

oberflächenanlagen für geologische tiefenlager

massnahmen gegen gefahren
bei bau und betrieb

Zu dieser Broschüre

Bei Bau und Betrieb einer Oberflächenanlage ist man mit Gefahren und Emissionen konfrontiert, wie sie auf jeder Grossbaustelle und in jeder Industrieanlage auftreten. Da während des Betriebs der Anlage radioaktive Stoffe angeliefert, verpackt und für den Transport nach Untertag vorbereitet werden, treten zusätzliche Risiken auf, die spezifische Massnahmen zum Schutz von Mensch und Umwelt erfordern.

Die Broschüre soll einen Überblick der vorgesehenen Massnahmen geben. Dazu werden die nukleare Betriebssicherheit, die Sicherheit bezüglich Störfällen sowie der Schutz des Grundwassers in der Bauphase und während des Betriebs beschrieben. Die Broschüre richtet sich primär an die interessierte Bevölkerung in den möglichen Standortregionen.

Zum Weiterlesen

NTB 13-01

«Standortunabhängige Betrachtungen zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers: Grundlagen zur Beurteilung der grundsätzlichen Bewilligungsfähigkeit einer Oberflächenanlage für ein geologisches Tiefenlager»; August 2013.

Themenheft Nr. 2

«Radioaktive Abfälle – Woher, wieviel, wohin?»; Nachdruck August 2013.

Bestellen oder herunterladen bei www.nagra.ch

Oberflächenanlagen für geologische Tiefenlager – Massnahmen gegen Gefahren bei Bau und Betrieb

1 Oberflächenanlage und Betriebsabläufe

Betriebsabläufe während des Einlagerungsbetriebs

Beispiel Tiefenlager für Brennelemente und hochaktive Abfälle (BE/HAA)

2 In der Bauphase: Eine Grossbaustelle

Schutz vor Emissionen

Sicherheit während des Baus

Grundwasserschutz während Bauphase

3 In der Betriebsphase: Sicherheit ist oberstes Gebot

Einschluss der Abfälle, Abschirmung der Strahlung

Umgang mit radioaktiven Abfällen

Gefahren erkennen und entgegenwirken

Konventionelle Sicherheit

Emissionen

Schutz des Grundwassers

4 Zusammenfassung

Störfälle

Grundwasserschutz

Schlussfolgerung

Abkürzungsverzeichnis

**Oberflächenanlagen für geologische Tiefenlager:
Massnahmen gegen Gefahren bei Bau und Betrieb**
September 2013

Herausgeber

Nagra
Nationale Genossenschaft für die Lagerung
radioaktiver Abfälle
Hardstrasse 73, Postfach 280, CH-5430 Wettingen
Telefon 056 437 11 11
Telefax 056 437 12 07
E-Mail info@nagra.ch
Internet www.nagra.ch

4

4

5

6

6

6

8

10

10

12

14

16

16

16

18

18

18

18

19

1 Oberflächenanlage und Betriebsabläufe

Betriebsabläufe während des Einlagerungsbetriebs

Die Betriebsabläufe in der Oberflächenanlage beim Tiefenlager für Brennelemente und hochaktive Abfälle (BE/HAA) und beim Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) lassen sich wie folgt gliedern (vgl. Bild 1):

Anlieferung

Hier werden die radioaktiven Abfälle entgegengenommen. SMA und langlebige mittelaktive Abfälle (LMA) sind bereits verfestigt und verpackt. Dies bedeutet, dass nur verfestigte und für die Tiefenlagerung fertig vorbereitete Abfallgebilde in die Oberflächenanlage angeliefert werden. Zum Teil werden sie auch schon direkt in Endlagerbehältern angeliefert. Die Abfälle für das Tiefenlager BE/HAA liegen als verbrauchte Brennelemente oder als verschweisste Stahlzylinder mit verglasten Spaltprodukten aus der Wiederaufarbeitung vor und werden in Transportbehältern angeliefert.

Verpackung

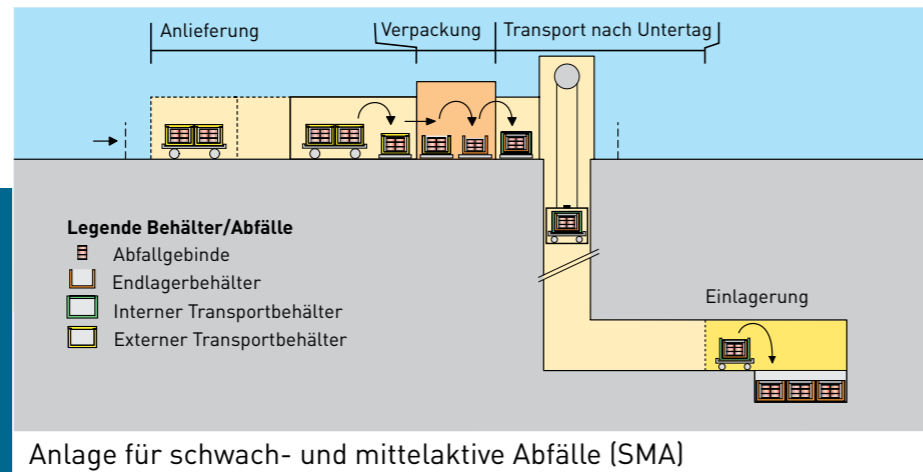
Hier werden die SMA- und LMA-Abfallgebilde in einer Umladezelle von den Transportbehältern in die Endlagerbehälter gestellt und die Hohlräume mit Zement verfüllt. Die Brennelemente und die Stahlzylinder mit hochaktiven Abfällen werden in der BE/HAA-Verpackungsanlage in der Umladezelle in Endlagerbehälter umgeladen. Diese Endlagerbehälter werden danach verschweisst und auf ihren ordnungsgemässen Zustand überprüft.

Transport nach Untertag

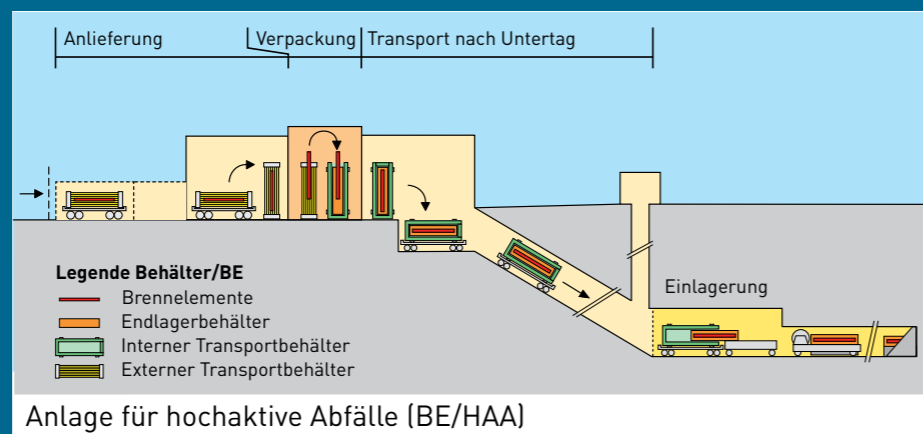
Die Endlagerbehälter werden verladen und für den Transport nach Untertag vorbereitet.

Administration und Service

Für den reibungslosen Betrieb sind weitere Gebäude nötig. Dazu gehören Werkstätten, Feuerwehrgebäude, Sicherungsanlagen, Lüftungsgebäude sowie das Administrationsgebäude mit Zugangskontrolle und Besucherzentrum.



Anlage für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA)



Anlage für hochaktive Abfälle (BE/HAA)

Bild 1
Betriebsabläufe: Anlieferung, Verpackung und Transport nach Untertag. Mit Beispielen für die Erschliessung durch Schacht oder Rampe.

Illustration: Nagra

Beispiel Tiefenlager für Brennelemente und hochaktive Abfälle (BE/HAA)



Bild 2

- 1 BE/HAA-Verpackungsanlage
- 2 Werkstatt
- 3 Feuerwehrgebäude
- 4 Transportbehälterreinigungsanlage
- 5 Betriebsabfallbehandlungsanlage und Garagen
- 6 Zugang zu geologischem Tiefenlager
- 7 Elektrogebäude
- 8 Lüftungsgebäude
- 9 LMA-Verpackungsanlage
- 10 Aufbereitungsanlage Verfüll- und Versiegelungsmaterialien
- 11 Administrationsgebäude
- 12 Besucherzentrum
- 13 Anlieferungsterminal
- 14 Zugschleuse
- 15 Fahrzeugschleuse

Das Tiefenlager für BE/HAA ist für die Lagerung verbrauchter Brennelemente (BE) und für hochaktive Abfälle (HAA) aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen (verglaste Spaltprodukte) vorgesehen. Daneben soll es auch langlebige mittelaktive Abfälle (LMA) aufnehmen.

Oberflächenanlage

An der Erdoberfläche verfügt das Tiefenlager als dominantes Gebäude über eine BE/HAA-Verpackungsanlage mit heisser Zelle. Dazu kommen weitere Betriebsgebäude (vgl. Bild 2). Von der Oberflächenanlage aus werden die Abfälle über einen Zugangstunnel oder Schacht in das Tiefenlager transportiert.

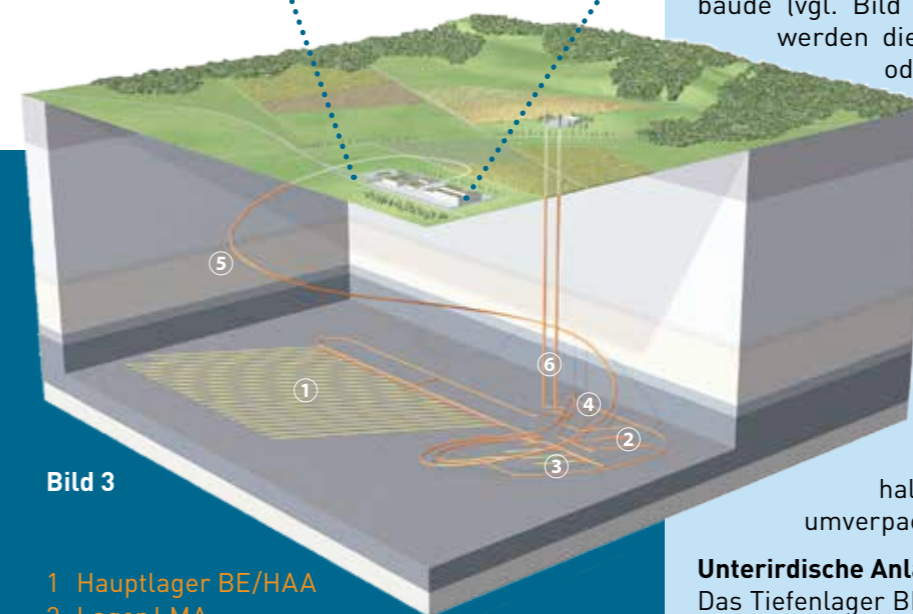


Bild 3

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

Der Flächenbedarf für die Anlage beträgt rund 8 Hektaren bei 150 Meter Breite (Richtgrössen). Die Gebäudehöhe über Terrain beträgt im Allgemeinen weniger als 15 Meter. Eine Ausnahme bildet die BE/HAA-Verpackungsanlage, welche rund 25 Meter hoch sein kann. Situationsabhängig ist eine Absenkung dieser Anlage auf 15 Meter möglich. Die Oberflächenanlage ist so ausgelegt, dass innerhalb von 15 bis 20 Jahren alle Abfälle unverpackt und eingelagert werden können.

Unterirdische Anlage

Das Tiefenlager BE/HAA liegt in 400 bis 900 Meter Tiefe. Nebst den Lagerstollen des Hauptlagers verfügt es zusätzlich über Lagerkammern für LMA, ein Pilotlager und einen Testbereich (Felslabor; vgl. Bild 3). Im Pilotlager kann das Verhalten der Sicherheitsbarrieren auch nach dem Verschluss der Lagerstollen des Hauptlagers während einer Beobachtungsphase überwacht werden.

Illustration: Infel AG, Claudio Köppel

2 In der Bauphase: Eine Grossbaustelle

Standortareale für die Oberflächenanlagen müssen technischen und raumplanerischen Anforderungen genügen, die durch gesetzliche Vorschriften festgelegt sind.

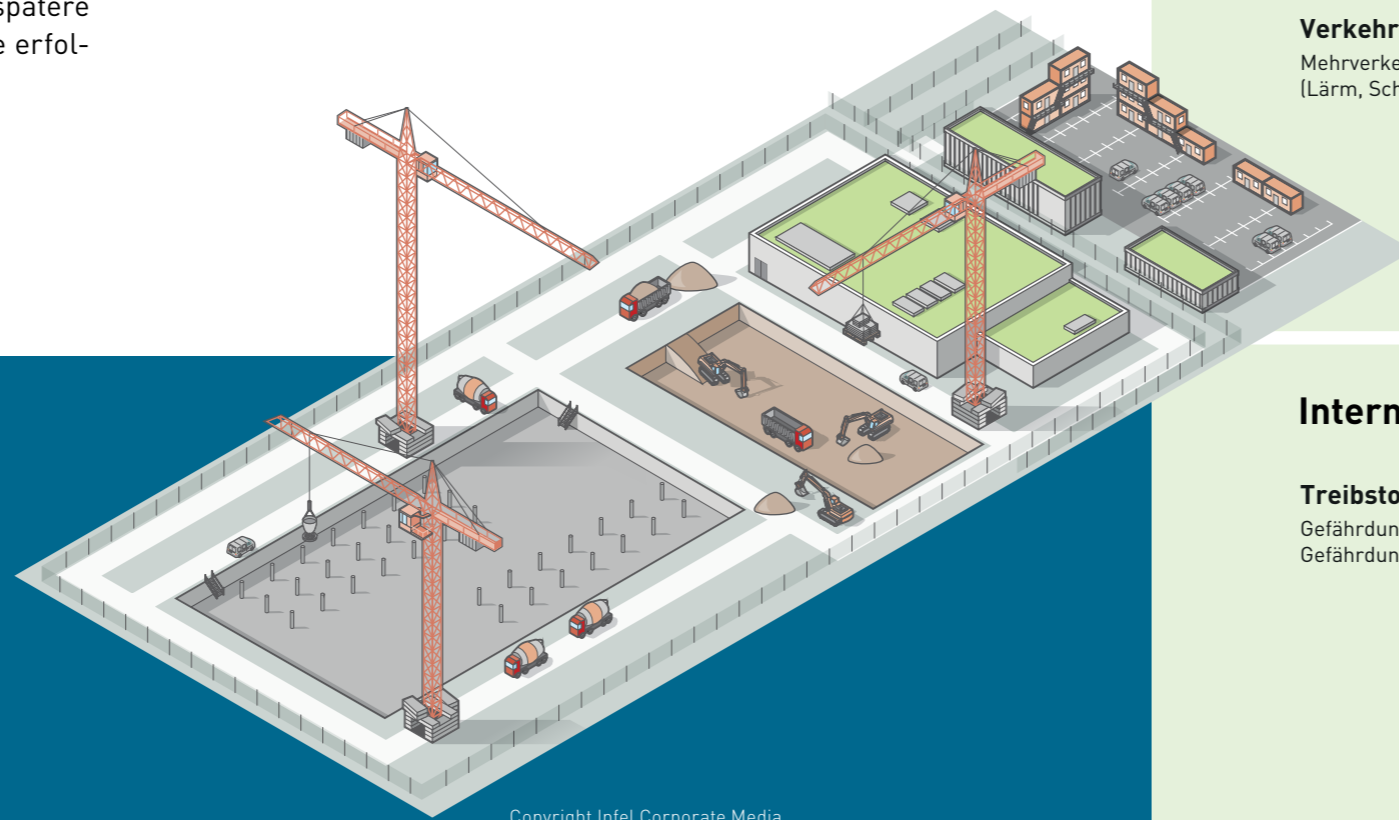
Schutz vor Emissionen

Jede Baustelle verursacht Emissionen, zum Beispiel Luftbelastung und Lärm durch Bauarbeiten (vgl. Bild 4). Die Belastungen für die Bevölkerung sind vergleichbar mit Baustellen ähnlicher Grösse und können durch technische und organisatorische Massnahmen verringert werden.

Bei der Errichtung der untertägigen Bauwerke für die Tiefenlager (Schächte, Zugangstunnel, Lagerstollen und Kavernen) fällt Ausbruchsmaterial an. Dieses wird abtransportiert und auf dafür vorgesehenen Deponien entsorgt oder für eine spätere Verwendung zwischengelagert. Transporte erfolgen soweit wie möglich per Bahn.

Sicherheit während des Baus

Beim Bau jeder Industrie- oder Infrastrukturanlage treten Gefahren auf, die mit den Bautätigkeiten zusammenhängen. So können beispielsweise bei Zwischenfällen mit Treibstoffen und Ölen Grundwasser und Oberflächengewässer gefährdet werden, ebenso durch Löschwasser und Löschmittel bei Bränden. Die Gefahren und entsprechende Massnahmen unterscheiden sich nicht von denjenigen auf anderen Baustellen. Auch der Arbeitssicherheit wird ein hoher Stellenwert eingeräumt.



Copyright Infel Corporate Media

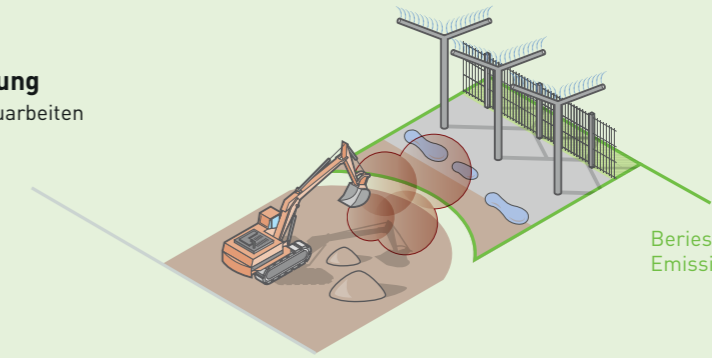
Bild 4

Wichtige Emissionen und Umweltgefahren beim Bau einer Oberflächenanlage. Während dieser Phase befinden sich keine radioaktiven Abfälle auf dem Gelände der Anlage.

Umweltbelastungen

Luftbelastung

Staub bei Bauarbeiten
Abgase



Berieselungsanlagen
Emissionsarme Baumaschinen

Lärm

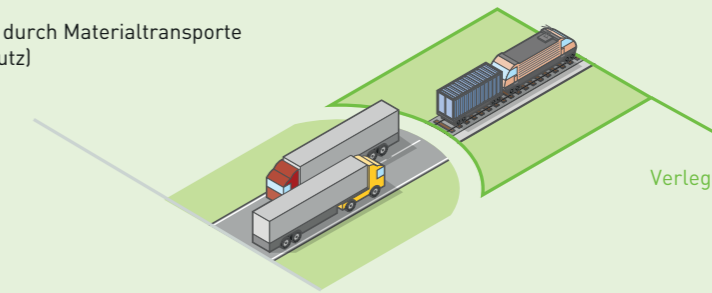
Belastung durch Bauarbeiten



Lärmschutzwände
Emissionsarme Baumaschinen

Verkehr

Mehrverkehr durch Materialtransporte
(Lärm, Schmutz)



Verlegung auf die Schiene

Interne Gefahren

Treibstoffe und Öle

Gefährdung Grundwasser
Gefährdung Oberflächengewässer



Doppelwandige Behälter
Partielle Bodenversiegelung
Ölwehr

Brand

Verunreinigung Gewässer durch Löschmittel



Minimierung des brennbaren Materials
Löschwasserrückhaltung

In der Schweiz verfügt man über reiche Erfahrung im Bau von ähnlichen Anlagen an der Erdoberfläche (vgl. Bild 5).

Grundwasserschutz während Bauphase

Bei jeder Grossbaustelle kommt dem Grundwasserschutz eine zentrale Rolle zu. Ziel ist die Vermeidung von Verunreinigungen des Grundwassers durch wassergefährdende Stoffe (z. B. Treibstoffe). Mit geeigneten Massnahmen, die auf die lokale Situation zugeschnitten sind, kann das Gefährdungspotenzial auf ein vertretbares Minimum reduziert werden. Typische Massnahmen beim

Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sind Auffangwannen, spezielle Waschplätze, Verwendung von Ölbindemitteln, Absetzbecken, Schulung des Baustellenpersonals etc.

Während des Baus von Schächten und des Zugangstunnels können Gesteinsschichten angetroffen werden, aus denen Wasser zufliesst. Das Gewässerschutzgesetz verlangt, dass Anlagen Untertag möglichst gut abzudichten und Wasserzutritte möglichst zu vermeiden sind. Schacht und Zugangstunnel werden so angelegt, dass sie Grundwasserträger möglichst nicht durchstossen. Wasserführende Schichten im Unter-



Comet

Bild 5

Eine Oberflächenanlage für ein Tiefenlager hat eine ähnliche Grösse wie die Gebäude des Zwischenlagers in Würenlingen (im Bild während des Baus).

grund werden abgedichtet (vgl. Bild 6). Sollte eine vollständige Abdichtung in grösserer Tiefe aufgrund des dortigen hohen Wasserdrucks nicht möglich sein, wäre einsickerndes Bergwasser aufzufangen und abzuleiten. Die Einleitung dieses Bergwassers in Oberflächengewässer ist bewilligungspflichtig. Um eine Belastung der Oberflächengewässer zu vermeiden, wird Bergwasser so aufbereitet, dass die Einleitbedingungen eingehalten werden (Gewässerschutz, Fischerei).

Gewässerschutzbereich A_U

(Text nach www.bafu.admin.ch)

Der Gewässerschutzbereich A_U umfasst die nutzbaren Grundwasservorkommen und die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete. Ob ein Grundwasservorkommen nutzbar ist, hängt von der Grundwassermenge und -qualität ab [...].

In den besonders gefährdeten Bereichen bedürfen die Erstellung und die Änderung von Bauten und Anlagen sowie Grabungen, Erdbewegungen und ähnliche Arbeiten einer Bewilligung, wenn sie die Gewässer gefährden können [...]. 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 [...].

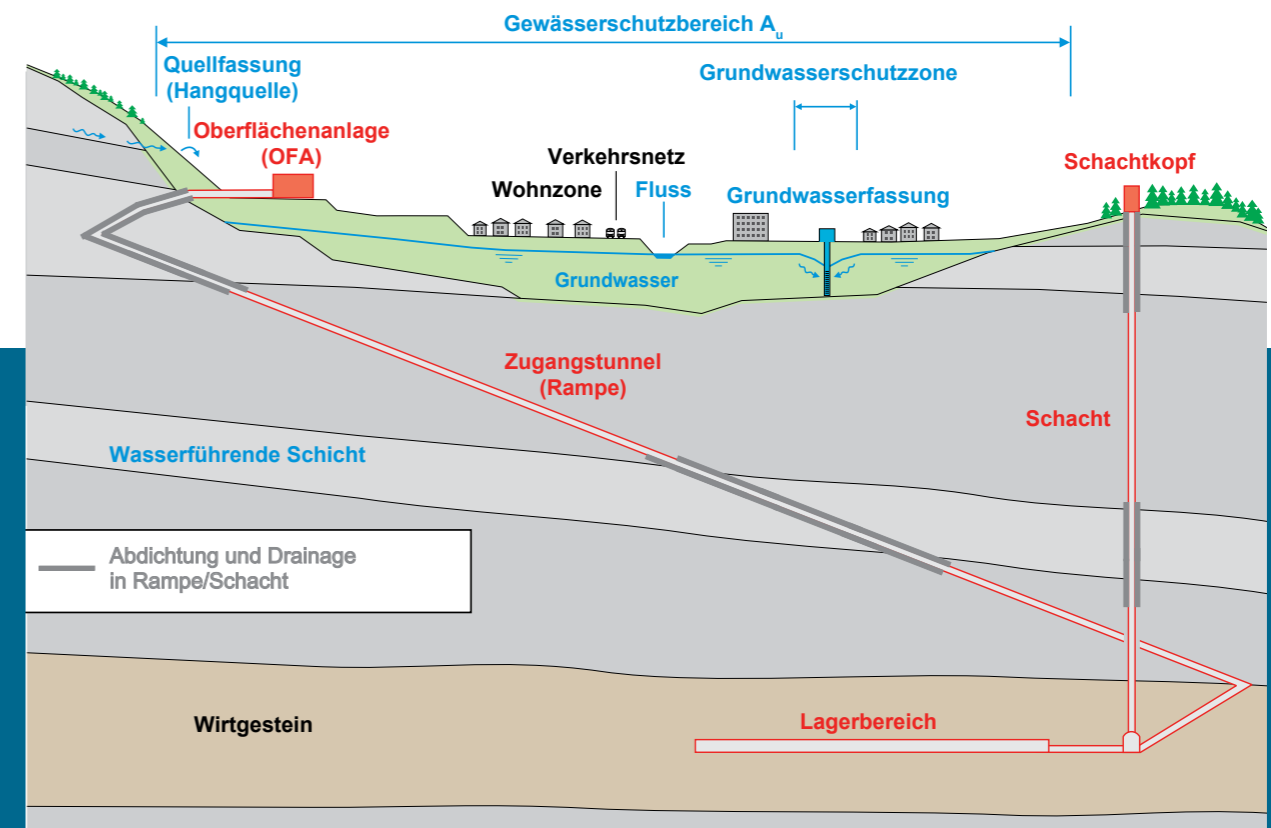


Illustration: Nagra

Bild 6

Beim Bau der Oberflächenanlage werden hohe Anforderungen an den Schutz des Grundwassers gestellt. Sollte die Anlage im Gewässerschutzbereich A_U (vgl. Textkasten) gebaut werden, ist ein grosser Abstand zum Grundwasserspiegel vorteilhaft.

3 In der Betriebsphase: Sicherheit ist oberstes Gebot

Einschluss der Abfälle, Abschirmung der Strahlung

Während des Betriebs der Oberflächenanlage gelten die hohen Anforderungen, wie sie an jede Kernanlage gestellt werden. Die radioaktiven Stoffe müssen eingeschlossen und die direkte Strahlung abgeschirmt sein. Einschluss und Abschirmung müssen zuverlässig sowohl beim Normalbetrieb wie auch bei Störfällen (vgl. Bild 7) sichergestellt sein, so dass die Bevölkerung und das Personal geschützt sind.

Die Anlage soll so ausgelegt werden, dass bei allen Störfällen die Dosis von einem Millisievert für die umliegende Bevölkerung nicht überschritten wird. Dies entspricht rund einem Viertel der natürlichen jährlichen Strahlenbelastung. Bei dieser kleinen Dosis – selbst für seltene Störfälle – könnte

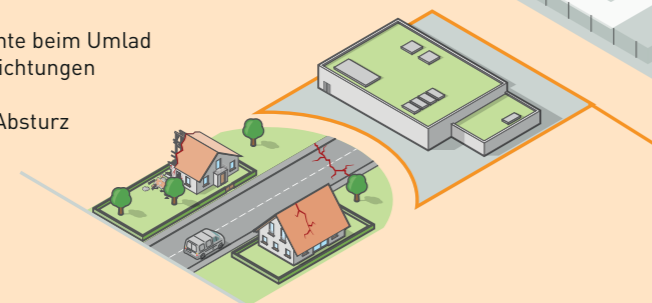
auf vorbereitende Notfallschutzmassnahmen in der Umgebung der Anlage verzichtet werden. Bei einem Kernkraftwerk können bei einem seltenen schweren Störfall viel höhere Strahlenbelastungen auftreten, weshalb dort vorbereitende Notfallschutzmassnahmen (z. B. Iodtabletten, Einteilung in Zonen und Gesamtnotfallübungen) vorgeschrieben sind.

Die in der Oberflächenanlage vorhandenen Mengen an radioaktiven Abfällen sind weit geringer als beispielsweise im Zwischenlager in Würenlingen. Das Inventar an radioaktiven Abfällen ist überschaubar und gut kontrollierbar. Zur Handhabung der Behälter mit radioaktiven Abfällen oder der Brennelemente sind Betriebsabläufe mit kleinem Durchsatz vorgesehen.

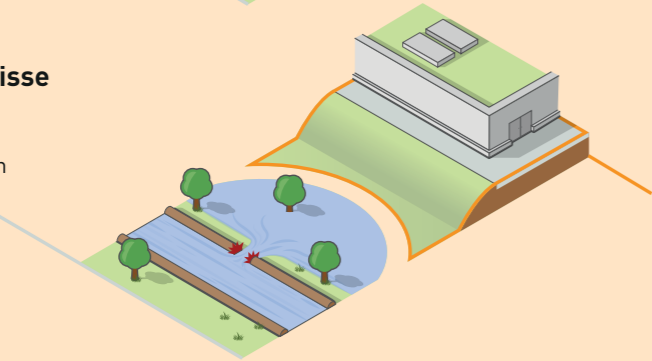
Bild 7
Wichtige Gefahren und Störfälle beim Betrieb einer Oberflächenanlage

Naturgefahren

Erdbeben
Beschädigung Brennelemente beim Umlad
Schäden an Sicherheitseinrichtungen
Schäden an Gebäuden
Beschädigung Gebinde bei Absturz



Hydrologische Ereignisse
Eindringen von Wasser
Schäden an Anlagenteilen
Unterspülung von Gebäuden
Rutschungen

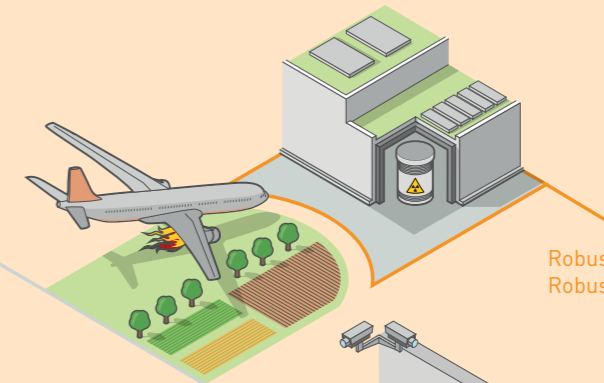


Vorsorge
Erdbebensicheres Bauen
Robuste Auslegung Transportbehälter
Robuste Auslegung Verpackungsanlage

Umgehung überschwemmungsgefährdeter Gebiete
Vermeidung von grösseren Rutschgebieten

Zivilisatorische Gefahren

Flugzeugabsturz
Beschädigung Behälter
Beschädigung Gebäude
Kerosinbrand
Brandgase

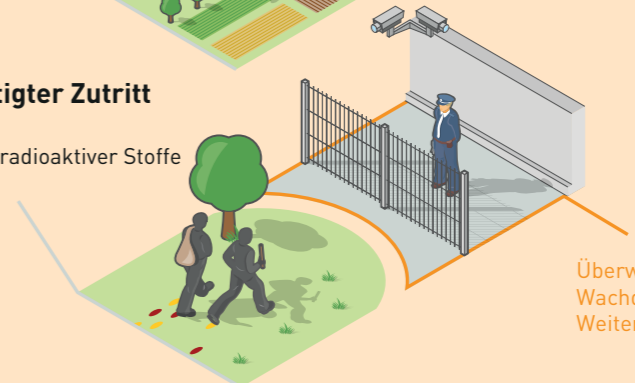


Vorsorge und Intervention

Robuste Auslegung Transportbehälter
Robuste Auslegung Verpackungsanlage

Unberechtigter Zutritt

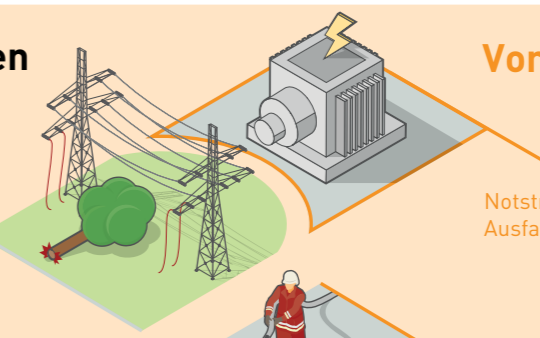
Sabotage
Entwendung radioaktiver Stoffe



Überwachung Inventar
Wachdienst und Überwachungsanlagen
Weitere Sicherungsanlagen

Einwirkungen von innen

Ausfall der Stromversorgung
Ausfall der aktiven Sicherheitssysteme
Ausfall der Überwachungssysteme
Ausfall der Steuereinrichtungen



Vorsorge und Intervention

Notstromversorgung
Ausfallsichere Auslegung der Anlage

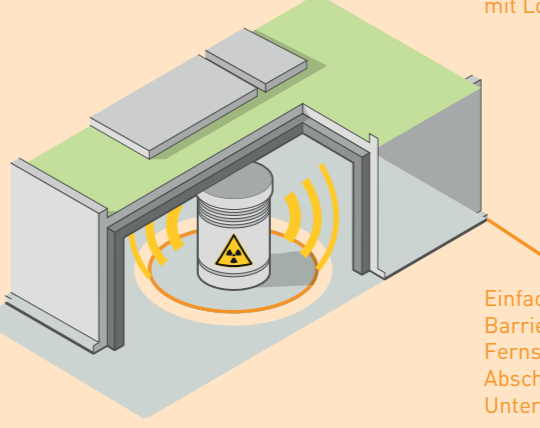
Brand

Verunreinigung Gewässer durch Löschmittel
Brandgase



Brennbare Materialien reduzieren
Betriebs-eigene Feuerwehr
Löschmittelauffangbecken
Luftfilter
Einschluss der Radionuklide (kein Kontakt mit Löschwasser)

Beschädigung Brennelemente oder Abfallgebinde
Freisetzung radioaktiver Stoffe in Umladezellen



Einfache Betriebsabläufe
Barriersystem
Fernsteuerung
Abschirmung
Unterdruck und Luftfilter



Copyright Infel Corporate Media

Umgang mit radioaktiven Abfällen

Die angelieferten Abfälle liegen ausschliesslich in fester Form vor. Die Abfallgebinde mit SMA werden in die Endlagerbehälter gestellt und die Hohlräume mit Zement verfüllt (vgl. Bild 8), ebenso werden die verbrauchten Brennelemente und HAA-Stahlzylinder in die Endlagerbehälter umverpackt und für die Tiefenlagerung vorbereitet. Die nach der Anlieferung in der Oberflächenanlage temporär gelagerte Menge an Abfällen ist viel kleiner als in den heute bestehenden Zwischenlagern.



Bild 8 Nagra

Schwach- und mitteaktive Abfälle werden zum Teil schon fertig verpackt in Endlagercontainern angeliefert.

Die hochaktiven Abfälle und verbrauchten Brennelemente befinden sich in Transportbehältern, die extremen Belastungen standhalten müssen (vgl. Kasten Seite 13). Während die BE/HAA aus den Transportbehältern in die Endlagerbehälter umgeladen werden, sind die Behälter luftdicht an die Umladezelle angekoppelt. Dabei übernimmt die Umladezelle die Aufgabe des Einschlusses sowie der Abschirmung und hält die Radionuklide von der Aussenwelt fern. Sollten beim Umladen Brennelemente beschädigt werden, stehen fernbediente Werkzeuge zur Verfügung. Dabei sind Mensch und Umwelt durch ein Barrierensystem geschützt. Alle Arbeitsschritte sind Stand der

Technik und werden permanent überwacht (vgl. Bilder 9 bis 11). Typische Elemente des Systems sind:

- Feste Abfälle (keine flüssigen)
- Massive Gebäudeteile
- Luftdichte Umladezelle mit Unterdruck
- Luftfilter
- Lüftungsanlage
- Fernsteuerung der Bedienelemente
- Abschirmung der Strahlung durch Umladezelle.

Transportbehälter für BE/HAA



Bild a: Falltest mit Transportbehälter GNS

Die Transportbehälter müssen extremen Belastungen standhalten können. Um die Sicherheit der Behälter nachzuweisen, wird ihr Verhalten in Extremsituationen getestet und mit Computern simuliert. In Bild a ist einer der Falltests zu sehen. In diesem wird der Behälter aus neun Meter Höhe fallen gelassen. Der Transportbehälter wurde zusätzlich auf -40°C abgekühlt.

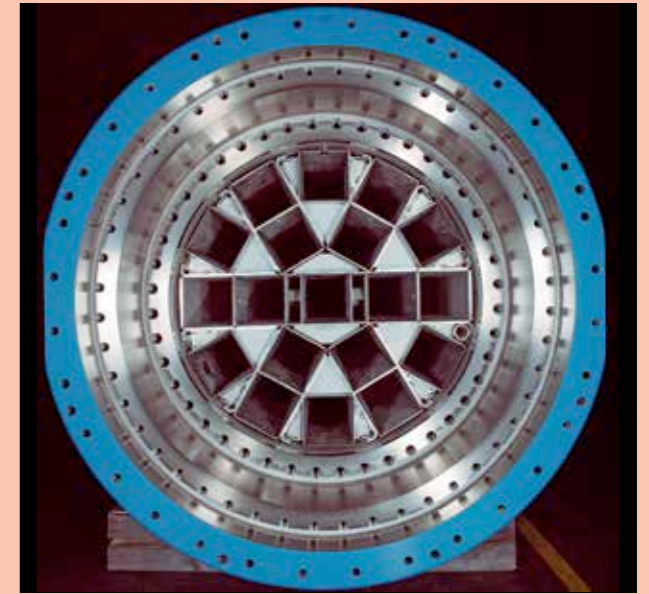


Bild b: Innenansicht Transportbehälter GNS

Bild b zeigt einen geöffneten CASTOR®-Behälter für Druckwasserreaktor-Brennelemente. Im Behälter befindet sich ein Tragkorb mit 19 quadratischen Schächten zur Aufnahme der verbrauchten Brennelemente. Ringförmig angeordnet sind die Gewindebohrungen für die Verschraubung der beiden Deckel und einer zusätzlichen Schutzplatte. Die Wandstärke des gusseisernen Behälterkörpers beträgt 45 Zentimeter.



Zwilag

Bild 9
Umladen von Transportbehältern für hochaktive Abfälle von der Schiene auf die Strasse beim Zentralen Zwischenlager Würenlingen (Zwilag).



Bild 10

Anlieferung eines Behälters für hochaktive Abfälle in das Zwilag in Würenlingen.

Comet



Bild 11

Umladezelle für Brennelemente im Zwilag.

Zwilag

Gefahren erkennen und entgegenwirken

Um Störfälle zu verhindern, wird ein umfassender Störfallkatalog erstellt. Gefahren, die für eine Oberflächenanlage relevant sind, wird mit entsprechenden Massnahmen begegnet. Die Massnahmen reichen von der Berücksichtigung und Vermeidung externer Gefahren bei der Standortwahl bis hin zu organisatorischen Massnahmen. In den Tabellen auf Seite 14 und 15 sind der Störfall- und Massnahmenkatalog tabellarisch dargestellt.

Für die Oberflächenanlage nehmen bei der sicherheitstechnischen Betrachtung insbesondere die Gefahr eines Flugzeugabsturzes oder die Erschütterung durch ein extremes Erdbeben eine massgebende Stellung ein. Diese Ereignisse stellen eine grosse Gefahr dar, gegen welche die Anlage ausgelegt werden muss. Als Auswirkung dieser

Vorfälle darf es zu keiner unzulässigen Strahlenbelastung für Mensch und Umwelt kommen. Die Verpackungsanlage, insbesondere die Umladezelle, wird gegen den Absturz eines Flugzeuges mit folgendem Brand durch eine massive Konstruktion geschützt. Gegen die Auswirkungen von extremen Erdbeben sind alle sicherheitsrelevanten Gebäude geschützt, so dass die Sicherheitsfunktionen und die Integrität der Ausrüstungen gewährleistet bleiben.

Weitere interne und externe Gefahren haben ähnliche aber voraussichtlich geringere Auswirkungen auf die Anlage als die oben beschriebenen massgebenden Ereignisse. So ist die Belastung durch einen Flugzeugabsturz höher als durch einen möglichen Brand auf dem Gelände der Anlage ohne Flugzeugabsturz oder eine Explosion ausserhalb des Geländes.

Störfallkatalog <small>(nach NTB 13-01, vereinfacht)</small>	
Naturgefahren	<ul style="list-style-type: none"> Durch Erdbeben, Geologie und Baugrundeigenschaften verursachte Ereignisse (Erschütterungen, Bodenbewegungen, Bodensetzung, Bodenverflüssigung, Flussbettverlagerung, Erdrutsch/Murgang/Steinschlag) Hydrologische Ereignisse (Überflutung, Ufererosion, Grundwasseranstieg) Meteorologische Ereignisse (z. B. Blitzschlag und extreme Wetterverhältnisse) Sonstige Ereignisse (z. B. Waldbrände)
Zivilisatorische Gefahren	<ul style="list-style-type: none"> Absturz eines Flugzeugs oder Helikopters Einwirkungen Dritter (z. B. unberechtigter Zutritt, Sabotage) Externe Explosion bzw. Brand (z. B. durch einen Pipeline-Unfall, Gefahrguttransport, Unfall in einer Militär-/Industrieanlage oder durch eine Gaswolke aus einer Industrieanlage) Giftige Gaswolken aus externen Unfällen sowie andere Einwirkungen mit möglicher Beeinträchtigung der Handlungsfähigkeit des Personals Hochfrequente elektromagnetische Interferenzen, die zum Ausfall von elektrischen Systemen führen können Ausfall externer Ver- bzw. Entsorgungssysteme
Einwirkungen von innen	<ul style="list-style-type: none"> Brand und/oder Explosion (z. B. in einem Fahrzeug) Absturz/Aufprall eines beladenen Transportbehälters, resp. Aufprall einer Last auf einen Transportbehälter Beschädigung eines Brennelements oder Abfallbehälters durch Absturz oder Aufprall einer Last beim Umladen von einem Transport- in einen Endlagerbehälter in der Umladezelle Beschädigung eines wasserführenden Systems (inkl. Leckage von Lagerbehältern für Flüssigkeiten) Ausfall interner sicherheitsrelevanter Systeme (z. B. Stromversorgung und Lüftung)

Gegen hydrologische Ereignisse wie zum Beispiel Wasserzutritt müssen die sicherheitsrelevanten Gebäude geschützt werden. Bei der Standortwahl werden überschwemmungsgefährdete Gebiete gemieden.

Gegen einen unberechtigten Zutritt und Zugriff (Sabotage) auf die radioaktiven Stoffe werden personelle, technische und administrative Massnahmen getroffen. Diese reichen von Werkschutz, Überwachungsanlagen, Zäunen bis zu weiteren Massnahmen, die der Geheimhaltung unterliegen.

Massnahmenkatalog <small>Massnahmen für den sicheren Betrieb der Oberflächenanlage und gegen Störfälle (nach NTB 13-01, vereinfacht)</small>	
Bei der Standortwahl wird diesen Gefährdungen ausgewichen (Vorsorgeprinzip)	<ul style="list-style-type: none"> Gebiete mit dem Potenzial für grosse Überflutungen (inkl. Auswirkungen des Versagens von Talsperren), evtl. verbunden mit erheblicher Erosion bzw. Feststofftransport Anlagen mit grossem Gefährdungspotenzial (z. B. Militäranlagen) Nicht verlegbare Hochdruck-Gasleitungen mit grossem Gefährdungspotenzial innerhalb bzw. in unmittelbarer Nähe des Standortareals Gebiete mit dem Potenzial für grossräumige geologische Instabilitäten wie Rutschungen, Setzungen etc. Potenziell aktive regionale Störungszonen, die bei sehr schweren Erdbeben innerhalb des Standortareals zu Rissen an der Erdoberfläche führen könnten
Massnahmen gegen Einwirkungen von aussen	<ul style="list-style-type: none"> Auslegung der Gebäudehüllen sicherheitsrelevanter Gebäude und Einrichtungen gegen Einwirkungen von aussen (z. B. Flugzeugabsturz, externe Explosionen) Auslegung der Gebäude sowie sicherheitsrelevanter Systeme gegen die Auswirkungen von Erdbeben (Standicherheit), so dass die Sicherheitsfunktionen und die Unversehrtheit der Ausrüstungen und Barrieren gewährleistet bleibt Geländeaufschüttung und Gebäudeanordnung/-auslegung als Überflutungsschutz kritischer Gebäude (Verpackungsanlage, Umladezelle, Zugang nach Untertag) Transport- und Endlagerbehälter zum Einschluss und Schutz der radioaktiven Abfälle Umverlegung von Hochdruck-Gasleitungen
Massnahmen gegen Einwirkungen von innen	<ul style="list-style-type: none"> Auslegung der Umlade- und Transporteinrichtung unter dem Aspekt der Sicherheit Kleine Hubhöhen Schleusen und Filter Brandzonen, Brandmeldeanlagen und Brandbekämpfungsanlagen Vermeidung von Wasser in der Umladezelle für Brennelemente und HAA Transport- und Endlagerbehälter zum Einschluss und Schutz der radioaktiven Abfälle Ausfallsichere («Fail-Safe») Auslegung der Anlage
Betriebsabläufe	<ul style="list-style-type: none"> Weitgehend standardisierte und entflochtene Betriebsabläufe Genügend Zeit für eine sicherheitsorientierte Abwicklung der einzelnen Schritte der Umverpackung Beschränkung der Anzahl jeweils angelieferter beladener Transportbehälter Beschränkung der Anzahl von Behältern an einem Ort innerhalb der Oberflächenanlage Minimierung von Zünd- und Brandlasten
Organisatorische Massnahmen	<ul style="list-style-type: none"> Massnahmen der Anlagenerhaltung (Instandhaltungs- und Alterungsmanagement) Sicherheitsmanagement (Arbeitssicherheit, Strahlenschutz, betrieblicher Brandschutz) Störfallmanagement (geeigneter Umgang mit Betriebsabweichungen, Überführung der Anlage in einen sicheren Zustand, Evakuierung und Rettung, Massnahmen zur Reduktion von Schäden, Notfallorganisation) Überwachungsmassnahmen (Kameras, Bewegungsmelder) Schulung und Qualifizierung des Personals Beschränkung des Zutritts

Konventionelle Sicherheit

Der beste Schutz vor einem Störfall ist, zu verhindern, dass dieser sich ereignen kann. Deshalb werden beispielsweise so wenig brennbare Stoffe wie möglich auf Vorrat gehalten.

Drei Stoffe überschreiten voraussichtlich die Mengenschwelle der Störfallverordnung (StFV vgl. Textkasten): Zement, Natronlauge und Salzsäure. Natronlauge und Salzsäure werden bei Bedarf in verschiedenen Prozessen in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung als Neutralisationsmittel verwendet, insbesondere für zufließendes Bergwasser. Der Umgang mit diesen Stoffen ist Stand der Technik und stellt bei sachgerechter Handhabung keine besondere Gefahr für die Umwelt dar.

Viele Massnahmen, die für die nukleare Betriebssicherheit notwendig sind, tragen zum Erfüllen der Sicherheitsanforderungen bezüglich konventioneller Störfälle bei. Hierzu gehört ein sehr weit gehender Brandschutz mit den entsprechenden Brandzonen, Brandabschnitten und Abschottungen. Bei einem Brandfall steht auch eine betriebseigene Feuerwehr zur Verfügung.

Bei einem Stromunterbruch stehen Notstromaggregate zur Verfügung, um die sicherheitsrelevanten Anlagen betriebsfähig zu halten. Des Weiteren sind die Oberflächenanlagen so ausgelegt, dass bei einer Unterbrechung der Stromzufuhr die Anlagen automatisch in einen sicheren Zustand übergehen, der kein Eingreifen von aussen erfordert, eine sogenannte ausfallsichere («Fail-Safe») Auslegung.

Emissionen

Die Emissionen (z. B. Lärm) beim Betrieb der Oberflächenanlagen sind bedeutend geringer als während der Bauphase. Würden alle Transporte über die Strasse abgewickelt, müssten mit maximal 25 Lastwagen (Tiefenlager SMA) respektive 15 Lastwagen (Tiefenlager HAA) pro Woche gerechnet werden. Soweit wie möglich werden die Transporte auf die Schiene verlagert (vgl. Bild 12).

Schutz des Grundwassers

Der Schutz des Grundwassers ist eine wichtige Anforderung, dem hohe Bedeutung beigemessen wird. Dies gilt sowohl für das eigentliche Tiefen-

lager, das den Einschluss der radioaktiven Abfälle und damit den Schutz der Biosphäre gewährleisten muss, als auch für die Oberflächenanlage, die das Grundwasser nicht beeinträchtigen darf.

Bei der Wahl der Standortareale für die Oberflächenanlage wird daher angestrebt, dass die Anlage entweder nicht im Gewässerschutzbereich A_u liegt oder aber weder temporäre noch permanente Bauwerke innerhalb des Grundwassers erstellt werden müssen. Bevorzugt werden entsprechende Situationen mit grossem Flurabstand (Abstand des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche) und gutem Baugrund, bei dem auch keine Fundamente bis ins Grundwasser nötig sind.

In Bereichen der Anlage, in denen wassergefährdende Stoffe gelagert, umgeschlagen oder eingesetzt werden, sind Rückhaltebecken, Auffangwannen, doppelwandige Lagertanks etc. vorgesehen. Anfallendes Wasser aus der Reinigung von Anlagenteilen, in denen radioaktive Abfälle gehandhabt werden, muss wie in anderen Kernanlagen (z. B. Zwiilag) behandelt und entsorgt werden.

Bei einem Brandfall wird das Löschwasser in Rückhaltebecken aufgefangen.

Störfallverordnung (StFV)

Die Störfallverordnung soll die Bevölkerung und die Umwelt vor schweren Schädigungen infolge von (konventionellen) Störfällen schützen. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) bestimmt die Mengenschwellen, ab welcher ein Stoff unter die Störfallverordnung fällt. Die Kriterien sind Giftigkeit, Brand- und Explosionseigenschaften sowie Ökotoxizität. Wird eine Mengenschwelle in einem Betrieb überschritten, müssen spezifische Massnahmen getroffen werden, mit denen das Gefahrenpotenzial herabgesetzt, Störfälle verhindert oder deren Auswirkungen begrenzt werden.



Bild 12

Der Bau einer Oberflächenanlage und eines Tiefenlagers führt zu Mehrverkehr in der Region. Deshalb werden Transporte soweit möglich auf die Schiene verlegt.

4 Zusammenfassung

Störfälle

Beim Betrieb einer Oberflächenanlage ist die sichere Handhabung radioaktiver Abfälle unabdingbar. Um alle möglichen Störfälle zu berücksichtigen, geht man von einem breiten Störfallkatalog aus. Verschiedene Szenarien werden analysiert und vorsorgliche Massnahmen zur Vermeidung von Störfällen getroffen. Wenn Störfälle wie zum Beispiel ein Flugzeugabsturz nicht grundsätzlich vermeidbar sind, werden mit entsprechenden Massnahmen deren Konsequenzen auf ein Minimum reduziert. Aus den Analysen resultiert ein Katalog von technischen und organisatorischen Massnahmen.

Beispiele von Massnahmen sind die Anlieferung der Abfälle ausschliesslich in fester Form, massive Gebäude, das Barrierensystem zum Einschluss der radioaktiven Abfälle, die Auslegung der Anlage und einfache Arbeitsabläufe mit geringem Materialdurchsatz. Dass diese Arbeitsabläufe und die Sicherheitsvorkehrungen zuverlässig funk-

tionieren, zeigt die jahrelange Erfahrung beim Zwiilag, dem Bundeszwischenlager, den Zwischenlagern der Kernkraftwerke oder vergleichbaren Anlagen im Ausland.

Grundwasserschutz

Die angelieferten radioaktiven Abfälle enthalten keine Flüssigkeiten. Die Menge und das Gefahrenpotenzial der Abfälle ist bekannt. Die feste Form der radioaktiven Abfälle und deren Einschluss mit einem Barrierensystem tragen massgeblich zur Sicherheit der Anlage und zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung durch Radionuklide bei.

Konventionelle wassergefährdende Flüssigkeiten (z. B. Diesel) kommen in der Oberflächenanlage nur in beschränkten Mengen zum Einsatz. Mit bewährten Massnahmen entsprechend den gesetzlichen Anforderungen (z. B. doppelwandige Tanks) wird dem Grundwasserschutz Rechnung getragen.

«Kernschmelze» ist unmöglich

In der Oberflächenanlage oder im Tiefenlager kann es zu keiner Kettenreaktion oder Schmelzen der Brennelemente kommen. Einerseits ist die Wärmeentwicklung durch Restwärme zu klein, um die Schmelztemperatur zu erreichen. Andererseits ist die Konzentration an spaltbarem Material zu klein, um eine Kettenreaktion auslösen zu können.

Das Gefahrenpotenzial einer Oberflächenanlage und eines Tiefenlagers ist nicht vergleichbar mit jenem eines Kernkraftwerkes.

Schlussfolgerung

Durch die Wahl geeigneter Standortareale und bei geeigneter Auslegung der Anlage und der Betriebsabläufe sowie unter Berücksichtigung der Annahmebedingungen für die einzulagernden radioaktiven Abfälle kann sowohl die nukleare als auch die konventionelle Sicherheit gewährleistet werden. Eine Verschmutzung des Grundwassers kann während Bau und Betrieb der Oberflächenanlagen zuverlässig vermieden werden.

Abkürzungsverzeichnis

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BE	Verbrauchte Brennelemente
CASTOR®	Cask for storage and transport of radioactive material
GNS	Gesellschaft für Nuklear-Service mbH
HAA	Hochaktive Abfälle
LMA	Langlebige mittelaktive Abfälle
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NTB	Nagra technischer Bericht
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle
StFV	Störfallverordnung
Zwiilag	Zentrales Zwischenlager in Würenlingen

Animationen der Betriebsabläufe in Oberflächenanlagen

Eine detaillierte Darstellung der Betriebsabläufe befindet sich auf der Website der Nagra:

- Betriebsablauf in der Oberflächenanlage eines Tiefenlagers für SMA:
www.nagra.ch/de/betriebsablaufsma.htm
- Betriebsablauf in der Oberflächenanlage eines Tiefenlagers für HAA:
www.nagra.ch/de/betriebsablaufhaa.htm



**Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle**

Hardstrasse 73
Postfach 280
5430 Wettingen
Schweiz

Tel. 056 437 11 11

Fax 056 437 12 07

info@nagra.ch

www.nagra.ch

nagra ● **aus verantwortung**