → Abschnitt des Paläozoikums. Das Karbon begann vor etwa 359 Mio. Jahren und endete vor etwa 299 Mio. Jahren. Auf das Karbon folgt das → Perm.

Kar

Kaverne

Eine Kaverne (lat. *cavum* «Höhle», «Hohlraum») ist im weiteren Sinne ein grösserer natürlicher oder künstlich geschaffener unterirdischer Hohlraum. Künstlich erstellte Kavernen sind Hohlräume, die mit Verfahrensweisen des Bergbaus unter Tage erstellt wurden und die nicht die Form von Stollen (Tunnelröhren) oder Schächten haben.

KEG

Kernenergiegesetz vom 21. März 2003: Das Kernenergiegesetz regelt die friedliche Nutzung der Kernenergie und bestimmt das Vorgehen bei der → Entsorgung radioaktiver Abfälle.

Kernbrennstoff

Kernbrennstoffe sind Materialien, die zur → Kernspaltung in → Kernreaktoren eingesetzt werden. Im Kernbrennstoff eines Reaktors erfolgen im Betrieb Kernspaltungs-Kettenreaktionen, bei denen Energie in Form von Wärme freigesetzt wird. Bei Kernkraftwerken wird aus dieser thermischen Energie dann elektrische Energie gewonnen.

Kernenergie

Mit Kernenergie, Atomenergie, Atomkraft, Kernkraft oder Nuklearenergie wird die Technologie zur gross-technischen Erzeugung von Sekundärenergie wie elektrischem Strom mittels → Kernreaktionen bezeichnet. Kernreaktionen erzeugen mehr Energie pro Masse als chemische Reaktionen, welche die Energie bei Verbrennungen, Brennstoffzellen, Batterien oder Sprengstoffen liefern. Das Hauptproblem bei der Energieerzeugung durch Kernreaktionen ist, dass dabei → radioaktive Abfälle entstehen.

Kernfusion

Reaktion, bei der zwei → Atomkerne zu einem neuen Kern verschmelzen.

Kernreaktor (vgl. Reaktor)

Kernspaltung

Spaltung eines → Atomkerns in zwei ähnlich grosse Teile, die dadurch ausgelöst wird, dass der Kern von einem energiereichen anderen Teilchen getroffen wird. Bei der

→ Kernspaltung von $^{235}\text{Uran}$ wird durch Einfang eines
→ Neutrons der Urankern zur Spaltung angeregt. Dabei
entstehen mindestens zwei Spaltprodukte, zwei bis drei
freie → Neutronen (die ihrerseits andere Kerne treffen
können) sowie Energie. → Kettenreaktion. Bei vollständiger
Spaltung von einem Kilogramm $^{235}\text{Uran}$ (→ Uran)
werden rund 20 → Gigawattstunden Energie freigesetzt.
Die gleiche Energiemenge ist in circa 2'500 Tonnen
Braunkohle enthalten.

KES

Kantonale Expertengruppe Sicherheit

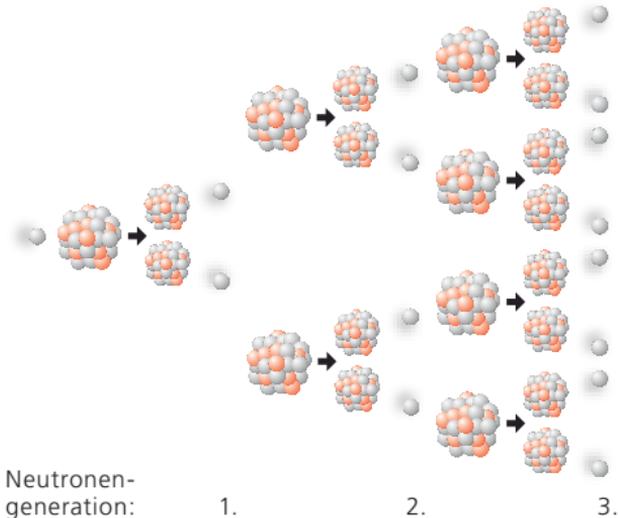
KES

Kettenjura

→ Faltenjura

Kettenreaktion

Die durch Absorption eines freien → Neutrons ausgelöste
Spaltung eines geeigneten → Atomkerns, setzt ihrerseits
wieder einige → Neutronen frei (im Mittel zwischen zwei
und drei → Neutronen, je nach gespaltenem → Nuklid
und Energie des auslösenden → Neutrons). Diese können
weitere Kerne spalten, wobei wieder neue → Neutronen
frei werden usw.



KEV

Die Kettenreaktion wird im Normalbetrieb eines Kernreaktors so gesteuert, dass im Mittel genau eines der neuen → Neutronen wieder eine Spaltung auslöst.

KEV

Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004.

KiKK

Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken

Kilowatt

1'000 → Watt

Kilowattstunde - kWh

Die Kilowattstunde ist eine Masseinheit der Arbeit und damit eine Energieeinheit. Eine Kilowattstunde entspricht der Energie, welche ein Energiewandler mit einer Leistung von 1'000 → Watt in einer Stunde aufnimmt oder abgibt.

KKW

Kernkraftwerk

Kluft

Klüfte oder Kluftflächen sind feine Trennflächen im Gestein bzw. im Gebirge, die durch tektonische Beanspruchung entstehen, aber auch durch diagenetische Prozesse oder Abkühlung von Gesteinen. Die Grössenordnung einer Kluft liegt im Bereich von wenigen Millimetern Weite bis zu einer Erstreckung von mehreren Metern. In der Regel findet an den Kluftflächen kein Versatz der getrennten Gesteine statt. Treten jedoch grössere Bewegungen entlang der Klüfte auf, so entwickeln sie sich zu Verwerfungen. Bei seitlicher Öffnung von Klüften reissen Spalten auf.

Kil

KNE

Die **Kommission Nukleare Entsorgung** war eine vom → UVEK und dem Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) eingesetzte ausserparlamentarische Expertenkommission. Als erdwissenschaftliches Fachgremium, hatte sie die Aufgabe, das → ENSI in sicherheits- und bautechnischen Fragen der nuklearen → Entsorgung zu beraten und zu wissen-

schaftlichen Berichten der → Nagra Stellung zu nehmen. Die KNE umfasste neun Mitglieder, vornehmlich aus dem Hochschulbereich, welche verschiedene, in der geologischen Tiefenlagerung relevante, Fachbereiche abdeckte. Sie wurde 2011 von der → EGT abgelöst.

KNS

Kommission für Nukleare Sicherheit berät den Bundesrat, das Departement → UVEK sowie die nukleare Aufsichtsbehörde in Fragen der nuklearen Sicherheit von Kernanlagen. Gesetzliche Grundlagen sind Art. 71 des Kernenergiegesetzes (SR 732.1) und die KNS-Verordnung (SR 732.16). Die KNS ist eine ständige Verwaltungskommission. Sie besteht aus fünf bis sieben nebenamtlichen Mitgliedern, die Sachkundige auf Gebieten der Wissenschaft und Technik sind, die für die nukleare Sicherheit wichtig sind.

KNS

Die Aufgaben der KNS sind in Art. 2 bis 5 der Verordnung über die Eidgenössische **Kommission für nukleare Sicherheit** (VKNS) näher bezeichnet und umfassen die folgenden Tätigkeiten:

- Verfolgen des Standes von Wissenschaft und Technik sowie der Forschung
- Prüfung grundsätzlicher Fragen der nuklearen Sicherheit
- Mitwirkung beim Erlass von Vorschriften
- Stellungnahmen zuhanden der Bewilligungsbehörden

Die Kommission erstattet dem Departement UVEK jährlich einen Tätigkeitsbericht. Dieser wird veröffentlicht.

Kombilager

Denkbar ist, die unterirdischen Lagerteile für → HAA und → SMA von einem einzigen Oberflächenstandort aus zu erschliessen und zu betreiben. Im Gebiet → Zürich Nordost und im Gebiet → Nördlich Lägern könnten die Stollen für die → HAA im → Opalinuston und die → Kavernen für → SMA im → Braunen Dogger oder im → Opalinuston angelegt werden. Im Gebiet Bözberg würden sowohl Stollen für → HAA und → Kavernen für → SMA in den → Opalinuston zu liegen kommen.

Kompensationsmassnahmen

Kom

Kompensationsmassnahmen werden ergriffen, wenn durch Planung, Bau oder Betrieb des → geologischen Tiefenlagers negative Auswirkungen auf eine Region festgestellt werden. Die Kompensationsmassnahmen werden in Zusammenarbeit mit der Standortregion und dem Standortkanton erarbeitet, vom → BFE genehmigt und von den → Entsorgungspflichtigen finanziert.

Konditionierung

Bezeichnet in der Kerntechnik zusammenfassend jene Prozesse, die radioaktiven Abfall in einen endlagerfähigen Zustand überführen (z.B. Verglasen, Verpressen, Zementieren etc.). Durch die Konditionierung werden die → radioaktiven Abfälle in einen chemisch stabilen, in Wasser nicht oder nur schwer löslichen Zustand überführt und den Anforderungen von Transporten und Lagerungen entsprechend verpackt. Je nach Material, werden dazu unterschiedliche Verfahren verwendet.

Hochradioaktive → Spaltprodukte, die bei der → Wiederaufarbeitung abgebrannter → Brennelemente anfallen, werden in Glas eingeschmolzen. Die dabei entstehenden → Glaskokillen sind korrosionsfest und unlöslich in Wasser. Zusätzlich werden sie wasserdicht in Edelstahlbehälter verpackt.

Kontamination

Unerwünschte Verunreinigung von Arbeitsflächen, Geräten, Räumen, Wasser oder Luft durch gefährliche, in diesem Zusammenhang vor allem radioaktive Stoffe.

Korrosion

(lat. *corrodere* «zersetzen, zerfressen, zernagen») ist im Allgemeinen die Reaktion eines Werkstoffs mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffs bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteils oder Systems führen kann. Korrosion tritt an Metallen auf. Die wohl bekannteste Art von Korrosion ist das Rosten, also die Oxidation von Eisen.

Kon

Kosmische Strahlung

Die kosmische Strahlung ist eine hochenergetische Teilchenstrahlung aus dem Weltall, die von der Sonne, der Milchstrasse und von fernen Galaxien kommt. Sie besteht vorwiegend aus → Protonen, daneben aus → Elektronen und vollständig ionisierten → Atomen. Auf die äussere Erdatmosphäre treffen zirka 1'000 Teilchen pro Quadratmeter und Sekunde. Durch Wechselwirkung mit den Gasmolekülen entstehen Teilchenschauer mit

einer hohen Anzahl von Sekundärteilchen, von denen aber nur ein geringer Teil die Erdoberfläche erreicht.

Kreidezeit

Geologischer Zeitabschnitt, der den Zeitraum von vor 145 bis vor 66 Mio. Jahren bezeichnet.

Kristall

Homogener Körper, dessen atomare Bestandteile ein regelmässiges Gitter bilden (z.B. Salz, Quarz).

Kristallin

Kre

Als Kristallin bezeichnet man in der Geologie Gesteine, die aus kristallisiertem Material bestehen. Das Gegenteil ist → amorph. Der Begriff wird auch verwendet, um geologische Komplexe zu benennen, die aus magmatischen oder metamorphen Gesteinen bestehen. Dies sind erdgeschichtlich relativ alte Gesteine, die bei Prozessen der Gebirgsbildung tief versenkt und durch Erosion später an die Erdoberfläche gelangt sind. In diesen Fällen findet man heute an der Erdoberfläche Gesteine aufgeschlossen, die ehemals mehrere Kilometer tief in der Erdkruste lagen. Auch erdgeschichtlich viel jüngere Gebirge wie die Alpen enthalten Kristallin, denn einerseits wurden durch tektonische Prozesse Gesteinseinheiten, die früher tief in der Erdkruste lagen, rasch an die Erdoberfläche transportiert und andererseits sind ehemals an der Erdoberfläche liegende Gesteinseinheiten in die Tiefe geraten. Dadurch wurden sie teilweise aufgeschmolzen und können das Material für Magmatite liefern, die in höhere Krustenschichten aufsteigen und dort erstarren.

KSA

Eidgenössischen Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen. Die KSA ist per Ende 2007 aufgelöst und durch die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (→ KNS) ersetzt worden. Die KSA wurde 1960 als Beratungs- und Aufsichtsorgan geschaffen. Seit 1983 war die KSA eine ständige Verwaltungskommission und hat den Bundesrat und das Departement → UVEK in Fragen der nuklearen Sicherheit von Kernanlagen beraten. Massgebende gesetzliche Grundlage für diese Tätigkeit der KSA war die KSA-Verordnung vom 14. März 1983, geändert am 1. Februar 2005. Genauere Umschreibungen des Auftrags sind in den Art. 2 bis 6 festgehalten. Im Zug der rechtlichen Verselbständigung der schweizerischen Aufsichtsbehörde für Kernanlagen (Bundesgesetz vom 22. Juni 2007 über das Eidgenössische Nuklear-Sicherheitsinspektorat (→ ENSI) G, SR 732.2), wurde auch Artikel 71 des Kernenergiegesetzes (KEG, SR 732.1) geändert. Damit wurde die KSA aufgelöst und per 1. Januar 2008 durch die → Eidg. Kommission für nukleare Sicherheit (→ KNS) ersetzt.

KSA

Lager

→ Radioaktive Abfälle müssen auf sehr lange Zeit sicher gelagert werden. In Lagern an der Erdoberfläche sind die Abfälle zwar direkt kontrollierbar und leicht rückholbar. Die Lager müssen aber überwacht und unterhalten werden. Eine zwingende Voraussetzung dafür sind stabile gesellschaftliche Verhältnisse während der nötigen Lagerdauer. Gesellschaftliche und klimatische Entwicklungen sind nicht prognostizierbar, im Gegensatz zur

→ Geologie und zum Verhalten der technischen → Sicherheitsbarrieren. Deshalb sind → geologische Tiefenlager vorzuziehen.

Weltweit ist anerkannt, dass für → HAA und → LMA nur die Lagerung in geologisch stabilen Gesteinen die Sicherheit über die notwendigen langen Zeiträume gewährleistet. Dieser Grundsatz ist im Kernenergiegesetz verankert und gilt in der Schweiz auch für die → SMA.

Lagerauslegung

Die Festlegung der zu entsorgenden Abfälle, deren Eigenschaften, die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben sowie die technisch-wissenschaftlichen Anforderungen für die → Entsorgung setzen die Rahmenbedingungen sowohl für den zeitlichen Ablauf der Lagerrealisierung als auch für die Lagerkonzepte, die für eine sichere → Entsorgung der Abfälle erforderlich sind. Bei den Lagerkonzepten ist vorgesehen, dass die → Langzeitsicherheit durch gestaffelte passive → Sicherheitsbarrieren gewährleistet wird, wobei die geologischen und technischen → Barrieren ausgewogene Beiträge leisten sollen.

Lag

Die Lagerkonzepte umfassen die folgenden Elemente:

- i. das Hauptlager, in dem die Abfälle eingelagert werden und das innerhalb einer angemessenen Zeit nach der Einlagerung verfüllt und versiegelt wird
- ii. das → Testlager, in dem standortspezifische Daten für die relevanten Eigenschaften des → Wirtgesteins zwecks Bestätigung der Sicherheit und technischen Machbarkeit erhoben werden

iii. das Pilotlager, in dem das Verhalten der Abfälle, der Verfüllmaterialien und des → Wirtgesteins bis zum Ende der → Beobachtungsphase mit dem Ziel überwacht werden, Daten für die Bestätigung der Sicherheit im Hinblick auf den Lagerverschluss (→ Verschluss) zu sammeln. → Wirtgesteine mit günstigen Eigenschaften sind innerhalb von geologisch-tektonisch stabilen Grossräumen auszuwählen, um einen angemessenen Beitrag der geologischen Barriere zu den Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten.

Langzeitsicherheit

Dauernder Schutz von Mensch und Umwelt nach → Verschluss eines → geologischen Tiefenlagers.

Lan

Lava

Lava (ital. «Regenbach») ist die Bezeichnung für an die Oberfläche austretendes → Magma.

Leibstadt

Jüngstes Schweizer Kernkraftwerk. Der Siedewasserreaktor ging 1985 ans Netz und hat eine Bruttoleistung von 1'245 MW.

Leioceras opalinum

Art → Ammonit. Der Name ist auf das opalisierende Schillern der Schale zurückzuführen, das über eine Zeit von zirka 175 Mio. Jahren erhalten geblieben ist. Er wurde durch das → Tongestein vor äusseren Einflüssen geschützt und konserviert.

LGRB

Landesamt für → Geologie, Rohstoffe und Bergbau

LIDAR

Light detection and ranging. Durch Absorptions- und Streuungsprozesse von Licht, können mit Hilfe des LIDAR Aussagen über atmosphärische Parameter getroffen werden. Das LIDAR sendet elektromagnetische Strahlung aus, die von Teilchen (→ Moleküle, Partikel) durch Absorption und Streuung zurückgeworfen wird und vom Gerät detektiert wird.

LGR

Lithosphäre

Die Lithosphäre, feste Gesteinshülle (grch. *lithos* «Stein» und *sphära* «Kugel»), umfasst die Erdkruste und den obersten Teil des äusseren → Erdmantels.

LMA

Langlebige **mittelaktive Abfälle**

Magma

Gesteinsschmelze. Erstarrt Magma langsam im Erdinneren, entstehen daraus kristalline Tiefengesteine. Magma, das an der Erdoberfläche ausfliesst, heisst → Lava.

Magnitudenskala

Die Magnitude ist ein Mass für die Stärke von → Erdbeben. Magnituden werden überwiegend aus den Amplituden, seltener auch aus anderen Parametern von Seismogrammen bestimmt. Diese werden wiederum weltweit an Erdbebenmessstationen mit Seismografen aufge-

zeichnet. Im Gegensatz dazu ist die → Intensität von → Erdbeben (also ihre Auswirkungen auf Menschen, Gebäude und Landschaft) ohne Instrumente zu beobachten. → Intensitätsskala

MEG

Most Extensive Glaciation

Megawatt - MW

1'000'000 → Watt (grch. *mega* «Million»)

Mehrfachbarrierenprinzip

Zum sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle, werden sowohl technische wie → natürliche Barrieren errichtet. → Technische Barrieren wie Stahlbehälter sind der → Korrosion ausgesetzt. Nach neusten Erkenntnissen aus der Materialforschung, sollten Stahlbehälter während mindestens 10'000 Jahren → Radionuklide zurückhalten können.

MEG

Mergel

Mischgestein aus Kalk und Ton.

Metamorphose

Umwandlung des Gesteins durch Zunahme von Hitze und Druck im Untergrund.

Millisievert

→ mSv, tausendstel Sievert (0,001 Sv).

Moderation

Als Moderation wird das Abbremsen von schnellen → Neutronen in einem → Kernreaktor bezeichnet. Sie ist notwendig, da langsame → Neutronen das → Uranisotop ^{235}U leichter spalten können als schnelle. Wasser ist der wirksamste Moderator, weil die durchschnittliche Bremswirkung, bei gleicher Masse der Stosspartner, am grössten ist.

Molasse

Mod
Molasse (lat. *mollis* «weich») ist das Abtragungsmaterial eines Gebirges in der Spätphase seiner Entstehung. Molassesedimente sind Sedimente einer vorwiegend terrestrischen oder flachmarinen Ablagerungsumgebung und lagern sich in geeigneten Ablagerungsräumen im Vorland eines Gebirges ab oder in seinem Innern. Sand, Silt und Tone werden von den Flüssen aus dem sich über den Meeresspiegel erhebenden Gebirge ins Vor- und Rückland transportiert und dort abgelagert. Nahe dem Gebirgsrand herrschen Sandstein und Konglomerate vor (in den Alpen Nagelfluh genannt), in grösserer Entfernung vom Gebirge dagegen feinere Ablagerungen wie Feinsand oder Silt. Falls die Ausgangsgesteine Kalk enthalten, bilden sich Ablagerungen von Mergelgesteinen.

Molekül

Teilchen, das aus mehreren → Atomen besteht. Beispiel: H_2O ist ein Wassermolekül, das aus zwei Wasserstoffatomen (H) und einem Sauerstoffatom (O) besteht.

Mont Terri

Unter der Leitung des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo), wird im Mont Terri bei St-Ursanne im Kanton Jura ein internationales Forschungsprojekt durchgeführt. Die → Nagra ist seit dem Beginn im Jahr 1996 beteiligt. Im → Felslabor → Mont Terri finden Versuche statt zur → hydrogeologischen, → geochemischen und → felsmechanischen Charakterisierung des Gesteins → Opalinuston und zum Verhalten der → technischen Barrieren. Die Resultate fliessen ein in die Beurteilung von Machbarkeit und Sicherheit geologischer → Lager für → radioaktive Abfälle in → Tongestein (insbesondere → Opalinuston).

Mon

mSv

→ Millisievert

Mühleberg

Kernkraftwerk (Siedewasserreaktor) nahe Bern mit 390 MW Leistung, war von 1972 bis Ende 2019 in Betrieb.

NAB

Nagra Arbeitsbericht

Nachbetriebsphase

Phase zwischen Abschaltung und Stilllegung (etwa 5 Jahre). Die Kosten für die Nachbetriebsphase aller 5 schweizerischen Kernkraftwerke betragen gemäss Kostenstudie 2011 1,709 Milliarden Franken. Diese Kosten werden von den Betreibern direkt finanziert und sind nicht Teil der Fonds → Entsorgungsfonds.

Nachzerfallswärme

Mit Nachzerfallswärme bezeichnet man in der → Kernreaktor-Technik die Wärmeleistung, die nach dem Beenden der → Kettenreaktion in den → Brennelementen noch neu entsteht. Da der Neutronenfluss z.B. durch Einfahren der Steuerstäbe nahezu zum Erliegen gebracht wird, finden nach der Abschaltung kaum neue Spaltungsreaktionen statt. Die Nachzerfallswärme kommt vielmehr dadurch zustande, dass die vorhandenen, kurzlebigen → Spaltprodukte radioaktiv zerfallen. Die Wärmemenge und der Dampfdruck reichen nach dem Abschalten im Allgemeinen nicht mehr für den Betrieb der Dampfturbine aus. Die Nachzerfallswärme muss daher komplett über den normalen oder einen speziellen Kühlkreislauf abgeführt werden. Diese Wärmeleistung beträgt unmittelbar nach dem Abschalten zwischen 5 % und 10 % der vorherigen thermischen Leistung des Reaktors; abhängig vom Reaktortyp, der Betriebsdauer und dem eingesetzten → Kernbrennstoff. Ein Grossreaktor von beispielsweise 1'300 → MW elektrischer Leistung, d.h. rund 4'000 MW thermischer Leistung, hat somit direkt nach der Abschaltung noch rund 200 bis 400 MW Wärmeleistung, die danach relativ schnell abfällt.

Durch die Nachzerfallswärme können bei vollständigem Ausfall der Kühlung Schäden am Reaktor bis hin zur → Kernschmelze eintreten. Deshalb benötigen Leichtwasserreaktoren geeignete Notkühlsysteme.

Nac

Nagra

Nationale Genossenschaft für die → Lagerung radioaktiver Abfälle. Sie wurde im Hinblick auf die dauernde und sichere → Entsorgung von radioaktiven Abfällen durch die Betreiber der fünf schweizerischen Kernkraftwerke und der Schweizerischen Eidgenossenschaft 1972 gegründet.

Nasslager

Wegen der → Nachzerfallswärme werden die abgebrannten → Brennelemente in einem Wasserbecken gekühlt. Wasser schirmt die von diesen → Brennelementen ausgehende Strahlung so stark ab wie im Kernreaktor, sodass man am Beckenrand keine zu hohe Strahlenbelastung mehr erhält und dort beliebige Arbeiten durchführen kann. Da das Wasser die Nachwärme aufnimmt, muss es selbst laufend gekühlt werden, weil es sich sonst aufwärmt und nach einiger Zeit auch verdampft. Dann werden die → Brennelemente nicht mehr gekühlt, sie werden immer heisser und schliesslich schmelzen sie auch, zuerst die Hüllrohre und später das Urandioxid (UO_2). Die Spaltprodukte und auch Teile vom → Uran werden dann frei gesetzt.

Nag

Natürliche Barrieren

Darunter versteht man die verschiedenen Gesteinsformationen (→ Ton, → Salz oder → Granit), in welchen → geologische Tiefenlager erstellt werden sollen, im Gegensatz zu → technischen Barrieren.

Natururan

Uran in der Isotopenzusammensetzung, wie es in der Natur vorkommt. Es besteht zur Hauptsache aus dem schwer spaltbaren → Isotop $^{238}\text{Uran}$ (mit einem Anteil von 99,2739%) und dem spaltbaren $^{235}\text{Uran}$ (0,7205%).

NEA

Nuclear Energy Agency

Neptunium

Neptunium ist ein chemisches Element mit dem Elementsymbol Np und der Ordnungszahl 93. Im → Periodensystem steht es in der Gruppe der → Actinoide. Neptunium ist das erste der sogenannten → Transurane. Es ist ein giftiges und radioaktives Schwermetall. Es wurde benannt nach dem Planeten Neptun, der auf den Planeten Uranus folgt. Neptunium folgt im → Periodensystem auf → Uran, dann folgt → Plutonium, das schwerste auf der Erde natürlich vorkommende Element mit der Ordnungszahl 94.

Nat

Neutron

Elementarteilchen mit elektrisch neutraler Ladung. Neutronen bilden zusammen mit → Protonen die Bestandteile eines → Atomkerns.

Neutronenbeschuss

Bei der Kernspaltung von z.B. $^{235}\text{Uran}$, bricht ein schwerer Kern in zwei leichtere auseinander. Kernspaltungen werden im allgemeinen durch → Neutronenbeschuss eingeleitet. Ist die Kernreaktion einmal in Gang gesetzt,

sind genügend abgespaltene Neutronen vorhanden, um die → Kettenreaktion aufrecht zu erhalten. Die Regelung der Leistung wird durch sogenannte Steuerstäbe erreicht. Sie absorbieren die Neutronen durch Cadmium oder Bor und können eine → Kettenreaktion zum Stillstand bringen. In der Schweiz wird bei den Siede- und Druckwasserreaktoren mit Wasser, das die Brennstäbe umgibt, die bei der Kernreaktion frei werdende Wärme aufgenommen und zugleich die Kernreaktion moderiert (→ Moderation).

Neutronenstrahlung

Bei der → Kernspaltung werden → Neutronen aus den sich spaltenden Kernen herausgeschleudert. Sie können wiederum auf andere → Atomkerne treffen, diese spalten oder von ihnen absorbiert werden. → Kettenreaktion.

Neu

Nördlich Lägern

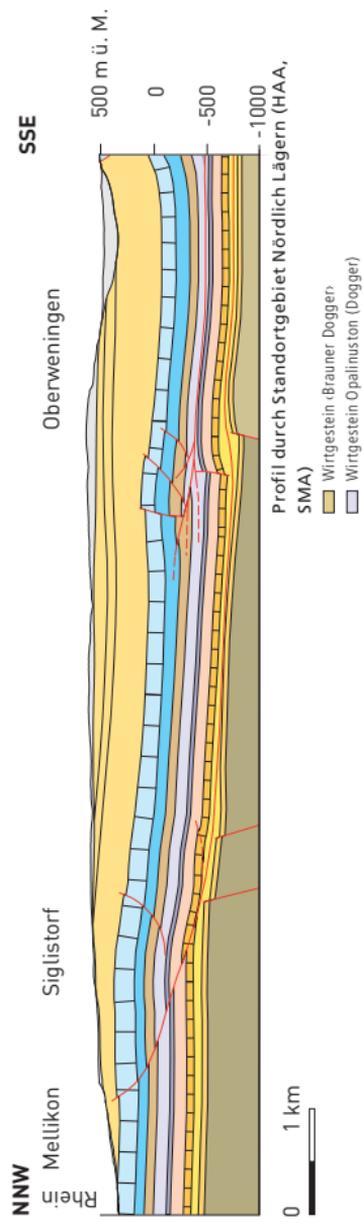
Das Gebiet Nördlich Lägern (ZH, AG) ist eines der sechs vom Bundesrat bestätigten möglichen Standortgebiete für ein → geologisches Tiefenlager. Das Gebiet im Nordwesten von Bülach eignet sich sowohl für ein → Lager für → HAA als auch für → SMA. Das geologische Standortgebiet Nördlich Lägern umfasst eine Fläche von rund 65 km². Das bevorzugte → Wirtgestein ist der Opalinuston und der → «Braune Dogger».

Nör

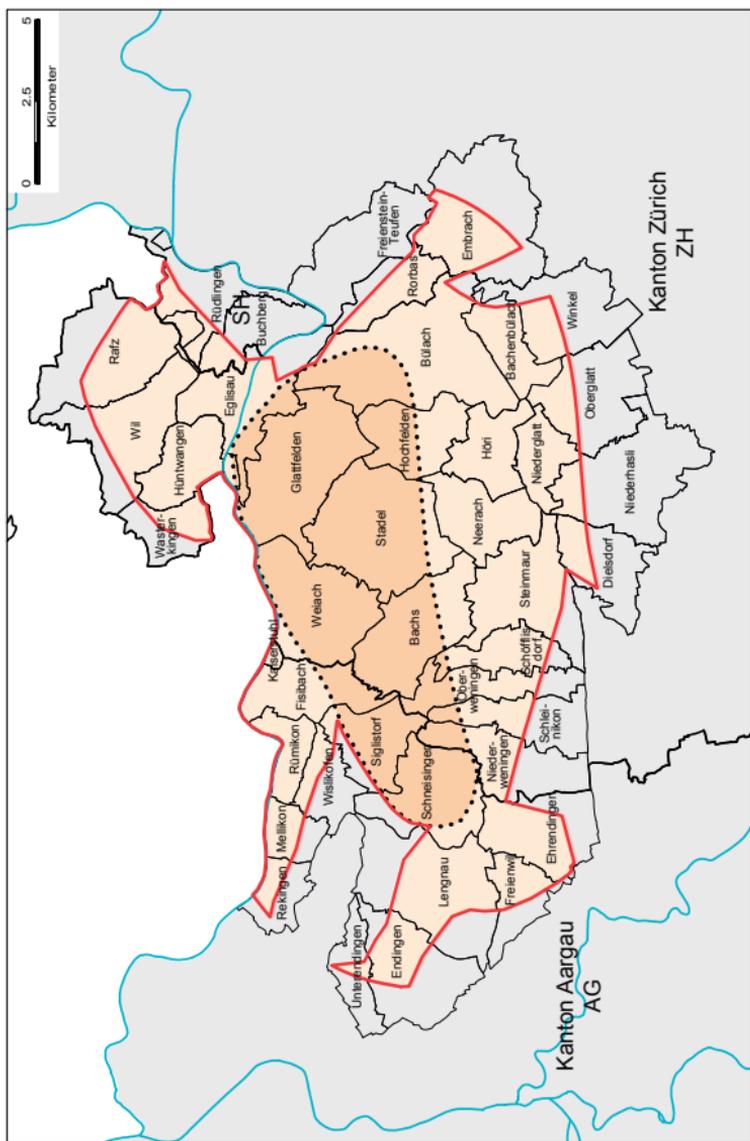
Der Kenntnisstand über die räumlichen Verhältnisse beruht auf 2D-seismischen Untersuchungen sowie einer Tiefbohrung (Weiach). Das Standortgebiet liegt in einem von der → Juraufaltung teilweise → tektonisch überprägten Bereich (Vorfaltenzone). Aus diesem Grund weist das → Wirtgestein, neben weitgehend ruhig gelagerten Bereichen, Zonen mit Anzeichen erhöhter tektonischer Zergliederung auf. Die 3D-Seismik hat eine tektonische Zone im Westen und Norden bestätigt.

Das Standortgebiet Nördlich Lägern wurde im Schlussbericht zur 2. Etappe zusammenfassend mit *geeignet* bewertet.

In Bülach wurde 2019 die erste Tiefenbohrung abgeteuft. Der Opalinuston ist im südöstlichen Teil des Standortgebiets ruhig gelagert. Mit der Bohrung Bülach wurde der südöstliche Rand dieser Zone an der tiefsten Stelle im Standortgebiet untersucht. Dadurch konnten mit der Bohrung Bülach alle relevanten geologischen Schichten untersucht werden.



Nör



Im dunkelorange ausgeschiedenen Standortgebiet (Karte Seite 98) könnten die unterirdischen Anlagen für ein → geologisches Tiefenlager für → HAA im → Opalinuston gebaut werden.

Standortgemeinden (HAA):

Kanton Zürich: Bachs, Bülach, Eglisau, Glattfelden, Hochfelden, Neerach, Niederweningen, Oberweningen, Schleinikon, Schöfflisdorf, Stadel, Weiach; *Kanton Aargau:* Fisibach, Schneisingen, Siglistorf

Weitere Gemeinden im → Planungsperimeter (neben Standortgemeinden):

Kanton Zürich: Bachenbülach, Dielsdorf, Embrach, Höri, Hüntwangen, Niederglatt, Niederhasli, Oberglatt, Rafz, Rorbas, Steinmaur, Wasterkingen, Wil, Winkel
Kanton Schaffhausen: Buchberg, Rüdlingen; *Kanton Aargau:* Ehrendingen, Endingen, Freienwil, Kaiserstuhl, Lengnau, Mellikon, Rekingen, Rümikon, Unterendingen, Wislikofen

NTB

NTB

Nagra Technischer Bericht

Nuklid

Bezeichnet in der Kernphysik einen → Atomkern, der durch eine bestimmte Anzahl von → Protonen und → Neutronen definiert ist. Verschiedene Nuklide von ein und demselben chemischen Element mit gleicher Anzahl Protonen, aber unterschiedlicher Anzahl → Neutronen werden → Isotope genannt.

Oberflächenanlage

→ Geologische Tiefenlager brauchen an der Oberfläche Infrastruktur zum Bau und Betrieb des Lagers im Untergrund. Der wichtigste Bestandteil ist die Oberflächenanlage, welche als Pforte zum künftigen Tiefenlager dient. Die Oberflächenanlage muss im → Planungsperimeter der entsprechenden Standortregion liegen. Dieser umfasst das Gebiet des geologischen Standortgebiets und einen angrenzenden Gebietsgürtel. Den → Planungsperimeter festgelegt, hat der Bund in Zusammenarbeit mit den Kantonen aufgrund von vorgegebenen Kriterien.

Oberflächenanlagen können im Unterschied zu unterirdischen Lagerteilen flexibel platziert, erschlossen und gestaltet werden. Die Vorschläge der → Nagra dienen den Standortregionen als Grundlage für die Diskussion innerhalb der Regionalkonferenzen, welche Präferenzen entwickeln, Anpassungen vorschlagen oder auch eigene Varianten einbringen können. Gestützt auf die Ergebnisse dieser Zusammenarbeit, hat die → Nagra die Aufgabe, ein Standortareal pro Region für die weitere Bearbeitung zu bezeichnen. Bei der Wahl dieser Standortareale, fliessen die Anliegen der lokalen Mitwirkungsgremien wesentlich in die Beurteilung mit ein.

Objektblatt

Kern der Sachpläne des Bundes sind die Objektblätter, auf denen die einzelnen Vorhaben beschrieben sind. Objektblätter bestehen aus einem Karten- und Textteil und sind nach einem gleich bleibendem Schema aufgebaut:

- a. Titel mit Nummer des Objektblattes
- b. Zusammenfassung mit Kurzbeschreibung

- c. Bearbeitungsstand mit Angabe der Sachplankategorie
- d. Auflistung der involvierten Stellen
- e. Ausgangslage, Problemstellung
- f. Ziele für die Integration der Anlage in den Grossraum; Anlagenteile, → Erschliessung, Landschaftswerte
- g. → Kompensationsmassnahmen ausserhalb der Anlage zur regionalen Entwicklung
- h. Beschlussteil: Abstimmungs- und Koordinationsanweisungen
- i. Weiteres Vorgehen
- j. Dokumentation

OECD

Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (engl. **O**rganisation for **E**conomic **C**o-operation and **D**evelopment)

Oklo

Eine Besonderheit stellen die Naturreaktoren von Oklo in Gabun sowie die dortige → Uranlagerstätte dar: Von ihnen ist bekannt, dass dort vor etwa 1,5 bis 2 Mrd. Jahren über Jahrtausende → Kettenreaktionen in natürlichem Umfeld auftraten, im Zuge derer auch → Plutonium-Isotope entstanden.

OMM

Obere **M**eeress**m**olasse

Opalinuston

Vor rund 175 Mio. Jahren, während der → Jurazeit, lagerte sich am Grund eines flachen Meeres feiner Schlamm aus Tonpartikeln ab. Daraus entstand der Opalinuston. Das tonige Sedimentgestein ist in Teilen der Nordschweiz gleichförmig abgelagert. Es enthält in der Tiefe noch zehn bis zwanzig Gramm gelöste Salze pro Liter Porenwasser aus ursprünglichem Meerwasser. Weil solche Anteile von Meerwasser seit vielen Millionen Jahren im Gestein erhalten geblieben sind, gehen Wissenschaftler davon aus, dass sich die Eigenschaften des Gesteins auch bis in einer Million Jahre kaum verändern werden. Im Rahmen der Etappe 1 des → SGT hat die → Nagra den Opalinuston als mögliches → Wirtgestein für ein → geologisches Tiefenlager für → radioaktive Abfälle vorgeschlagen. Der → Opalinuston hat wegen seiner geringen Durchlässigkeit eine sehr gute → Barrierenwirkung.

Opa

OSM

Obere Süßwassermolasse

Paläontologie

Die Paläontologie (gr. *palaiós* «alt», *to on* «das Seiende» und *logos* «Wissenschaft») ist die Wissenschaft von den Lebewesen vergangener → Erdzeitalter. Untersucht werden u.a. Versteinerungen und Abdrücke früherer Tiere und Pflanzen. Die Paläontologie lässt Rückschlüsse auf frühere Klimasituationen und die Gestalt der Erdoberfläche zu.

Partizipation

Mit partizipativen Verfahren erhalten betroffene Bürger/innen und Organisationen die Möglichkeit, überall dort mitzuwirken und Wünsche geltend zu machen, wo andere über sie und ihre Lebensverhältnisse bzw. Interessen bestimmen oder Einfluss ausüben. Partizipative Verfahren umfassen Tätigkeiten, die betroffene Bürger/innen und Organisationen freiwillig mit dem Ziel unternehmen, Entscheidungen auf den verschiedenen Ebenen des politischen Systems zu beeinflussen.

PEBS

Long-term performance of Engineered Barrier Systems (vorgeschlagenes EU Projekt und Versuch im → Felslabor → Mont Terri).

Par

Pegasos – Studie über die Erdbebengefährdung

Die Kernkraftwerkbetreiber finanzieren eine im Jahre 2000 unter dem Projektnamen PEGASOS (**P**robabilistische **E**rdbebengefährdungs**a**nalyse für die **K**KW-**S**tandorte in der **S**chweiz) gestartete Studie. In diesem Projekt wird die Erdbebengefährdung unter umfassender Berücksichtigung des neusten Kenntnisstandes und experimenteller Methoden durch die Fachwelt ermittelt. Das Projekt hat zum Ziel, die Auswirkungen auch von äusserst seltenen Beben, die mit einer Wahrscheinlichkeit von einmal im Zeitraum von 10 Mio. Jahren eintreten, abzuschätzen.

Periodensystem

Das Periodensystem der Elemente (kurz Periodensystem oder PSE) stellt alle chemischen Elemente mit steigender Kernladung (Ordnungszahl) und entsprechend ihrer chemischen Eigenschaften eingeteilt in Perioden sowie Haupt- und Nebengruppen dar. Es wurde 1869 unabhängig voneinander und fast identisch von zwei Chemikern, zunächst von dem Russen Dmitri Mendelejew (1834 – 1907) und wenige Monate später von dem Deutschen Lothar Meyer (1830 – 1895) aufgestellt. Das Periodensystem dient heute vor allem der Übersicht.

Perm

Das Perm ist auf der geologischen Zeitskala der letzte Zeitabschnitt im Paläozoikum. Es begann vor etwa 299 Mio. Jahren und endete vor etwa 252 Mio. Jahren. Dem Perm geht das → Karbon voraus, ihm folgt die Trias.

Per

Permeabilität

Der Begriff (lat. *permeare* «durchgehen», «passieren») wird in der → Geologie verwendet für die Durchlässigkeit von Fels oder Böden, für Gase oder Flüssigkeiten.

Permokarbon

Im Permokarbon sind Gesteine aus dem → Karbon und → Perm zusammengefasst, deren Bildungen besonders auf der Südhalbkugel nur schwer zu trennen sind.

Permokaribontrog

Der Nordschweizer Permokaribontrog ist ein bei Weiach ZH erbohrter, mehrere Kilometer breiter und etwa 60 km

langer Trog. Dieser Trog enthält eine mehrere Kilometer tiefe Sedimentfolge des → Karbons und → Perms und entstand entlang eines Transversalbruches. Solche Transversalbrüche entstanden in einer späten Phase der variszischen Gebirgsbildung und durchsetzten das variszische Gebirge. Gefunden wurde der Permokarbondrog im Jahr 1983 bei einer Tiefbohrung der → Nagra: Bei der Bohrung in Weiach traf man in 1 km Tiefe nicht auf den prognostizierten → Granit vom kristallinen Untergrund, sondern auf Sedimente des Trogs. Das Vorhaben der Endlagerung radioaktiver Abfälle in → Granit wurde wegen des Troges aufgegeben und mehrere geplante Sondierbohrungen (z.B. in Hägendorf, Niedergösgen oder Hornussen) wurden nicht mehr durchgeführt.

Pilotlager

Kurzer Lagerstollen im geologischen Tiefenlager, in dem → radioaktive Abfälle eingelagert werden. Das Pilotlager wird während der ganzen Betriebs- und Beobachtungszeit überwacht. Im Pilotlager wird ein kleiner, aber repräsentativer Teil der Abfälle eingelagert. Anschliessend wird das Pilotlager verfüllt und versiegelt. Es dient der Überwachung des Langzeitverhaltens des → Barrierensystems und der Überprüfung der in der Sicherheitsanalyse verwendeten Prognosemodelle und liefert Entscheidungsgrundlagen für den späteren → Verschluss der Gesamtanlage. Es soll die frühzeitige Erkennung allfälliger unerwünschter und nicht vorgesehener Entwicklungen erlauben.

Planungsperimeter

Der Planungsperimeter bezeichnet den geografischen Raum, welcher durch die Ausdehnung des geologischen Standortgebiets unter Berücksichtigung von möglichen Anordnungen der benötigten Anlagen an der Oberfläche festgelegt wird.

Planungsperimeter für Oberflächenanlagen

Die nötigen oberirdischen Bauten (z.B. Portal des Zugangsstollens) können auch ausserhalb des geologischen Standortgebietes liegen. Der Bund hat dazu in Zusammenarbeit mit den betroffenen Kantonen und Vertretern aus Deutschland Planungszonen ausgeschieden (sog. → Planungsperimeter), die auch diese zusätzlichen Gebiete umfassen. Der → Planungsperimeter liegt innerhalb eines 5km-Umkreises um das geologische Standortgebiet, ist zusammenhängend und per Bahn oder Strasse gut erschlossen. Gebirgige und hügelige Räume sowie geschützte Naturräume sind einschränkende Faktoren. Das → BFE hat die → Planungsperimeter in provisorischer Form am 10. Dezember 2009 veröffentlicht. Der Bundesrat hat sie am 30. November 2011 verabschiedet.

Pla

Plasmaofen

Anlage im → Zwiilag. Hier werden schwachaktive Abfälle bei einigen Tausend Grad Celsius aufgeschmolzen oder thermisch zersetzt. Beim Schmelzvorgang wird dem Abfall Altglas zugesetzt. Dadurch entsteht ein gut lagerbarer Abfallkörper. Zudem kann das Abfallvolumen bis um den Faktor 20 verkleinert werden.

Pleistozän

Das Pleistozän (altgr. *pleistos* «am meisten» und *kainos* «neu») ist der Zeitabschnitt in der Erdgeschichte, der vor etwa 2 Mio. Jahren begann und um etwa 10'000 Jahre v. Chr. endete. In der Hierarchie der chronostratigraphischen Zeiteinheiten, ist das Pleistozän der untere Teil des Quartärs. Dem Pleistozän voraus ging das Pliozän.

Plutonium

Symbol: Pu. Chemisches Element mit der Ordnungszahl 94. Das spaltbare ^{239}Pu kommt in der Natur in verschwindend kleinen Mengen vor. Es bildet sich durch Neutroneneinfang aus ^{238}U . Plutonium entsteht in grösseren Mengen bei der \rightarrow Kernspaltung in Kernreaktoren.

Ple

Prinzipien für die geologische Tiefenlagerung

Die Anforderungen an die geologische Tiefenlagerung werden in der Richtlinie HSK-R-21 «Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle» präzisiert. Ziel der geologischen Tiefenlagerung ist, \rightarrow radioaktive Abfälle in einer solchen Art zu beseitigen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung aus diesen Abfällen dauernd gewährleistet ist».

In der Richtlinie HSK-R-21 werden konkrete Schutzziele sowie grundsätzliche Prinzipien für die \rightarrow geologische Tiefenlagerung definiert:

Prinzip 1: Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Tiefenlagern darf nur eine geringe zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung zur Folge haben.

Prinzip 2: Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle ist der Schutz der Umwelt so zu gewährleisten, dass die Artenvielfalt nicht gefährdet und die Nutzung von Bodenschätzen nicht unnötig eingeschränkt wird.

Prinzip 3: Die Risiken für Mensch und Umwelt aus der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz dürfen auch im Ausland und in Zukunft nicht höher sein, als sie in der Schweiz heute zulässig sind.

Prinzip 4: Die → Langzeitsicherheit eines Endlagers ist durch gestaffelte passive → Sicherheitsbarrieren zu gewährleisten.

Prinzip 5: Allfällige Vorkehrungen zur Erleichterung von Überwachung und Reparaturen eines Endlagers oder Rückholung der Abfälle dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren nicht beeinträchtigen.

Prinzip 6: Die Vorsorge für die Endlagerung der radioaktiven Abfälle ist eine Aufgabe, die der heutigen nutzniessenden Gesellschaft zukommt und die nicht auf künftige Generationen überwältzt werden darf.

Pro

Proton

Elementarteilchen mit positiver elektrischer Ladung. Protonen bilden zusammen mit → Neutronen und → Elektronen die Bestandteile eines → Atoms.

PSI

Das Paul Scherrer Institut in Würenlingen ist das grösste Forschungszentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Es betreibt Spitzenforschung in den Bereichen Materie und Material, Mensch und Gesundheit sowie Energie und Umwelt. Durch Grundlagen- und angewandte Forschung, arbeitet es an nachhaltigen Lösungen für zentrale Fragen aus Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft.

Quarz

Mineral, das aus Silizium-Dioxid SiO_2 besteht. Kommt als Bestandteil von Gesteinen vor, aber auch als Kristall in → Klüften (Bergkristall (klar), Rosenquarz (rosa), Rauchquarz (grau-braun) oder Amethyst (violett)).

PSI

Quellfähigkeit

Eigenschaft, sich durch Aufnahme von Flüssigkeit ausdehnen zu können.

Radioaktive Abfälle

Radioaktive Stoffe, die nach derzeitigem Stand der Technik nicht mehr genutzt werden können oder aufgrund politischer Vorgaben nicht mehr genutzt werden dürfen.

Radioaktivität

Radioaktivität ist eine Eigenschaft gewisser (instabiler) → Atomkerne, sich ohne äussere Einflüsse spontan umzuwandeln und dabei → ionisierende Strahlung, d.h. → Alpha-, → Beta- oder → Gammastrahlen zu emittieren. Natürliche Radioaktivität stammt einerseits von den

seit Entstehung der Erde im Erdboden vorhandenen langlebigen → Radionukliden und deren z.T. gasförmigen Folgeprodukten wie → Radon und andererseits von den sogenannten kosmogenen, d.h. durch die kosmische Strahlung laufend in der Atmosphäre neu gebildeten → Radionukliden.

Radionuklid

Definition gemäss → Strahlenschutzverordnung: → Nuklid, das spontan unter Strahlungsemission zerfällt.

Radiotoxizität

Mass für die Gesundheitsschädlichkeit eines Radionuklids. Strahlenart, Strahlenenergie, Resorption im Organismus, Verweildauer im Körper (effektive → Halbwertszeit) beeinflussen den Grad der Radiotoxizität eines Radionuklids. Wären beispielsweise die Einlagerungstunnel des geplanten HAA-Lagers mit Uranerz aus der kanadischen Uranmine Cigar Lake mit einer Urankonzentration von 55 % verfüllt, wäre die resultierende Radiotoxizität vergleichbar mit jener der Abfälle des HAA-Lagers nach rund 10'000 Jahren.

Rad

Radium

Symbol: Ra. Chemisches Element mit der Ordnungszahl 88. Radium ist eines der seltensten natürlichen Elemente. Es entsteht in der Zerfallsreihe von → Uran und kommt deshalb stets zusammen mit → Uran vor.

Radon

Symbol: Rn. Chemisches Element mit der Ordnungszahl 86. Radon ist als radioaktives Edelgas ein Bestandteil der Luft und hat am natürlichen Strahlungsaufkommen auf der Erdoberfläche den grössten Anteil. Die durchschnittliche effektive → Dosis pro Person beträgt ca. 3,2 → Millisievert pro Jahr (mSv/ a). Es entsteht beim Zerfall von → Uran im Erdreich. Weil es ein Gas ist, dringt es leicht durch undichte Stellen in Gebäude ein, wo es eingeatmet wird. Beim weiteren Zerfall von Radon zu Blei wird Strahlung freigesetzt, welche das Lungengewebe bestrahlen kann. Dadurch kann Lungenkrebs verursacht werden. Radon ist in der Schweiz für rund 60 Prozent der jährlichen Strahlenbelastung verantwortlich. Radongebiete befinden sich hauptsächlich in den Alpen und im Jura, aber auch im Mittelland gibt es vereinzelt hoch belastete Gebäude.

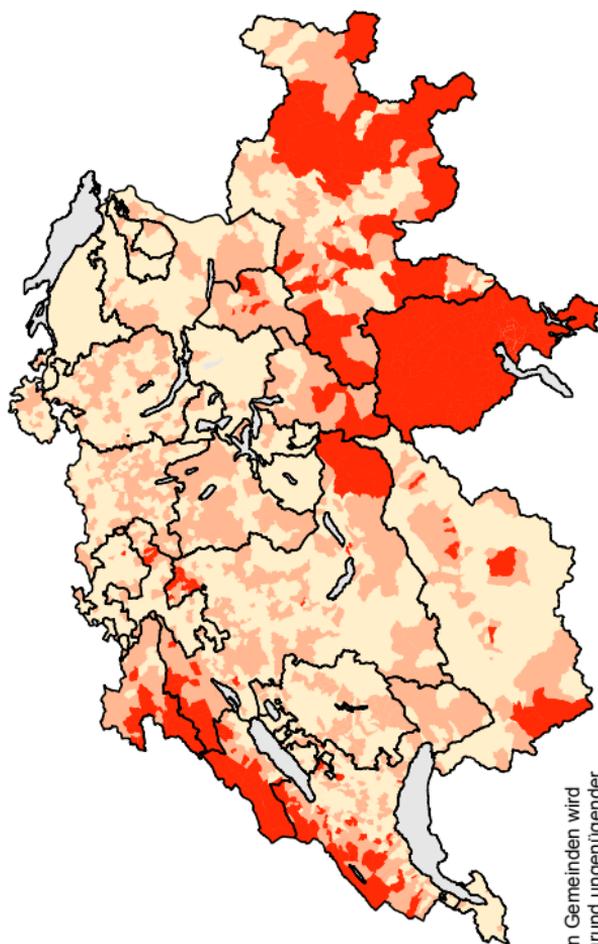
Rad

Rahmenbewilligung

Kernanlagen bedürfen einer Rahmenbewilligung nach → KEG. Geologische Tiefenlager sowie → Zwischenlager für → radioaktive Abfälle gelten gemäss diesem Gesetz als Kernanlagen.

Art. 13 KEG Voraussetzungen für die Erteilung der Rahmenbewilligung

- 1 Die Rahmenbewilligung kann erteilt werden, wenn:
 - a. der Schutz von Mensch und Umwelt sichergestellt werden kann;



Radonrisiko*:
 gering
 mittel
 hoch

Stand: Februar 2011

* Bemerkung: in einigen Gemeinden wird das Radonrisiko aufgrund ungenügender Messungen geschätzt (siehe "Suchmaschine nach Gemeinde" unter www.ch-radon.ch).

Quelle: GG25 ©Swisstopo

Radonkarte Schweiz

- b. keine anderen von der Bundesgesetzgebung vorgesehenen Gründe, namentlich des Umweltschutzes, des Natur- und Heimatschutzes und der Raumplanung, entgegenstehen;
- c. ein Konzept für die Stilllegung oder für die
→ Beobachtungsphase und den → Verschluss der Anlage vorliegt;
- d. der Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle erbracht ist;
- e. die äussere Sicherheit der Schweiz nicht berührt wird;
- f. keine völkerrechtlichen Verpflichtungen entgegenstehen;
- g. bei geologischen Tiefenlagern zudem, wenn die Ergebnisse der erdwissenschaftlichen Untersuchungen die Eignung des Standortes bestätigen.

Rah

- 2 Die Rahmenbewilligung wird Aktiengesellschaften, Genossenschaften und juristischen Personen des öffentlichen Rechts erteilt. Eine ausländische Unternehmung muss eine im Handelsregister eingetragene Zweigniederlassung haben. Soweit keine internationalen Verpflichtungen entgegenstehen, kann der Bundesrat nach ausländischem Recht organisierten Unternehmen die Rahmenbewilligung verweigern, wenn der Staat, in dem das Unternehmen seinen Sitz hat, kein Gegenrecht gewährt.

Art. 14 Inhalt

- 1 Die Rahmenbewilligung legt fest:
 - a. den Bewilligungsinhaber;
 - b. den Standort;
 - c. den Zweck der Anlage;
 - d. die Grundzüge des Projektes;
 - e. die maximal zulässige Strahlenexposition für Personen in der Umgebung der Anlage;
 - f. für → geologische Tiefenlager zudem: Kriterien, bei deren Nichterfüllung ein vorgesehener Lagerbereich wegen fehlender Eignung ausgeschlossen wird,
 - g. einen vorläufigen Schutzbereich.
- 2 Als Grundzüge des Projektes gelten die ungefähre Grösse und Lage der wichtigsten Bauten sowie insbesondere:
 - a. bei Kernreaktoren: das Reaktorsystem, die Leistungsklasse, das Hauptkühlsystem;
 - b. bei Lagern für Kernmaterialien oder → radioaktive Abfälle: die Kategorien des Lagergutes und die maximale Lagerkapazität.
- 3 Der Bundesrat setzt eine Frist für die Einreichung des Baugesuchs fest. Er kann diese Frist in begründeten Fällen verlängern.

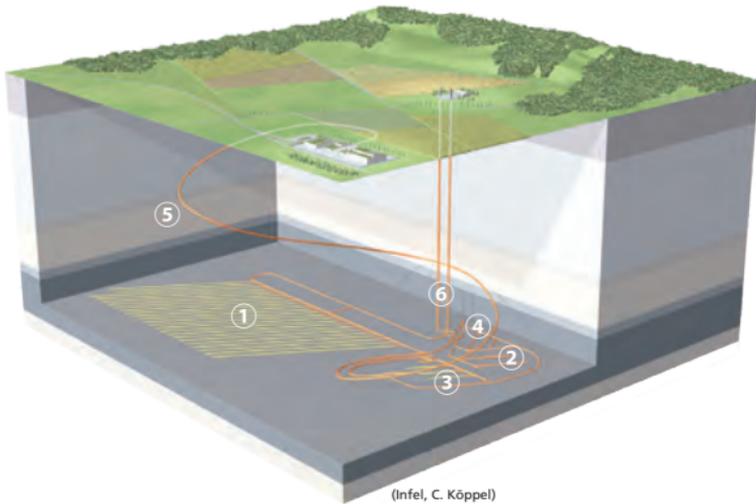
Rah

Rampe

Eine Rampe oder ein vertikaler → Schacht ermöglichen den Zugang zur Lagerzone (Lager → HAA) in einer Tiefe von 400 bis 900 m.

1. Hauptlager BE/ → HAA
2. → Lager → LMA
3. Pilotlager
4. Testbereich
5. Zugangstunnel
6. Lüftungsschacht und Bauschacht

Ram



Raumplanung

Unter Raumplanung werden die planerischen Vorgänge subsumiert, ein bestimmtes Verwaltungsgebiet als geografischen Raum nach seinen naturräumlichen, wirtschaftlichen und sozialen Möglichkeiten zu ordnen und gezielt zu nutzen.

Raumplanungsgesetz

Die Aufgabe der Raumplanung gemäss § 1 des schweizerischen **Raumplanungsgesetzes** (RPG) ist es, räumliche Anforderungen auf den unterschiedlichen Ebenen (Stadtteil, Stadt, Region, Land, Staat, Kontinent) und in Bezug auf die unterschiedlichen Aspekte (Verkehr, Umwelt, Bevölkerung, Wirtschaft) abzustimmen und Konflikte auszugleichen sowie Vorsorge für (zukünftige) Raumfunktionen und -nutzungen zu treffen. Dabei wird eine nachhaltige Raumentwicklung angestrebt, die die sozialen, wirtschaftlichen, rechtlichen und ökologischen Ansprüche an den Raum miteinander in Einklang bringen soll. Hierbei soll die freie Entfaltung der Persönlichkeit gewährleistet, die natürlichen Lebensgrundlagen geschützt und entwickelt und die wirtschaftlichen Standortvoraussetzungen geschaffen werden. Für Infrastrukturanlagen von nationaler Bedeutung wie Luftfahrt, → geologische Tiefenlager oder das Übertragungsnetz elektrischen Stroms erstellt der Bund zusammen mit den Kantonen sogenannte Sachpläne.

RD & D

Research, Development & Demonstration

Reaktor

In der Kerntechnik Einrichtung, in der sich eine → Kettenreaktion einleiten, aufrecht erhalten und steuern lässt. Kernreaktoren dienen zu Forschungszwecken oder zur Energieproduktion.

Reaktordruckbehälter

Dickwandiger zylindrischer Stahlbehälter, der den eigentlichen Reaktorkern umschliesst.

Referenzfall

Unter Referenzfall wird eine beispielhafte Situation verstanden, deren Ergebnis festgehalten und als richtig erkannt ist. Für die Planungsüberlegungen sowie für Zeit- und Kostenschätzungen im Rahmen des Sachplanverfahrens, hat die → Nagra einen modellhaften Ablauf mit hypothetischen Annahmen bzw. Resultaten in den jeweiligen Projektphasen entworfen. Dabei handelt es sich um eine reine Planungsannahme.

Rea

Reflexionsseismik

Messung und Interpretation der Energie und Laufzeiten von → seismischen Wellen, die an Trennschichten im Untergrund reflektiert werden (ähnlich wie Ultraschall). Damit lassen sich Kenntnisse über die Lage und Verbreitung geologischer Schichten im Untergrund gewinnen.

Regionalkonferenz gemäss → SGT

Die Regionalkonferenz soll die betroffenen Gemeinden mit den verschiedenen Interessen möglichst breit und ausgewogen spiegeln. Gefragt sind Ältere und Jüngere, Befürworter und Gegner, Unentschlossene und Neutrale, Fachleute und Laien, Interessierte und bisher Unbeteiligte.

Wichtigste Aufgaben der Regionalkonferenz:

- Erarbeiten von Strategie, Massnahmen und Projekten für die nachhaltige Entwicklung für die Region
- Unterstützung des → BFE in der Erarbeitung von «sozioökonomisch-ökologischen Wirkungsstudien»
- Konkretisieren der Lagerprojekte (Ausgestaltung und Anordnung der → Oberflächenanlagen, Optimierung und Ausrichtung des Tiefenlagers aus regionaler Sicht)

Auf Wunsch der Regionalkonferenzen wurden Fachgruppen Sicherheit eingesetzt.

Rem

Das Rem, Einheitenzeichen rem (für engl. *roentgen equivalent in man*), ist die veraltete Einheit für die → Äquivalentdosis, abgeleitet von der Einheit für die Ionendosis Röntgen. Sie wurde am 1. Januar 1978 von der SI-Einheit → Sievert (Sv) abgelöst und soll nach Ablauf der Übergangszeit seit 1. Januar 1985 nicht mehr verwendet werden. Allerdings sind noch immer ältere Messgeräte im Umlauf, die diese Einheit aufweisen.

100 rem entsprechen 1 Sv. 1 rem entspricht 10 mSv (→ Millisievert).

Richterskala

Die Richterskala ist eine der gebräuchlichen → Magnitudenskalen, die in der Seismologie zum Vergleich der Stärke (Energiefreisetzung) von → Erdbeben herangezogen werden. Sie basiert auf Amplitudenmessungen von Seismogrammaufzeichnungen, die in relativ geringer Distanz von wenigen hundert Kilometern zum Epizentrum gewonnen wurden.

Rem

Risikoanalyse

Die Risikoanalyse oder Gefahrenanalyse findet in allen Lebensbereichen Anwendung und stellt damit ein wichtiges Mittel zur Bewertung bestimmter Situationen, Vorhaben oder Systeme dar.

Röntgenstrahlung

Röntgenstrahlen liegen im elektromagnetischen Spektrum zwischen dem ultravioletten Licht und der Gammastrahlung, mit der sie sich teilweise überschneiden. Röntgenstrahlung entsteht, wenn die Elektronen eines Atoms Energie abgeben. Gammastrahlen dagegen entstehen bei Kernzerfällen.

Ris

Die Röntgenstrahlung wurde am 8. November 1895 von Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt und trägt ihren Namen im deutschsprachigen sowie fast im gesamten mittel- und osteuropäischen Raum zu seinen Ehren. In anderen Sprachräumen wird sie häufig mit dem von Röntgen ursprünglich selbst verwendeten Begriff X-Strahlen (engl. X-rays) bezeichnet.

RPV

Raumplanungsverordnung des Bundes

Rückholbarkeit

Mit Rückholbarkeit wird die Möglichkeit bezeichnet, → radioaktive Abfälle aus einer offenen, teilweise oder ganz verschlossenen Anlage mit mehr oder weniger grossem finanziellem und technischem Aufwand zurückzuholen.

Sachplan

Der Bund ist nach Artikel 2 des → Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG) verpflichtet, seine Tätigkeiten mit Auswirkungen auf Raum und Umwelt zu planen und abzustimmen. Der Sachplan nach Artikel 13 dieses Gesetzes ist hierfür das Instrument. Im Sachplan – bestehend aus Text und Karte sowie Erläuterungen – zeigt der Bundesrat, wie er seine Aufgaben in einem bestimmten Sach- oder Themenbereich wahrnimmt, welche Ziele er verfolgt und wie er zu handeln gedenkt. Der Sachplan ändert an der Aufgabenteilung zwischen Bundesrat und Parlament nichts. Der Sachplan, der in partnerschaftlicher Zusammenarbeit zwischen den Stellen des Bundes und der Kantone erarbeitet wird, unterstützt das raumplanerische Handeln der Behörden aller Stufen.

Sac

Sachplan geologische Tiefenlager - SGT

Die Standortsuche für geologische Tiefenlager wird im Sachplan geologische Tiefenlager geregelt. Mit dem Sachplan wird ein transparentes, nachvollziehbares und verbindliches Auswahlverfahren gewährleistet. Das → BFE trägt dabei die Gesamtverantwortung.

Der SGT gewährleistet einen frühzeitigen Einbezug der Kantone, Gemeinden und des benachbarten Auslands. Die Bevölkerung sowie interessierte Organisationen werden umfassend informiert und erhalten Gelegenheit mitzuwirken.

Die wichtigsten Grundsätze des Sachplans sind:

- Die Sicherheit von Mensch und Umwelt hat oberste Priorität. Der Sicherheit nachgeordnet sind Aspekte der Raumnutzung, Wirtschaft und Gesellschaft.
- Mit den Gemeinden der Standortregionen und der betroffenen Bevölkerung ist eine intensive Zusammenarbeit vorgesehen. Dazu wird eine regionale → Partizipation aufgebaut.
- Das Verfahren muss transparent sein.

Die Standortsuche erfolgt in drei Etappen. Danach wird der Bundesrat über einen Standort für → SMA sowie einen Standort für → HAA oder für einen Standort für alle → Abfallkategorien entscheiden (Rahmenbewilligung). Nach dem Entscheid des Bundesrats folgt die Genehmigung durch das eidgenössische Parlament und eine allfällige Volksabstimmung, falls das fakultative Referendum ergriffen wird.

Sal

Salzgestein

Gestein, das aus Salzen besteht. Salze sind chemische Verbindungen aus positiv und negativ geladenen Ionen, zwischen denen → ionische Bindungen vorliegen. Bekanntestes Beispiel ist Steinsalz beziehungsweise Kochsalz, chem. Formel NaCl. Es besteht aus positiv geladenen Natriumionen und negativ geladenen Chloridionen.

Salzstock

Ein Salzstock ist eine grosse Ansammlung von Steinsalz im geologischen Untergrund, die meist eine pilzartige oder umgekehrt tropfenförmige Gestalt hat. Ein Salzstock

kann mehrere tausend Meter hoch ausgebildet sein und bis an die Erdoberfläche reichen. Salz ist neben → Kristallin und → Tongesteinen ein mögliches → Wirtgestein für die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle.

In Deutschland wurden zwischen 1971 und 1998 rund 37.000 Kubikmeter schwach- und mittelradioaktive Abfälle im ehemaligen Salzbergwerk Morsleben (Sachsen-Anhalt, ehem. DDR) eingelagert. Das Endlager soll unter Verbleib der Abfälle stillgelegt werden. Die Stilllegung ist beantragt, steht aber noch aus. Zwischen 1967 und 1978 wurden im ehemaligen Salzbergwerk Asse Versuchseinlagerungen vorgenommen. Seit 2009 wird das Bergwerk durch die Bundesgesellschaft für Endlagerung, BGE betrieben. Der gesetzliche Auftrag lautet, die Anlage unverzüglich stillzulegen. Dies soll aber erst nach Rückholung der radioaktiven Abfälle erfolgen. Für ein SMA-Endlager liegt die Baubewilligung des niedersächsischen Umweltministeriums für das ehemalige Eisenerzbergwerk Konrad vor. Nach der Entscheidung des Bundes im Jahr 2007, die Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle einzurichten, sind die Arbeiten zur Umrüstung aufgenommen worden. Mit einer Einlagerung der Abfälle wird ab 2022 gerechnet.

Der Salzstock Gorleben stand als mögliches Endlager für → HAA zur Diskussion. 1986 wurde mit dem Bau eines Erkundungsbergwerkes begonnen. Der Salzstock wurde mehrere Jahrzehnte mit mehrjährigen Unterbrechungen erkundet. Mit Hilfe der Erkundungsmaßnahmen sollte die Eignung als Endlager für hochradioaktive Abfälle bewertet werden. Endgültige Ergebnisse liegen nicht vor. Mit Verabschiedung des Standortauswahlgesetzes im

Jahr 2013 wurden die Erkundungsarbeiten eingestellt. Der Standort Gorleben wird im Standortauswahlverfahren wie jeder andere mögliche Standort in Deutschland behandelt.

Schacht

Ein Schacht ist im Bergbau ein Grubenbau, mit dem die Lagerstätte von der Oberfläche her erschlossen wird. Schächte dienen dem Transport von Personen und Material, der Förderung der Abbauprodukte sowie der Frischluftversorgung.

Sch

Schutzziel

Schutzziele sind Aussagen bzw. Definitionen über ein Sicherheitsniveau, welches im Minimum erreicht werden soll. Die Schutzziele für → geologische Tiefenlager sind 1993 von der damaligen → HSK, heute → ENSI festgelegt worden.

Schutzziel 1: Die Freisetzung von → Radionukliden aus einem verschlossenen Endlager infolge realistischerweise anzunehmender Vorgänge und Ereignisse soll zu keiner Zeit zu jährlichen Individualdosen führen, die 0,1 mSv (→ Millisievert) überschreiten. In der Schweiz beträgt die durchschnittliche Strahlenbelastung pro Person rund 4 mSv pro Jahr.

Schutzziel 2: Das aus einem verschlossenen Endlager, infolge unwahrscheinlicher, unter Schutzziel 1 nicht berücksichtigter Vorgänge und Ereignisse, zu erwartende radiologische Todesfallrisiko für eine Einzelperson soll zu keiner Zeit ein Millionstel pro Jahr übersteigen.

Schutzziel 3: Nach dem → Verschluss eines Endlagers sollen keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit erforderlich sein. Das Endlager soll innert einiger Jahre verschlossen werden können.

Sediment

Sedimente sind sog. Sekundärgesteine. Sie entstehen aus Verwitterungsmaterialien, welche durch Wind, Wasser oder Eis transportiert und abgelagert wurden oder durch chemische Ausfällung. Sedimentation bzw. Sedimentierung (lat. *sedimentum* «Bodensatz») ist das Ablagern / Absetzen von Teilchen aus Flüssigkeiten oder Gasen unter dem Einfluss der Schwerkraft oder der Zentrifugalkraft.

Sed

SEFV

Stillegungs- und Entsorgungsfondsverordnung

Seismik

(grch. *seismos* «Erschütterung»). Lehre von den natürlichen und künstlich erzeugten Bodenerschütterungen. Die Erschütterungen lösen Bodenwellen aus, durch deren Auswertung der Aufbau der Erde erforscht werden kann.

Seismische Untersuchungen

Bei seismischen Untersuchungen werden an der Erdoberfläche künstlich Schwingungen erzeugt. Diese breiten sich wellenförmig in die Tiefe aus und werden an Gesteinsschichten reflektiert. Die reflektierten Wellen werden an der Oberfläche aufgezeichnet und ermöglichen eine räumliche Abbildung der geologischen Strukturen.

SELFRACT

Fractures and Self-healing within the Excavation Disturbed Zone in Clays.

SES

Schweizerische Energie Stiftung

SGT

→ Sachplan geologische Tiefenlager

SIA

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

SEL

Sicherheitsanalyse

Bezogen auf die Nachverschlussphase eines → geologischen Tiefenlagers, ist es die Untersuchung des langfristigen Verhaltens des → Mehrfachbarrierensystem unter Einwirkung aller möglicher Vorgänge, die Ermittlung der Auswirkungen dieser Entwicklung auf die Sicherheitsfunktionen und schliesslich die Berechnung der sich daraus ergebenden → Strahlendosen bzw. des Risikos.

Sicherheitsbarrieren

Technische Mittel und geologische Einheiten, welche die Sicherheitsfunktionen eines Tiefenlagers wahrnehmen.

Sicherheitsfunktionen

Übergeordnete Wirkungen des Systems von → technischen und → geologischen Barrieren des Tiefenlagers, welche den dauernden Schutz von Mensch und Umwelt

gewährleisten müssen. Üblicherweise unterscheidet man die drei Funktionen Isolation, Einschluss und Begrenzung der Freisetzung.

Sicherheitskonzept

Beschreibung, wie die → Langzeitsicherheit erbracht wird.

Sicherheitsnachweis

Nachweis aufgrund einer Sicherheitsanalyse, dass die Sicherheitsanforderungen erfüllt werden.

Sicherheitstechnische Kriterien

Die wichtigsten Anforderungen sind im → KEG festgehalten.

Sic

- Sicherheit: strenge Schutzziele gemäss HSK-R-21, umfassende Sicherheits- und Szenarienanalysen, Berücksichtigung von Ungewissheiten durch konservative Annahmen, Einbezug des Standes von Wissenschaft und Technik
- Auslegung des Lagers: gestaffelte Sicherheitsbarrieren, vollständiger Einschluss → HAA während 1'000 Jahren, Überwachung, Rückholbarkeit, → Verschluss
- Standort: geologische Langzeitstabilität, ausreichende Ausdehnung an einschlusswirksamen Gestein, günstige hydrogeologische und geochemische Verhältnisse, gute Charakterisierungs- und Explorierbarkeit

Siegel

Das Siegel (von lat. *sigillum* «Bildchen») ist eine Form der Beglaubigung von Urkunden oder Sicherstellung (→ Verschluss) der Unversehrtheit von Gegenständen oder Behältnissen (Briefumschlag, Tür) mithilfe eines Siegelstempels. Beim Verschlussbauwerk der geologischen Tiefenlager wird dieser Begriff ebenfalls verwendet, um zu unterstreichen, dass es hier um die Unversehrtheit des darunterliegenden Bauwerkes geht.

Sievert - Sv

Sie

Sievert misst die Auswirkung der Strahlung auf den Körper. Der Begriff ersetzt seit 1985 das früher gebräuchliche rem. Zum Vergleich: Die natürliche jährliche Strahlenbelastung (→ kosmische Strahlung, Strahlung aus dem Untergrund) beträgt rund 4 mSv (→ Millisievert).

SMA

Schwach- und mittelaktive Abfälle: Diese Abfälle enthalten vorwiegend radioaktive Stoffe mit kleinerer → Halbwertszeit. Sie stammen vom Betrieb und späteren Abbruch der Kernkraftwerke und aus Medizin, Industrie und Forschung.

Sorption

→ Anreicherung eines Stoffes mit Partikeln. Dabei werden Partikel von einem Stoff aufgenommen oder eingelagert.

SÖW

Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie

Spaltprodukte

Nuklide, die durch → Kernspaltung entstanden sind. Beispiele für Spaltprodukte sind → Caesium (^{137}Cs) oder Strontium (^{90}Sr).

Stahlbehälter

Stahlbehälter ermöglichen den vollständigen Einschluss von radioaktiven Stoffen über Tausende von Jahren. Als Referenzmaterial wählte die → Nagra für die Erarbeitung des Entsorgungsnachweises Stahlbehälter mit einer Wanddicke von zirka 15 cm. Dieser Wahl stimmten internationale Experten beim Review des Entsorgungsnachweises zu. Auch Stahlbehälter mit einer rund 5 Zentimeter dicken Kupferumhüllung wurden in Betracht gezogen. Stahl und Kupfer eignen sich aus drei Gründen zur Herstellung von Lagerbehältern:

1. Sie haben ein sehr zuverlässiges Einschlussverhalten über lange Zeit und ihre langfristigen Korrosionsraten sind sehr gering ($\sim 0,001$ mm / Jahr für Stahl, Kupfer noch geringer).
2. Die mechanische Stabilität solcher Behälter ist sehr hoch.
3. Die industriellen Fertigungstechniken in grossem Masstab sind erprobt.

In einem Tiefenlager bleibt ein Stahlbehälter nach heutiger Erkenntnis mehr als 10'000 Jahre dicht. Beim langsamen Korrodieren des Stahls entsteht während dieser Zeit nichtradioaktives Wasserstoffgas, das im dichten Lagergestein Druck aufbauen kann. Das Verhalten des Gases im Lagerbereich wird heute im → Felslabor → Mont Terri intensiv untersucht, um allfällige Schädigungen des → Wirtgesteins auszuschliessen. (→ Gasbildung)

Standortareal

Das Standortareal für die → Oberflächenanlage soll vom bestehenden Verkehrsnetz (Strasse, Schiene) aus gut erschliessbar sein und genügend Platz für die → Oberflächenanlage und für temporäre Baueinrichtungen bieten. Der Zugang zum Tiefenlager per Tunnel und/oder → Schacht muss möglich sein. Auch müssen sich alle gesetzlichen Vorgaben – zum Beispiel bezüglich Naturschutz und → Grundwasser – einhalten lassen.

Standortregion

Sta

Die Standortregion setzt sich zusammen aus den Standortgemeinden sowie den Gemeinden, welche ganz oder teilweise im → Planungserimeter liegen. Zusätzlich und in begründeten Fällen können weitere Gemeinden zur → Standortregion gezählt werden.

Stilllegung

(Syn.: Dekommissionierung v. engl. *decommissioning* «Stilllegung») Der Begriff Stilllegung von kerntechnischen Anlagen benennt die Gesamtheit aller Tätigkeiten, die das Ziel verfolgen, eine kerntechnische Anlage nach Betriebsbeendigung abzubauen («Rückbau»). Die → IAEA unterscheidet drei international gültige Arten der Stilllegung:

- Immediate Dismantling (Sofortiger Rückbau):
Diese Variante erlaubt eine relativ zeitnahe Stilllegung nach dem regulären Betrieb. Für gewöhnlich beginnen endgültige Rückbau- oder Dekontaminierungsarbeiten nach einigen Monaten bis Jahren, je nach Anlage. Nach Beendigung des

Betriebs, kann die Anlage erneut benutzt werden, beispielsweise im konventionellen Betrieb.

- Safe Enclosure (Sicherer Einschluss): Oft stehen abgeschaltete Anlagen jahrelang still, gewöhnlich für 40 bis 60 Jahre, bevor Massnahmen zum Rückbau begonnen werden.
- Entombment (dauerhafter sicherer Einschluss): Bei dieser Variante verbleibt das radioaktive Material für immer auf der Anlage und wird auf einem Teil der Anlage gesammelt. Diese wird dann in Beton eingegossen, wodurch die Strahlungsbelastung reduziert wird.

Neuerdings gibt es auch Pläne, den «sofortigen Rückbau» und den «sicheren Einschluss» zu kombinieren. Beim Atomkraftwerk Greifswald (Lubmin) sollen Anlagenteile, für die man Fachpersonal benötigt, sofort rückgebaut, die Gebäude jedoch solange im «sicheren Einschluss» stehengelassen werden, bis die Strahlung abgeklungen ist.

Sti

Stilllegungsabfälle

Als Stilllegungsabfälle werden allgemein die Abfälle bezeichnet, die bei der → Stilllegung bzw. dem Abriss einer technischen Einrichtung anfallen. Meist wird dieser Begriff jedoch in der Kerntechnik, und zwar im Zusammenhang mit dem Rückbau von Kernkraftwerken verwendet. In diesem Falle versteht man darunter normalerweise die bei diesen Tätigkeiten anfallenden → radioaktiven Abfälle, die letztendlich in ein → geologisches Tiefenlager verbracht werden müssen. Im weiteren Sinne gehören jedoch auch solche Abfälle dazu,

die aufgrund ihres geringen → Aktivitätsgehalts wiederverwendet oder auf konventionelle Weise beseitigt werden können, zum Beispiel Bauschutt. Nicht zu den Stilllegungsabfällen werden die → abgebrannten Brennelemente gezählt, die vor Beginn der Abrissarbeiten aus dem Reaktor entfernt werden.

Stilllegungsfonds

Die → Finanzierung für den Rückbau von Kernkraftwerken wird in den Grundzügen im Kernenergiegesetz geregelt. Die Verordnung über den Stilllegungs- und → Entsorgungsfonds für Kernanlagen vom 7. Dezember 2007 regelt die Einzelheiten. Mit dem Stilllegungsfonds und dem → Entsorgungsfonds, bestehen in der Schweiz zwei unabhängige Fonds, welche durch jährliche Beiträge der Betreiber geäuftet werden. Die Verordnung vom 7. Dezember 2007 über den Stilllegungsfonds und den → Entsorgungsfonds für Kernanlagen (Stilllegungs- und → Entsorgungsfondsverordnung, SEFV) wurde per 1.1.2020 revidiert. Sie regelt die Einzelheiten.

Sti

Stilllegungskosten

Die Stilllegungskosten der fünf schweizerischen Kernkraftwerke und des → Zwiilag betragen gemäss Kostenstudie 2016 3,779 Mrd. Franken und werden vollumfänglich durch den → Stilllegungsfonds gedeckt. Ende 2018 betrug das angesammelte Fondskapital rund 2,4 Mrd. Franken. Die noch ausstehenden Mittel werden durch Fondsbeiträge der Kernkraftwerksbetreiber und Kapitalerträge auf dem Fondsvermögen bereitgestellt.

Störung

Tektonisch bedingte Trennfläche im Gestein, an denen sich Gesteinspakete gegeneinander verschieben oder verschoben haben. Störungen gibt es vom Millimeterbereich bis in den Kilometerbereich.

Strahlenbelastung

Als Strahlenbelastung oder auch Strahlenexposition bezeichnet man die Einwirkung von ionisierender Strahlung auf Lebewesen oder auf Materie. Im Gegensatz zum Begriff → Strahlenexposition, setzt Strahlenbelastung im Sprachgebrauch des Strahlenschutzes eine schädigende Wirkung voraus.

Stö

Strahlendosis

Strahlendosis ist eine Grössenangabe für die Aufnahme ionisierender Strahlung in Materie. Es gibt Masse sowohl für die Dosisenergie als auch für die Dosisleistung, also die spezifische Arbeit bzw. Leistung pro Masseinheit.

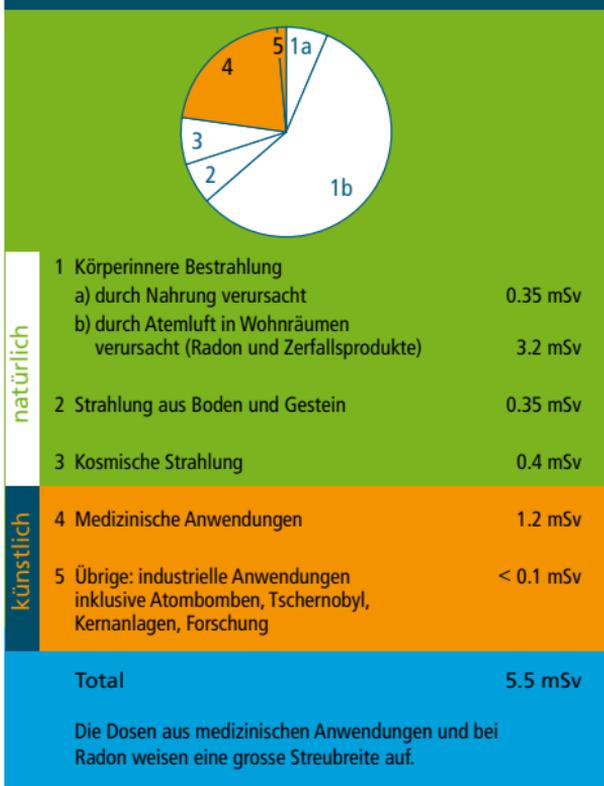
Strahlenexposition

Die gesamte Welt, und damit auch die Menschen, sind ständig ionisierender Strahlung ausgesetzt. Die Ursache dafür sind natürliche → Strahlenquellen, die unabhängig vom Menschen entstanden sind und existieren. Aus dem Weltall gelangt → kosmische Strahlung auf die Erde. Aufgrund der schützenden Lufthülle, ist die Stärke von der Höhenlage abhängig. Im Durchschnitt führt die → kosmische Strahlung am Boden zu einer effektiven → Dosis von etwa 0,4 mSv (→ Millisievert) pro Jahr.

Eine weitere Strahlungsquelle sind die natürlichen
 → Radionuklide in den Böden und Gesteinen, die als
 → terrestrische Strahlung bezeichnet werden. Ursache
 sind → Radionuklide, die vor und während der Entstehung
 des Sonnensystems gebildet wurden und nun aufgrund ihrer
 langen Halbwertszeit noch übrig geblieben sind. Der Mittelwert
 der effektiven → Dosis beträgt etwa 0.4 mSv pro Jahr.

Str

Mittlere jährliche Strahlendosis für eine Person in der Schweiz gemäss Bundesamt für Gesundheit (2009)



Aus dem Boden gelangen die natürlichen → Radionuklide in Wasser, Pflanzen und Tiere und damit in die Nahrung des Menschen. Alle Nahrungsmittel und auch das Wasser enthalten geringe Konzentrationen natürlicher → Radionuklide. Am häufigsten ist das radioaktive Element ⁴⁰Kalium. So enthält jeder Mensch selbst eine gewisse Menge natürlicher → Radionuklide. Diese sind die Ursache für eine Aktivität von etwa 9'000 → Becquerel (Bq) im Körper eines Menschen von 70 kg Gewicht.

Typische Radioaktivitätsgehalte (Mittelwerte)			
natürlich	Natürliche radioaktive Stoffe:		
	1 m ³	Luft bei uns im Freien	10 Bq
	1 m ³	Luft bei uns in Wohnräumen	60 Bq
	1 m ³	Stollenluft (Radonkurort Gastein)	43'000 Bq
	1 kg	Granit vom Grimselpass	3'500 Bq
	1 kg	Steinkohle (Sachsen)	10'000 Bq
	1 kg	Kalidünger	18'000 Bq
	1 kg	Schweizer Heu	1'000 Bq
	1 kg	Menschlicher Körper	130 Bq
	1 l	Milch	50 Bq
	1 l	Meerwasser	10 Bq
1 l	Wasser in Bergseen	1 Bq	
künstlich	Künstlich radioaktive Stoffe:		
	1 kg	Verbrauchter Brennstoff aus Kernreaktor	5'000'000'000'000'000 Bq
	1	Leuchtanzeige einer modernen Armbanduhr (Tritium)	300'000'000 Bq
	1	Alter Brandmelder	50'000 Bq
1	Strahlenquelle zur Prüfung von Schweissnähten	20'000'000'000'000 Bq	

Str

Strahlenschutz

Unter Strahlenschutz versteht man den Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädigenden Wirkungen ionisierender und nicht ionisierender Strahlung aus natürlichen und künstlichen Strahlenquellen.

Der Strahlenschutz ist insbesondere wichtig für das Personal kerntechnischer Anlagen, wie zum Beispiel Kernkraftwerke und im Bereich der Medizin, insbesondere in der Radiologie, Nuklearmedizin und Strahlentherapie. Es gibt prinzipiell drei Möglichkeiten, sich vor Strahlung zu schützen: man hält einen ausreichenden Abstand von einer Strahlenquelle ein, man schirmt die Strahlung ab oder man reduziert die Aufenthaltsdauer in der Nähe der Strahlungsquelle. Für die → Abschirmung von → Alpha- und → Betastrahlung genügen relativ dünne Materialschichten. → Alphastrahlung durchdringt kaum die Haut. Für die → Abschirmung von → Betastrahlung genügt schon die Kleidung, für die Augen eine Brille. → Gammastrahlung benötigt zur Abschwächung dickes und schweres Material. Erde, Beton oder Blei sind dabei wirkungsvoller als Wasser gleicher Schichtdicke. Je kürzer die Aufenthaltsdauer an einem Ort mit erhöhter → Strahlung, desto kleiner ist die → Dosis und somit die Gefährdung. Neben der erwähnten → Alpha-, → Beta- und → Gammastrahlung, gibt es noch weitere ionisierende Strahlenarten, z.B. → Neutronen.

abc

Strahlenschutzgesetz

Dieses Gesetz bezweckt, Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen zu schützen.

Art. 2 regelt den Geltungsbereich

¹ Das Gesetz gilt für alle Tätigkeiten, Einrichtungen, Ereignisse und Zustände, die eine Gefährdung durch ionisierende Strahlen mit sich bringen können, insbesondere:

- a. für den Umgang mit radioaktiven Stoffen und mit Anlagen, Apparaten und Gegenständen, die radioaktive Stoffe enthalten oder ionisierende Strahlen aussenden können;
- b. für Ereignisse, die eine erhöhte Radioaktivität der Umwelt bewirken können.

² Als Umgang gelten das Gewinnen, Herstellen, Bearbeiten, Vertreiben, Einrichten, Verwenden, Lagern, Transportieren, Entsorgen, Ein-, Aus- und Durchführen und jede andere Form des Weitergebens.

Str

Strahlenschutzverordnung

Die schweizerische Strahlenschutzverordnung legt fest, dass für beruflich strahlenexponierte Personen die künstlich verursachte → Dosis pro Jahr 20 mSv (→ Millisievert) nicht überschreiten soll (ohne medizinische Anwendungen). Für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt dieser Grenzwert heute 1 mSv pro Jahr.

Strahlung

Allgemeine Bezeichnung für die Ausbreitung von Energie in Form von Teilchen oder Wellen. Im Zusammenhang mit → Radioaktivität unterscheidet man drei verschiedene Strahlungsarten: → Alpha-, → Beta- und → Gammastrahlung.

Strahlungsquelle

Eine Strahlungsquelle kann ein radioaktives Präparat oder ein strahlendes kosmisches Objekt sein. Im Sinne des Strahlenschutzes, unterscheidet man natürliche Strahlungsquellen wie Urangestein oder die → kosmische Strahlung einerseits von künstlichen Quellen aus Kerntechnik und Medizin andererseits.

StSG

→ Strahlenschutzgesetz

StSV

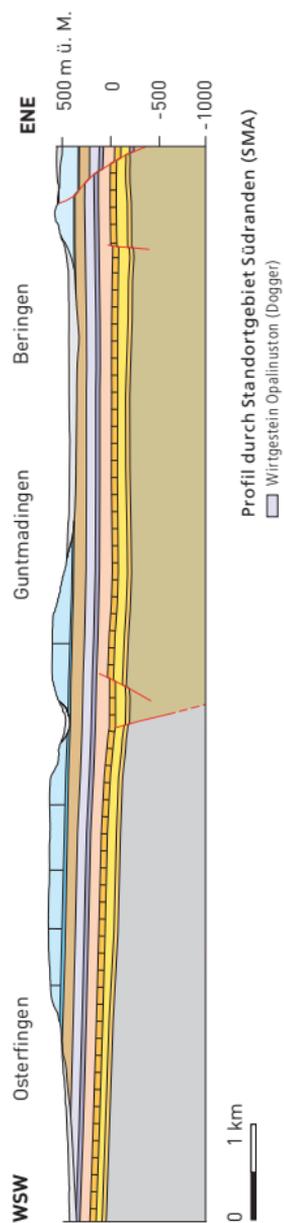
→ Strahlenschutzverordnung

Str

Südranden

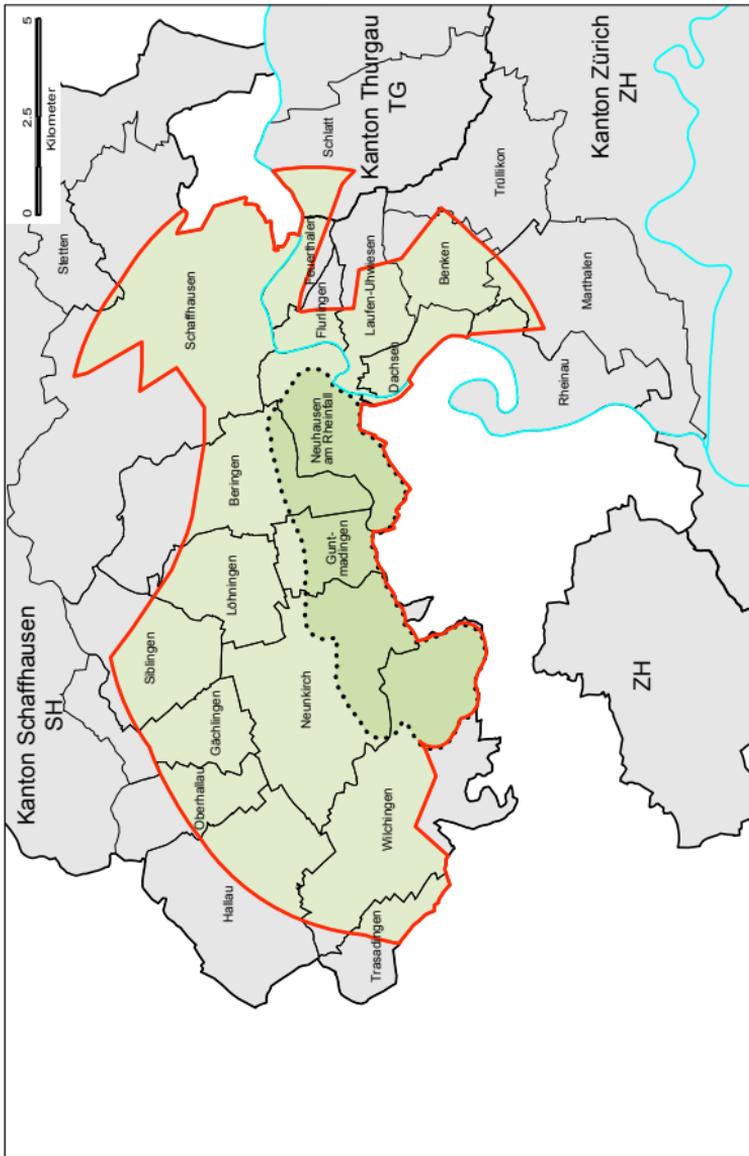
Südranden (Kt. SH) ist eines der sechs vom Bundesrat bestätigten möglichen Standortgebiete für ein → geologisches Tiefenlager für SMA. Das Standortgebiet liegt unter einem Hügelzug im Tafeljura und weist eine einfache geologische Situation auf. Das geologische Standortgebiet Südranden umfasst eine Fläche von rund 24 km². Das bevorzugte → Wirtgestein ist der → Opalinuston (mit seinen Rahmengesteinen).

Der Kenntnisstand über die räumlichen Verhältnisse beruht einerseits auf 2D-seismischen Untersuchungen sowie der nahegelegenen Bohrung → Benken. Andererseits liegt das Standortgebiet im Tafeljura, teilweise unter einem Hügelzug, was die Aussagekraft geologischer Feldaufnahmen begünstigt. Das → Wirtgestein ist ruhig gelagert, ohne Anzeichen von Zonen mit erhöhter tektonischer Zergliederung. Die Konfiguration mit leicht



Str

Str



nach Süden geneigten Schichten bietet daher Flexibilität bezüglich der Anordnung der Lagerkammern.

Das Standortgebiet Südranden wird zusammenfassend mit *sehr geeignet* bewertet, wurde aber zurückgestellt.

Im dunkelgrün ausgeschiedenen Standortgebiet (Karte Seite 140) könnten die unterirdischen Anlagen für ein → geologisches Tiefenlager für → SMA im Opalinuston gebaut werden.

Standortgemeinden:

Kanton Schaffhausen: Beringen, Guntmadingen, Neuhausen am Rheinfall, Neunkirch, Wilchingen

Sv

Weitere Gemeinden im → Planungsperimeter (neben Standortgemeinden):

Kanton Zürich: → Benken, Dachsen, Feuerthalen, Flurlingen, Laufen-Uhwiesen, Marthalen, Rheinau, Trüllikon; *Kanton Schaffhausen:* Gächlingen, Hallau, Löhningen, Oberhallau, Schaffhausen, Siblingen, Stetten, Trasadingen; *Kanton Thurgau:* Schlatt

Sv

→ Sievert

Technetium

Symbol: Tc. Chemisches Element mit der Ordnungszahl 43. Alle Technetiumisotope sind radioaktiv und entstehen in Kernreaktoren. Natürlich kommen sie nur in geringen Mengen vor.

Technische Barrieren

Reihe von technischen Mitteln zum Einschluss der → radioaktiven Abfälle und zur Rückhaltung der → Radionuklide. Sie umfassen von innen nach aussen die Abfallmatrix, den → Abfallbehälter, evtl. eine weitere Ummantelung sowie die → Verfüllung der Einlagerungstollen oder -kavernen.

Technisches Forum Sicherheit

Im Rahmen der Standortsuche für → geologische Tiefenlager, hat das → BFE 2009 das Technische Forum Sicherheit eingesetzt. Das → Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat leitet es. Im Technischen Forum Sicherheit werden technische und wissenschaftliche Fragen zu Sicherheit und → Geologie aus der Bevölkerung, von Gemeinden, Standortregionen, Organisationen, Kantonen und Gemeinwesen betroffener Nachbarstaaten diskutiert und beantwortet.

Das Forum besteht aus Fachpersonen der verfahrensleitenden Behörde (→ BFE), der überprüfenden bzw. unterstützenden Behörden (→ ENSI, swisstopo), von Kommissionen (→ KNS, → KNE bzw. → EGT), der → Nagra, der Kantone sowie je einer Vertretung aus den Standortregionen.

Tektonik

Bedeutet in der → Geologie die Lehre von Struktur und Bewegungen der Erdkruste und des → oberen Erdmantels.

Terrestrische Strahlung

Terrestrische Strahlung ist eine auf der Erde allgegenwärtige Strahlung, hauptsächlich → Gammastrahlung, die von → Radionukliden im Boden verursacht wird, die vor Milliarden Jahren durch die stellare Nukleosynthese gebildet wurden und aufgrund ihrer langen → Halbwertszeiten noch nicht zerfallen sind. Dazu gehören insbesondere:

- ^{232}Th Thorium (Halbwertszeit 14 Mrd. Jahre)
- ^{238}U Uran (Halbwertszeit 4,4 Mrd. Jahre)
- ^{235}U Uran (Halbwertszeit 0,7 Mrd. Jahre)
- ^{40}K Kalium (Halbwertszeit 1,3 Mrd. Jahre)

Hinzu kommen deren radioaktive Zerfallsprodukte wie → Radon, die gasförmig sind, aus dem Erdboden entweichen und eingeatmet werden können. In diesen Fällen wird auch die → Alpha- und/oder → Betastrahlung als → Strahlenbelastung wirksam.

Die terrestrische Strahlung wird somit von den natürlichen → Radionukliden in den Böden, Gesteinen und der Luft emittiert. Diese sind in fast jedem Baustoff enthalten und werden auch durch Verbrennung von Kohle freigesetzt. Die weltweit jährlich für die Stromerzeugung verwendete Kohle enthält unter anderem etwa 10'000 t → Uran und 25'000 t → Thorium.

Tertiär

Das Tertiär ist ein geologischer Zeitabschnitt der Erdneuzeit vor Beginn des Quartärs. Das Tertiär begann vor 66 Mio. Jahren (Ende der → Kreidezeit) und dauerte bis zum Beginn der Klimaveränderung vor rund 2 Mio.

Jahren, in deren Folge das Eiszeitalter im Quartär einen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten brachte. Das Klima auf der Erde war im Tertiär wesentlich wärmer als heute. Nach dem Massenaussterben der grossen Saurier und vieler anderer Tierarten am Ende der → Kreidezeit, entwickelte sich hauptsächlich im Tertiär die Tier- und Pflanzenwelt, wie wir sie heute kennen.

Testlager

Das Testlager ist ein → Felslabor mit verschiedenen Testbereichen und dient dazu, die für die Sicherheitsanalyse erforderlichen Daten vor der Aufnahme des Lagerbetriebes zu erheben. Neben den Daten zur → Langzeitsicherheit sollen auch weitere Angaben zum Lagerbau und Einlagerungsbetrieb gewonnen werden.

Tes

Tethys

Urmeer in der Zeit von vor 200 bis vor 100 Mio. Jahren, das sich zwischen Europa-Asien und Afrika-Indien erstreckte. Das Mittelmeer ist noch ein Rest davon. Der Name Tethys stammt aus der griechischen Mythologie. Tethys war eine Meeresgöttin und gehörte zum Göttergeschlecht der Titanen. Sie war die Schwester und Gemahlin des Okeano.

Teufen

s. → Abteufen

Thorium

Symbol: Th. Chemisches Element mit der Ordnungszahl 90. Thorium kommt in verschiedenen Verbindungen in

der Erdkruste vor und ist etwa zwei- bis dreimal so häufig wie \rightarrow Uran. Aus Thorium lässt sich durch \rightarrow Neutronenbeschuss das spaltbare \rightarrow Uranisotop ^{233}U erzeugen. In der Vergangenheit wurden spezielle Reaktorentypen getestet, deren \rightarrow Brennelemente neben ^{235}U auch Thorium enthalten. In diesen Reaktortypen wird neben der Kernspaltung von ^{235}U aus dem Thorium ^{233}U erzeugt, das sich seinerseits wieder spalten und zur Energiegewinnung nutzen lässt.

Tiefenerosion

Nach unten wirkende Form der Erosion, durch die eine Vertiefung von Tälern u. Flussbetten bewirkt wird.

Tie

Tiefenlager

Ein geologisches Tiefenlager ist eine Anlage im geologischen Untergrund, die verschlossen werden kann, sofern der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt durch passive \rightarrow Barrieren sichergestellt wird. In tiefen, stabilen geologischen Formationen sind die Vorgänge und die Stoffkreisläufe nach menschlichem Ermessen extrem langsam: Sie erstrecken sich über geologische Zeiträume, d.h. über Millionen von Jahren. Damit können die \rightarrow radioaktiven Abfälle langfristig vom menschlichen Lebensraum ferngehalten werden.

Tongestein - Ton

Ton leitet sich aus dem protogermanischen panhon «Tonerde», wohl «dicht» im Sinne von undurchlässig ab. Tongesteine sind lockere oder verfestigte sedimentäre Gesteine, deren Korngrößen von $< 2 \mu\text{m}$ bis zu größe-

rem Silt reichen. Die wichtigsten Gesteinsvertreter sind Ton, Bentonit, Mergel, Schieferton und sedimentärer Tonschiefer. Das für die Endlagerung von radioaktivem Stoff in Frage kommende Tongestein ist in der Schweiz der 175 Millionen Jahre alte → Opalinuston.

Tonhaltiges Gestein

Dazu gehören z.B. → Bentonit und → Mergel.

Tonminerale

bezeichnet einerseits Schichtsilikate, die nach ihrer schichtartigen Kristallstruktur aus Silizium und Sauerstoff sowie → Wasserstoff und meist Magnesium und Aluminium bestehen. Tonminerale entstehen an der Erdoberfläche durch Verwitterung oder Umwandlung von anderen Mineralien oder Neubildung. Tonminerale bestehen aus winzig kleinen Plättchen, die die meisten radioaktiven Stoffe an ihrer Oberfläche zurückhalten und so deren Ausbreitung verhindern oder wenigstens stark verlangsamen. Diese Plättchen in einem Gramm Tongestein würden, wenn man sie nebeneinander legen würde, eine Fläche von 600 qm² bedecken – mehr als drei Tennisfelder.

Ton

Toxizität

Die Toxizität (grch. *toxikón (phármakon)* – Pfeil (Gift) aus *toxa* – Pfeil und Bogen) bedeutet die Giftigkeit.

Transmutation

Das Wort Transmutation fasst jene Kernumwandlungen durch Neutroneneinfang, Spaltung, Spallation oder andere nukleare Reaktionen unter Einwirkung von z.B. → Neutronen zusammen, welche dem Ziel der Verringerung des → Radiotoxizitätspotentials der radioaktiven Abfälle dienen.

Transurane

Die Transurane sind die Elemente mit einer höheren Ordnungszahl als → Uran (grösser als 92). Alle Transurane sind → radioaktiv mit → Halbwertszeiten zwischen einigen 10'000'000 Jahren (selten, z.B. ²⁴⁴Plutonium) über Minuten bis zu Bruchteilen einer Sekunde (häufig). Einige → Isotope der leichteren Transurane von → Neptunium bis Curium haben → Halbwertszeiten von einigen Jahrmillionen, Jahrtausenden oder Jahrhunderten. Sie entstehen in → Kernreaktoren und machen einen Teil der langlebigen radioaktiven Abfälle aus. Nach dem → Uran mit der Ordnungszahl 92 beginnt die Reihe der Transurane mit dem → Neptunium (Element 93). Neben dem für die → Kernspaltung bedeutenden Element → Plutonium (94) gehören auch Americium (95), Curium (96), Berkelium (97), Californium (98), Einsteinium (99), Fermium (100), Mendelewium (101), Nobelium (102) und Lawrencium (103) sowie alle weiteren schwereren Elemente (Transactinoide) zu den Transuranen.

Trias

Geologische Zeiteinheit, die den Zeitraum von vor 252 bis vor 201 Mio. Jahren bezeichnet.

Tritium

Symbol: ^3H . Radioaktives \rightarrow Isotop des \rightarrow Wasserstoffes. Es entsteht auf natürliche Weise oder in \rightarrow Kernreaktoren. Die \rightarrow Halbwertszeit dieser instabilen Atomsorte beträgt 12,3 Jahre.

TWh

1 TWh = 1 Terawattstunde = 1 Milliarde kWh

Tri

Überwachung

Ein \rightarrow geologisches Tiefenlager umfasst mehrfache und verschiedenartige technische und \rightarrow natürliche Barrieren. Diese \rightarrow Barrieren sollen den Einschluss und die Rückhaltung der Abfälle bewerkstelligen. Sie müssen passiv funktionieren, d.h. ohne Notwendigkeit von Überwachung und Instandhaltung. Eine Überwachung ist aber für den Bau, den Betrieb und eine allfällige \rightarrow Beobachtungsphase nach dem \rightarrow Verschluss des Lagers vorgeschrieben.

Umgebungsgestein

Gestein, welches das eigentliche \rightarrow Wirtgestein umschliesst.

Untertagebau

Als Untertagebau wird im Berg- und Tunnelbau die Herstellung unterirdischer Hohlräume (Tunnel, Stollen, Schächte, \rightarrow Kavernen u.ä.) im anstehenden Gebirge in geschlossener Bauweise bezeichnet.

Uran

Uran (benannt nach dem Planeten Uranus) ist ein chemisches Element mit dem Elementsymbol U und der Ordnungszahl 92. Uran ist ein Metall, dessen sämtliche → Isotope → radioaktiv sind. → Natururan besteht zur Hauptsache aus dem nicht spaltbaren → Isotop $^{238}\text{Uran}$ (mit einem Anteil von 99,2739%) und dem spaltbaren $^{235}\text{Uran}$ (0,7205%). $^{235}\text{Uran}$ ist die einzige bekannte, natürlich vorkommende Substanz, die zu einer Kernspaltungs-Kettenreaktion fähig ist. Im → Periodensystem steht es in der Gruppe der → Actinoide.

Uran ist in Spuren auch in Stein- und Braunkohle enthalten. Die weltweit jährlich für die Stromerzeugung verwendete Kohle enthält unter anderem etwa 10'000 t Uran und 25'000 t Thorium, die entweder in die Umwelt gelangen oder sich in Kraftwerksasche und Filterstäuben anreichern. Vereinzelt gibt es daher schon Bestrebungen, Uran aus Kraftwerksasche zu gewinnen.

Ura

Uranpellets

Wörtlich «Uranbällchen». Verdichtetes Material aus → Uran, das die Grundlage für die Herstellung von → Brennelementen bildet.

UVEK

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation.

UVP

Umweltverträglichkeitsprüfung

Verfüllung (für HAA)

Die Lagerstollen werden nach Einbringung der Tiefenlagerbehälter mit → Bentonit verfüllt.

Verglaste Abfälle

Es handelt sich um Spalt- und → Aktivierungsprodukte aus verbrauchten → Brennelementen, die bei deren → Wiederaufarbeitung abgetrennt und mit Glas verschmolzen werden.

Verpackung

Als Verpackung gilt die Gesamtheit der Behälter, welche die Abfallprodukte umgeben und mindestens für die → Zwischenlagerung eine → Ausbreitungsbarriere für die → Radionuklide darstellen. Zudem hat die Verpackung auch die einfache und sichere Handhabung der → Abfallgebinde zu gewährleisten. Ein → Abfallgebinde kann schalenförmig aus mehreren Behältern aufgebaut sein. Ein Behälter kann zudem mehrere kleinere Behälter umschliessen. Man unterscheidet Abfallbehälter, welche die Abfallprodukte direkt umschliessen und alle übrigen Behälter, sogenannte Zusatzbehälter. Hochaktive verglaste Abfälle und verbrauchte → Brennelemente werden in grosse, dicke Transport- und Zwischenlagerbehälter gepackt. Sie müssen unmittelbar vor dem Einlagern in Endlagerbehälter umgepackt werden. → SMA werden tiefenlagergerecht aufbereitet. Flüssige Abfälle werden verfestigt, komprimierbare Abfälle werden verpresst und brennbare Abfälle verbrannt, wobei die Asche (und die Rauchgasfilter) als radioaktiver Abfall entsorgt

werden müssen. Diese Abfälle werden in der Regel mit Zusatzstoffen in Stahlfässer einzementiert.

Verschluss

Definition gemäss Art. 3 → KEG: Verfüllen und Versiegeln aller untertägigen Teile und des Zugangsstollens des geologischen Tiefenlagers nach Abschluss der → Beobachtungsphase. (Art. 69 → KEV)

Versiegelung

Der Zweck der Versiegelung ist es, nach dem definitiven Verschluss der einzelnen Lagerstollen sowie des ganzen → Tiefenlagers, den Austritt von radioaktiven Substanzen aus dem Lagerbereich langfristig zu verhindern. Auch werden durch Siegel in → Schacht und → Rampe, aus Gründen des → Grundwasserschutzes, wasserführende Schichten gegeneinander abgedichtet. (→ Siegel, → Rampe)

Ver

Verursacherprinzip

Das Verursacherprinzip ist ein Grundsatz der Umweltpolitik und bedeutet, dass die volkswirtschaftlichen bzw. sozialen Kosten wirtschaftlicher Aktivitäten oder Unterlassungen von ihrem Verursacher zu tragen sind.

Wassereinbruch

Der Wassereinbruch, oder generell der Kontakt von Abfällen mit eingedrunenem Wasser während der Betriebsphase, zählt zu den wichtigsten in Betracht zu ziehenden Störfällen, da am ehesten eine → Aktivitätsfreisetzung im → Lager erfolgen könnte.

Wasserhaltung

Als Wasserhaltung bezeichnet man im Bergbau alle Grubenbaue, Räume und technischen Einrichtungen, die dazu dienen, das Grubengebäude von Grubenwasser frei zu halten. Ausserdem bezeichnet der Bergmann den Betriebsvorgang «Entfernen des Grubenwassers» aus dem → Untertagebereich als Wasserhaltung.

Wasserstoff

Wasserstoff ist ein chemisches Element mit dem Symbol H (für lat. *hydrogenium* «Wassererzeuger»; von altgrch. *hydro* «Wasser» und *gignomai* «werden, entstehen») und der Ordnungszahl 1. Im → Periodensystem steht es in der 1. Periode und der 1. Gruppe, nimmt also den ersten Platz ein. Wasserstoff ist das leichteste der chemischen Elemente. Wasserstoff ist das häufigste chemische Element im Universum, jedoch nicht in der Erdkruste. Er ist Bestandteil des Wassers und beinahe aller organischen Verbindungen. Somit kommt gebundener Wasserstoff auch in sämtlichen lebenden Organismen vor.

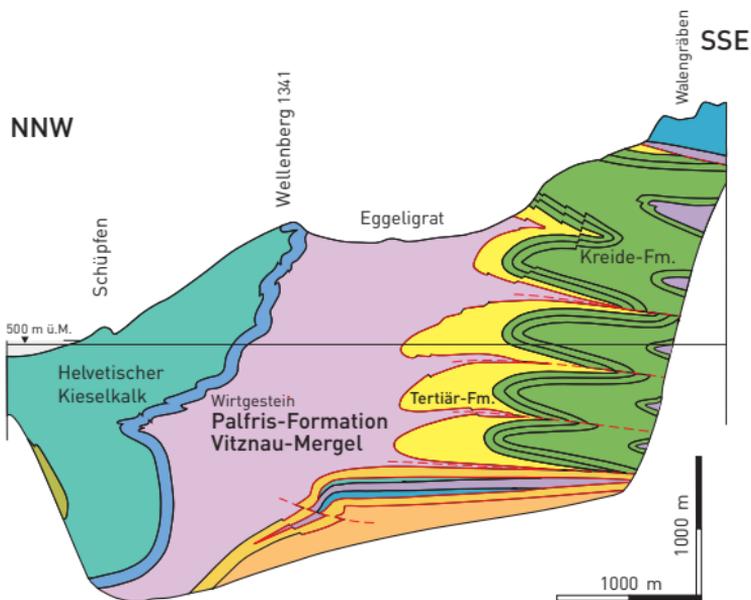
Was

Watt

Das Watt ist die im internationalen Einheitensystem für die Leistung verwendete Masseinheit. Sie wurde nach dem schottischen Wissenschaftler James Watt benannt. Als Einheitenzeichen wird der Grossbuchstabe «W» verwendet.

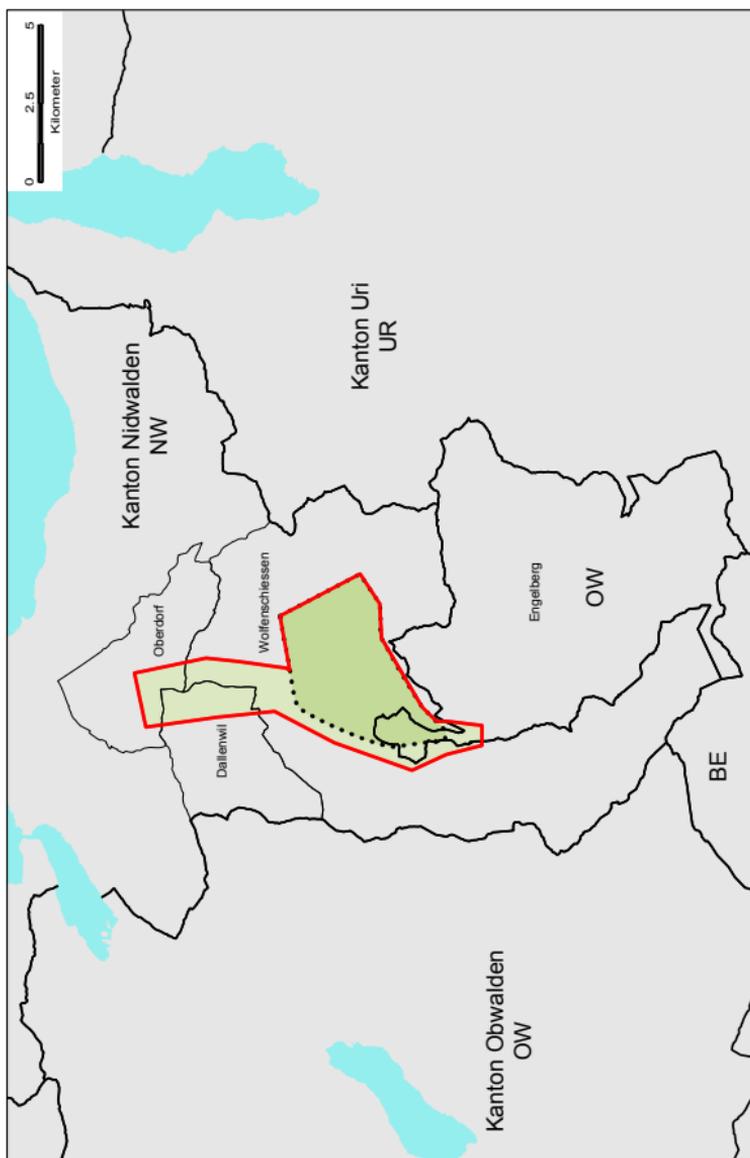
Wellenberg

Wellenberg (NW, OW) ist eines der sechs vom Bundesrat bestätigten möglichen Standortgebiete für ein → geologisches Tiefenlager für SMA. Das Standortgebiet bietet ein lokales Wirtgesteinsvorkommen in der Innerschweiz. Die Mergelkalke bilden hier unter dem Eggeligrat einen grossen Gesteinskörper, der für die Aufnahme von → SMA geeignet ist. Das geologische Standortgebiet Wellenberg umfasst eine Fläche von rund 6 km². Bevorzugtes → Wirtgestein sind Mergel-Formationen des Helvetikums, die aufgrund tektonischer Akkumulation eine vertikale Ausdehnung von mehr als tausend Meter erreichen.



Profil durch Standortgebiet Wellenberg (SMA)

- Wirtgestein Palfris-Formation/Vitznau-Mergel (Kreide)
(Mergel-Formationen des Helvetikums)



Der Kenntnisstand über die räumlichen Verhältnisse beruht auf sechs Tiefbohrungen, geologischen Detailkartierungen im Gelände und ergänzenden seismischen Messungen. Der vergleichsweise eingeschränkten lateralen Ausdehnung des Wirtgesteinsvorkommens steht seine grosse vertikale Verfügbarkeit gegenüber. Diese Konfiguration bietet hinsichtlich der Anordnung von Lagerkammern eine hohe Flexibilität.

Das Standortgebiet Wellenberg wird zusammenfassend mit *geeignet* bewertet. Es wurde am Ende der 2. Etappe des → Sachplanes zurückgestellt.

Im dunkelgrün ausgeschiedenen Standortgebiet (Karte Seite 154) könnten die unterirdischen Anlagen für ein → geologisches Tiefenlager für → SMA in den Mergel-Formationen des Helvetikums gebaut werden.

Standortgemeinden:

Kanton Obwalden: Engelberg; *Kanton Nidwalden:* Wolfenschiessen

Weitere Gemeinden im → Planungsperimeter (neben Standortgemeinden):

Kanton Nidwalden: Dallenwil, Oberdorf

Wiederaufbereitung (Wiederaufarbeitung)

Chemisches Verfahren, bei dem Bestandteile des verbrauchten Brennstoffs abgetrennt werden. Auf diesem Weg werden noch vorhandenes → Uran sowie das Spaltprodukt → Plutonium aus den verbrauchten → Brennelementen zurückgewonnen. → Uran und → Plutonium lassen sich für die Herstellung von neuem Brennstoff nutzen und werden dem Brennstoffkreislauf wieder zugeführt. Die übrigen Spaltstoffe gelten als → radioaktive Abfälle und werden bis zur Verbringung in ein → geologisches Tiefenlager zwischengelagert.

Wie

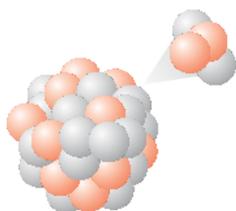
Wirtgestein

Das Wirtgestein ist die Gesteinsformation, welche das → Lager mit seinen Abfällen aufnimmt. Als Wirtgestein wird derjenige Bereich der → Geosphäre bezeichnet, der für den Schutz der → technischen Barrieren, für die Begrenzung des Wasserzuflusses zum → Lager und für die Rückhaltung der → Radionuklide massgebend ist.

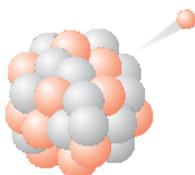
Wesentliche Anforderungen an ein Wirtgestein sind:

- seine räumliche Ausdehnung (Mächtigkeit, geografische Ausdehnung, Tiefenlage)
- Hydraulische Barrierenwirkung (Wasserdurchlässigkeit, Grundwasserbewegung)
- Geochemische Bedingungen (Löslichkeit und Sorptionsvermögen der → Radionuklide, Wasserzusammensetzung)
- → Freisetzungspfade (Fließwege im Gestein, Risse, Klüfte)

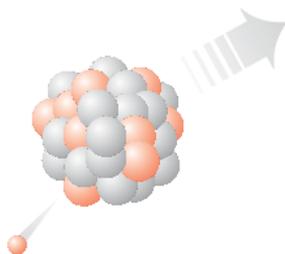
Zerfallsarten



Alphazerfall
Aussenden von
Alphateilchen
(Heliumkerne
= 2 Protonen
+ 2 Neutronen)



Betazerfall
Aussenden von
Betateilchen



Betazerfall
mit Gammastrahlung
Zusätzliches Aussenden
von elektromagneti-
schen Wellen

Zer

Zerfallsgesetz

Der Zeitpunkt des Zerfalls kann für einen einzelnen radioaktiven Kern nicht vorausgesagt werden. Hingegen kennt man die Zeit, nach der jeweils die Hälfte einer grossen Zahl vorhandener radioaktiver Kerne zerfallen ist: Dies ist die (physikalische) → Halbwertszeit. Sie ist für jedes → Radionuklid charakteristisch und reicht von Bruchteilen einer Sekunde bis zu Jahrmilliarden.

Beispiele von → Radionukliden mit ihren → Halbwertszeiten natürlichen Ursprungs:

¹⁴ Kohlenstoff	5'730 Jahre
⁴⁰ Kalium	1,3 Mrd. Jahre
²²² Radon	3,8 Tage
²²⁶ Radium	1600 Jahre
²³⁵ Uran	700 Mio. Jahre
²³⁸ Uran	4,5 Mrd. Jahre

künstlichen Ursprungs:

⁹⁰ Strontium	29 Jahre
¹³¹ Iod	8 Tage
¹³⁴ Cäsium	2 Jahre
¹³⁷ Cäsium	30 Jahre
²³⁹ Plutonium	24'000 Jahre

Zer

Zerfallswärme

Die Energie, die beim radioaktiven Zerfall eines instabilen → Atomkerns frei wird.

Zugangsbauwerk

Die → geologischen Tiefenlager werden von der → Oberflächenanlage aus mit einem Zugangsbauwerk erschlossen. Die → Nagra muss nach den Vorgaben des → ENSI die geologischen Risiken der Zugangsbauwerke bei Bau und Betrieb eines Tiefenlagers ausweisen und zeigen, mit welchen Massnahmen diese beherrschbar sind. Für den untertägigen Zugang des geologischen Tiefenlagers stehen → Rampen und → Schächte zur Diskussion. Beide Varianten weisen Vor- und Nachteile auf und beide sind grundsätzlich möglich bzw. gemäss → ENSI zweck-

mässig. Denkbar ist auch eine Kombination. Diese Fragen werden im Rahmen des laufenden Sachplans und der anstehenden Bewilligungsverfahren weiter verfolgt. Für die Frischluftversorgung wird in jedem Fall ein sogenannter Lüftungsschacht gebaut werden müssen.

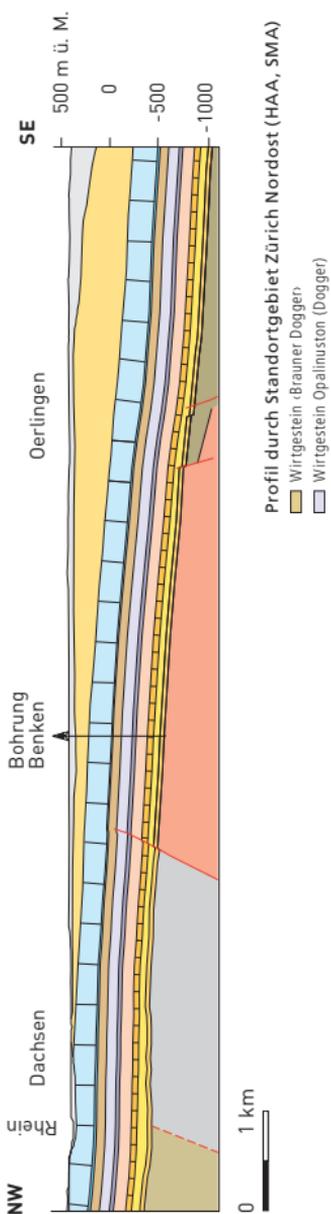
Zürich Nordost

Zürich Nordost (ZH, TG) ist eines der sechs vom Bundesrat bestätigten möglichen Standortgebiete für ein → geologisches Tiefenlager. Das Gebiet südöstlich des Rheins im Norden des Kantons Zürich ist geeignet sowohl für ein → Lager für → HAA als auch für → SMA. Das geologische Standortgebiet Zürich Nordost umfasst eine Fläche von rund 50 Quadratkilometer. Das bevorzugte → Wirtgestein ist der → Opalinuston (mit seinen Rahmengesteinen).

Der Kenntnisstand über die räumlichen Verhältnisse beruht auf 2D- und 3D-seismischen Untersuchungen sowie einer Tiefbohrung (→ Benken). Eine zweite Tiefbohrung im Gebiet wurde bei Trüllikon 2019-20 abgeteuft. Das Standortgebiet liegt im Tafeljura am Nordrand des Molassebeckens und ist tektonisch wenig beansprucht. Das → Wirtgestein befindet sich hier in stabiler Lage, leicht nach Südosten geneigt. Daher besteht bezüglich der Anordnung der Lagerkammern eine erhebliche Flexibilität.

Das Standortgebiet Zürich Nordost wird zusammenfassend mit *sehr geeignet* bewertet und in der 3. Etappe weiter untersucht.

Zür



Im dunkelorange ausgeschiedenen Standortgebiet (Karte Seite 162) könnten die unterirdischen Anlagen für ein → geologisches Tiefenlager für → HAA im Opalinuston gebaut werden.

Standortgemeinden:

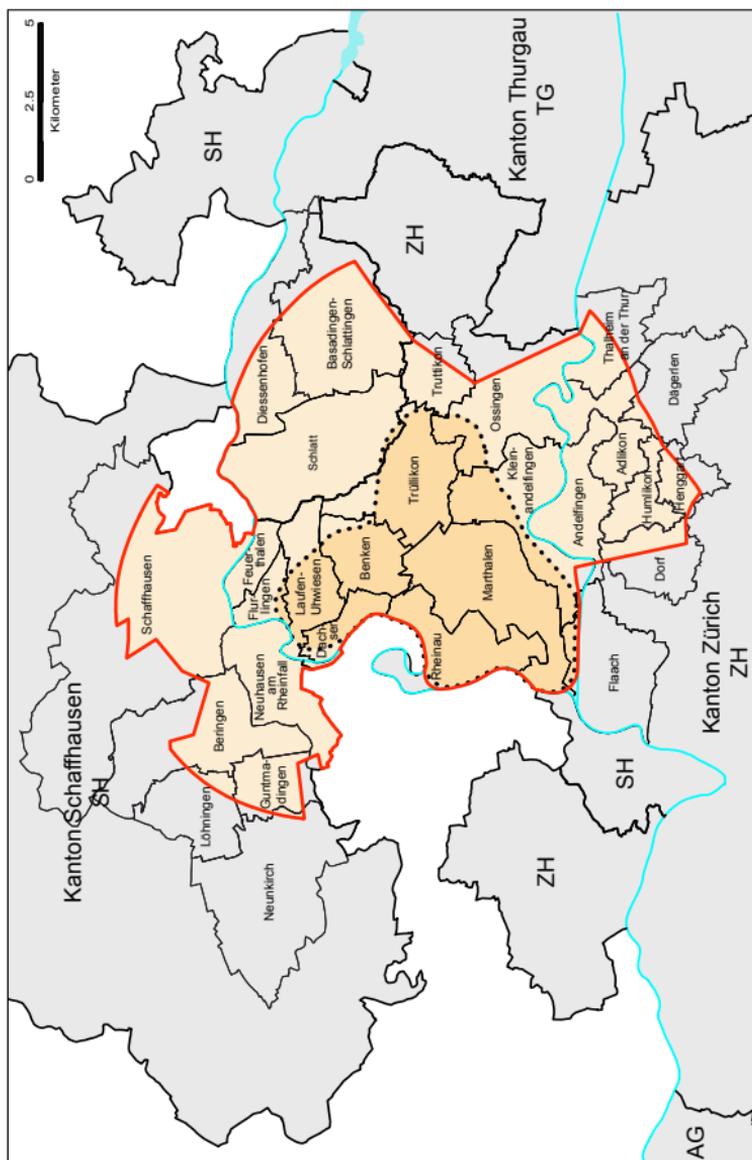
Kanton Zürich: → Benken, Dachsen, Flaach, Flurlingen, Kleinandelfingen, Laufen-Uhwiesen, Marthalen, Ossingen, Rheinau, Trüllikon, Truttikon; *Kanton Thurgau:* Schlatt

Weitere Gemeinden im → Planungsperimeter (neben Standortgemeinden):

Kanton Zürich: Adlikon, Andelfingen, Dägerlen, Dorf, Feuerthalen, Henggart, Humlikon, Thalheim an der Thur; *Kanton Schaffhausen:* Beringen, Guntmadingen, Löhningen, Neuhausen am Rheinfall, Neunkirch, Schaffhausen; *Kanton Thurgau:* Basadingen-Schlattlingen, Diessenhofen

Zür

Zür



Zuströmbereich Zu

Der Zuströmbereich Zu umfasst das Gebiet, aus dem der Hauptanteil des Wassers stammt, das einer Grundwasserfassung entnommen wird. Im Zuströmbereich müssen spezifische, auf die konkrete Belastung ausgerichtete Schutz- oder Sanierungsmassnahmen ergriffen werden.

Der für das Gebiet zuständige Kanton muss einen Zuströmbereich Zu bestimmen,

- wenn das Wasser einer Grundwasserfassung, die im öffentlichen Interesse liegt, mit schlecht abbaubaren oder mobilen Stoffen verunreinigt ist,
- oder wenn eine konkrete Gefahr einer solchen Verunreinigung besteht.

Zus

Beispiele für Stoffe, die das → Grundwasser auf diese Weise verschmutzen, sind Pflanzenschutzmittel, Nitrat und Lösungsmittel. Konkret angewendet wird der Zuströmbereich z.B. bei den Nitratsanierungen nach Artikel 62a des → Gewässerschutzgesetzes.

Zwilag

Zwischenlager in Würenlingen. Im → Zwilag werden → SMA aus Schweizer Kernkraftwerken sowie aus Medizin, Industrie und Forschung verarbeitet. Ebenso werden → radioaktive Abfälle und verbrauchte → Brennelemente aus Schweizer Kernkraftwerken zwischengelagert.

Zwischenlager

→ Zwilag

Quellenverzeichnis

www.bag.admin.ch
www.bfe.admin.ch
www.brockhaus.de
www.egt.ch
www.ensi.ch
www.fz-juelich.de
www.kernenergie.ch
www.kernfragen.de
www.kne-schweiz.ch
www.nagra.ch
www.naz.ch
www.nuklearforum.ch
www.oeko.de
www.psi.ch
www.scilog.de
www.stenfo.ch
www.wikipedia.ch
www.wissen.de
www.zuerichnordost.ch
www.zwilag.ch

