

Technischer Bericht 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

Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle

Hardstrasse 73
CH-5430 Wettingen
Telefon 056-437 11 11

www.nagra.ch

Technischer Bericht 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

Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle

Hardstrasse 73
CH-5430 Wettingen
Telefon 056-437 11 11

www.nagra.ch

ISSN 1015-2636

"Copyright © 2013 by Nagra, Wettingen (Schweiz) / Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Nagra unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Übersetzungen, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen und Programmen, für Mikroverfilmungen, Vervielfältigungen usw."

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht zeigt auf, wie für eine Oberflächenanlage für ein geologisches Tiefenlager der Schutz von Mensch und Umwelt sichergestellt werden kann. Der Bericht richtet sich primär an die Bundesbehörden, dient aber auch zur Information der Standortkantone und der Standortregionen. Für die Öffentlichkeit steht zusätzlich eine leichter verständliche Broschüre der Nagra zur Verfügung.

Der Bericht wurde entsprechend einem Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE) erstellt und soll es den zuständigen Bundesbehörden ermöglichen, die Sicherheit und den Schutz des Grundwassers beim Bau und Betrieb einer Oberflächenanlage für ein geologisches Tiefenlager sowie ihre Bewilligungsfähigkeit grundsätzlich zu beurteilen. Die Angaben basieren auf modellhaften Vorstudien. Ziel des Berichts ist es, die grundsätzlichen Merkmale einer Oberflächenanlage (Auslegung, Tätigkeiten) unter Berücksichtigung der einzulagernden Abfälle und der möglichen Standortbedingungen darzustellen – der Bericht ist kein formeller Sicherheitsbericht für eine Anlage an einem konkreten Standort im Rahmen eines Bewilligungsverfahrens nach Kernenergiegesetzgebung.

Basierend auf den verschiedenen gesetzlichen und behördlichen Vorgaben und Anforderungen werden:

- die nukleare Sicherheit und der Strahlenschutz während des Betriebs,
- die Sicherheit bezüglich konventioneller Störfälle während des Betriebs und
- der Schutz des Grundwassers in der Bau- und Betriebsphase

für die Oberflächenanlage qualitativ analysiert.

Die Analyse zeigt, welche grundsätzlichen Anforderungen an die Auslegung der Oberflächenanlage, an die Betriebsabläufe und an die für die Einlagerung vorgesehenen Abfälle umgesetzt werden müssen, um die Sicherheit und den Schutz des Grundwassers zu gewährleisten. Weiter wird der Einfluss standortspezifischer Merkmale und Faktoren auf die Sicherheit der Oberflächenanlage und auf eine mögliche Gefährdung des Grundwassers aufgezeigt.

Zusammenfassend kommt der Bericht zum Schluss, dass der sichere Bau und Betrieb der Oberflächenanlage bei geeigneter Standortwahl sowie geeigneter Auslegung der Anlage und der Betriebsabläufe gewährleistet werden kann, und dass eine Oberflächenanlage auch im Gewässerschutzbereich A_u keine besondere Gefährdung für das Grundwasser darstellt. Die Oberflächenanlage wird somit aus Sicht der Sicherheit und des Schutzes des Grundwassers als bewilligungsfähig eingeschätzt.

Summary

This report explains how the protection of man and the environment can be assured for the surface facility of a deep geological repository. The report is intended primarily for the federal authorities, but also provides important information for the siting Cantons and siting regions. Nagra has also prepared an easily understandable brochure on the topic for the general public.

The report was prepared at the request of the Swiss Federal Office of Energy (SFOE), with the aim of allowing the responsible federal authorities to evaluate, in a general manner, the aspects of safety and groundwater protection during the construction and operation of the surface facility of a geological repository, and the ability of the facility to fulfill the licensing requirements. The information is based on preliminary design concepts. The report presents the main features of a surface facility (design, activities), taking into account the waste to be emplaced in the repository and the potential conditions at the site. It is not a formal safety report for a facility at a real site within the context of licencing procedures as specified in the nuclear energy legislation.

In line with the different legal and regulatory requirements, the following aspects are the subject of a qualitative analysis for the surface facility:

- Nuclear safety and radiological protection during operation
- Safety with respect to conventional (non-nuclear) accidents during operation and
- Protection of the groundwater during the construction and operational phases.

The analysis highlights the fundamental requirements relating to the design of the surface facility, the operating procedures and the waste to be emplaced that have to be implemented in order to ensure the safety and protection of the groundwater. The influence of site-specific features and factors on the safety of the surface facility and on a possible impact on groundwater is also considered.

To summarise, the report reaches the conclusion that the surface facility can be constructed and operated safely, provided the site selected, the design of the facility and the operating procedures are appropriate. It also concludes that, even if the surface facility is located in an A_u groundwater protection zone, it will not present any particular hazard to the groundwater. The surface facility is therefore considered to fulfill the licensing requirements with regard to safety and groundwater protection.

Résumé

Le présent rapport montre comment la protection de l'homme et de l'environnement peut être assurée dans le contexte d'une installation de surface pour un dépôt en couches géologiques profondes. Ce document s'adresse principalement aux autorités fédérales, mais constitue également une source d'information pour les cantons et régions d'implantation. En complément, la Nagra met une brochure d'un abord plus facile à la disposition du grand public.

Ce rapport a été compilé à la demande de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). Il doit permettre aux autorités fédérales compétentes d'évaluer globalement la sûreté et la protection des eaux souterraines lors de la construction et l'exploitation d'une installation de surface pour un dépôt en profondeur, ainsi que la conformité d'une telle installation aux exigences de la procédure d'autorisation. Les données sont basées sur des études préliminaires. Le rapport vise à présenter les principales caractéristiques d'une installation de surface (dimensionnement des ouvrages, activités), en tenant compte des déchets à stocker et des conditions locales envisageables – il ne constitue pas un document officiel évaluant la sûreté d'une installation localisée sur un site réel dans le cadre des procédures d'autorisation selon la législation sur l'énergie nucléaire.

Sur la base des conditions cadres définies par la loi et les autorités, les aspects suivants ont fait l'objet d'une analyse qualitative pour l'installation de surface:

- la sûreté nucléaire et la radioprotection pendant l'exploitation,
- la sûreté au regard des incidents non nucléaires en cours d'exploitation et
- la protection des eaux souterraines durant les phases de construction et d'exploitation.

L'analyse montre quels critères doivent être appliqués au dimensionnement de l'installation de surface, aux opérations et aux déchets à stocker de façon à garantir la sûreté et la protection des eaux souterraines. En outre, elle souligne l'influence que les caractéristiques et facteurs propres aux sites particuliers peuvent avoir sur la sûreté de l'installation de surface et sur la possibilité d'une pollution des eaux souterraines.

En résumé, le rapport conclut qu'il est possible de construire et d'exploiter une installation de surface de manière sûre, pour autant que le site choisi, le dimensionnement des ouvrages et les processus opérationnels soient appropriés. Il établit par ailleurs qu'une installation de surface, même située dans un secteur A_u de protection des eaux, ne présente pas de danger particulier pour les eaux souterraines. En conséquence, on considère que, du point de vue de la sûreté comme de la protection des eaux souterraines, l'installation de surface remplit les exigences requises dans le cadre de la procédure d'autorisation.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	I
Summary	II
Résumé	III
Inhaltsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
Figurenverzeichnis	VIII
Verzeichnis wichtiger Abkürzungen.....	IX
1 Zweck und Aufbau des Berichts.....	1
2 Einführung, Überblick und zukünftige schrittweise Konkretisierung des Projekts.....	3
3 Beschreibung der Oberflächenanlage und der Betriebsabläufe in der Oberflächenanlage.....	7
3.1 Einführung.....	7
3.2 Überblick und Beschreibung der Oberflächenanlage	7
3.3 Handhabung der angelieferten radioaktiven Abfälle	19
3.4 Umgang mit den im geologischen Tiefenlager anfallenden radioaktiven Betriebsabfällen	23
3.5 Lagerung und Vorbereitung der Produktionsmittel	24
3.6 Hilfsanlagen und verwendete Betriebsmittel.....	25
3.7 Stilllegung und Rückbau der Oberflächenanlage	26
3.8 Fazit	27
4 Nukleare Sicherheit und Strahlenschutz während dem Betrieb der Oberflächenanlage.....	29
4.1 Vorgehen im Hinblick auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz	29
4.1.1 Gesetzliche und behördliche Vorgaben	29
4.1.2 Vorgehen bezüglich nuklearer Sicherheit und Strahlenschutz	29
4.1.3 Vorgaben und Vorgehen – Zusammenfassung.....	33
4.2 Sicherheit und Strahlenschutz im Normalbetrieb	33
4.3 Sicherheit bei nuklearen Störfällen.....	36
4.4 Fazit	44
5 Schutz bezüglich konventioneller Störfälle während dem Betrieb der Oberflächenanlage.....	47
5.1 Vorgehen im Hinblick auf konventionelle Störfälle.....	47
5.1.1 Gesetzliche und behördliche Vorgaben	47

5.1.2	Beurteilung der Stoffe, Zubereitungen und Abfälle innerhalb der Oberflächenanlage	48
5.1.3	Vorgehen zur Ermittlung der Mengenschwellen	48
5.2	Beurteilung der in der Oberflächenanlage vorhandenen bzw. verwendeten Stoffe	49
5.2.1	Produktions- und Betriebsmittel und ihre Eigenschaften	49
5.2.2	Transportbehälter und Abschirmungen in der Anlage und ihre Eigenschaften	50
5.2.3	Radioaktive Abfälle und ihre Eigenschaften	50
5.3	Massnahmen zur Vermeidung bzw. zur Beherrschung von Störfällen.....	51
5.4	Fazit	51
6	Schutz des Grundwassers beim Bau der Anlage und bezüglich Bauten im Bereich des Grundwassers.....	53
6.1	Vorgehen im Hinblick auf eine Beurteilung der potenziellen Gefährdung des Grundwassers durch Bauten und während der Bauphase	53
6.1.1	Einleitung.....	53
6.1.2	Anlagenelemente und Grundwassersituationen (Typen)	54
6.1.3	Vorgehen bei der Beurteilung des Schutzes des Grundwassers	58
6.1.4	Verwendete Referenztabellen	58
6.2	Beurteilung der potenziellen Gefährdung des Grundwassers durch Bauten und während der Bauphase	59
6.3	Fazit	63
7	Schutz des Grundwassers vor wassergefährdenden Flüssigkeiten während dem Betrieb der Oberflächenanlage	67
7.1	Vorgehen im Hinblick auf eine mögliche Gefährdung des Grundwassers während dem Betrieb	67
7.2	Beurteilung der in der Oberflächenanlage vorhandenen Flüssigkeiten	68
7.2.1	Übersicht.....	68
7.2.2	Treibstoffe (Benzin und Diesel)	69
7.2.3	Heizöl.....	70
7.2.4	Hydrauliköl, Schmierstoffe und sonstige Öle.....	70
7.2.5	Bergwasser.....	70
7.3	Massnahmen zum Schutz des Grundwassers vor unplanmässig austretenden wassergefährdenden Flüssigkeiten	71
7.4	Fazit	72
8	Schlussfolgerungen	75
9	Referenzverzeichnis.....	79
Anhang A	Grundlagentabellen	A-1
A.1	Informationen zu den radioaktiven Abfällen	A-1
A.2	Informationen zu den Transporten in der Betriebsphase	A-7
A.3	Informationen zur Bergwasserzusammensetzung	A-9

A.4	Informationen zu den Produktions- und Betriebsmitteln sowie den Transportbehältern.....	A-10
A.5	Informationen zur stufengerechten Konkretisierung der Projekte im Rahmen der verschiedenen Bewilligungsschritte nach Kernenergiegesetzgebung	A-13

Tabellenverzeichnis

Tab. 5-1:	Stoffe in den Produktions- und Betriebsmitteln in der Oberflächenanlage, die nach heutigem Planungsstand bei maximal erwarteter Lagermenge die entsprechende Mengenschwelle überschreiten (Gesamtliste s. Tab. A4-1).....	49
Tab. 6-1:	Bedeutung der potenziellen Gefährdungen für die verschiedenen Grundwassersituationen.....	61
Tab. 6-2:	Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit für die verschiedenen Grundwassersituationen.....	62
Tab. A1-1:	Gesamtzahl der angelieferten Abfallbinde und Brennelemente (BE, HAA, LMA und SMA) gemäss MIRAM (Stand 2012), inklusive Angabe des Gebindetyps sowie der Art der Fixierung bzw. des Einschlusses der radioaktiven Stoffe.	A-1
Tab. A1-2:	Anzahl und Volumen der einzulagernden Endlagerbehälter (BE, HAA, LMA und SMA) gemäss MIRAM (Stand 2012).....	A-2
Tab. A1-3:	Stoffe in den angelieferten radioaktiven Abfällen gemäss MIRAM (Stand 2012).	A-3
Tab. A2-1:	Transportgut und Anzahl Transporte zur HAA-Oberflächenanlage (Richtwerte).	A-7
Tab. A2-2:	Transportgut und Anzahl Transporte zur SMA-Oberflächenanlage (Richtwerte).	A-8
Tab. A3-1:	Modellhafte Zusammensetzung von Bergwasser.	A-9
Tab. A4-1:	Produktions- und Betriebsmittel in der Oberflächenanlage eines Kombilagers und Mengenschwellen gemäss StFV sowie deren Beurteilung als wassergefährdende Flüssigkeiten.	A-10
Tab. A4-2:	Zusammensetzung von Transportbehältern für BE bzw. HAA.	A-13

Figurenverzeichnis

Fig. 3-1a:	Ablaufschema zur Verpackung und Einlagerung der SMA bzw. LMA.....	8
Fig. 3-1b:	Ablaufschema zur Verpackung und Einlagerung der BE.....	9
Fig. 3-2a:	Funktionsbereiche und Materialflüsse in der Oberflächenanlage für das SMA-Lager.....	10
Fig. 3-2b:	Funktionsbereiche und Materialflüsse in der Oberflächenanlage für ein Kombilager.....	11
Fig. 3-3a:	Schematische Darstellung der Module der Oberflächenanlage für das SMA-Lager.....	17
Fig. 3-3b:	Schematische Darstellung der Module der Oberflächenanlage für das HAA- bzw. das Kombilager.....	18
Fig. 3-4:	Schematische Darstellung des Umlads der SMA bzw. LMA aus externen Transportbehälter in Endlagerbehälter in der Umladezelle.....	21
Fig. 3-5:	Schematische Darstellung des Umlads der BE aus externen Transportbehälter in Endlagerbehälter in der Umladezelle und Verschiebung eines Endlagerbehälters zur Schweissstation in der Verpackungsanlage.....	22
Fig. 6-1:	Grundwassersituation Typ A – Bauwerk im übrigen Bereich (üB).....	56
Fig. 6-2:	Grundwassersituation Typ B – Bauwerk im Gewässerschutzbereich A_u über dem nutzbaren Grundwasser mit grossem Flurabstand; alle Bauwerksteile liegen deutlich über dem höchstmöglichen Grundwasserspiegel.....	56
Fig. 6-3:	Grundwassersituation Typ C – Bauwerk im Gewässerschutzbereich A_u über dem nutzbaren Grundwasser mit kleinem Flurabstand mit permanenten Bauwerksteilen unter dem mittleren Grundwasserspiegel, ohne mehr als 10 % der Durchflusskapazität des nutzbaren Grundwassers zu beanspruchen.....	57
Fig. 6-4:	Grundwassersituation Typ D – Bauwerk im Gewässerschutzbereich A_u über dem nutzbaren Grundwasser mit einem Baugrund mit schlechter Tragfähigkeit.....	57
Fig. 6-5:	Grundwassersituation Typ E – Oberflächennaher Zugangstunnel durchquert nutzbares Grundwasser im Gewässerschutzbereich A_u , ohne mehr als 10 % der Durchflusskapazität des nutzbaren Grundwassers zu beanspruchen.....	58

Verzeichnis wichtiger Abkürzungen

Abkürzung	Erklärung
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse)
ALARA	the likelihood of incurring exposures, the number of people exposed, and the magnitude of their individual doses should be kept <i>as low as reasonably achievable</i> , economic and social factors being taken into account. (ICRP 2007); englischer Ausdruck für den beim Strahlenschutz gebräuchlichen Optimierungsansatz (<i>so tief wie vernünftig machbar</i>)
ATA	Alpha-toxische Abfälle (Definition: vgl. Art. 51 KEV)
A _u	Gewässerschutzbereich A _u
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BE	Abgebrannte Brennelemente
BFE	Bundesamt für Energie
BGF	Bundesgesetz über die Fischerei
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (heute: BAFU)
ECHA	European Chemicals Agency (Europäische Chemikalienagentur)
ELB	Endlagerbehälter
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
ENSREG	European Nuclear Safety Regulators Group
ESG	Erschliessung
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals
GSchG	Gewässerschutzgesetz
GSchV	Gewässerschutzverordnung
HAA	Hochaktive Abfälle; umfassen gemäss Art. 51 KEV die abgebrannten Brennelemente und die verglasten hochaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung; in vorliegendem Bericht wird HAA verwendet für die verglasten hochaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung
HAA-Lager	Geologisches Tiefenlager für die abgebrannten Brennelemente (BE), hochaktiven Abfälle (HAA) und langlebigen mittelaktiven Abfälle (LMA)
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (heute ENSI)
INST	Bauinstallationen
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
MIF-Abfälle	Radioaktive Abfälle aus dem Bereich Medizin, Industrie und Forschung

Abkürzung	Erklärung
MIRAM	Modellhaftes Inventar der radioaktiven Materialien
LMA	Langlebige mittelaktive Abfälle (werden im HAA-Lager entsorgt)
LVA	Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen
ODL	Oberflächendosisleistung
OFA	Oberflächenanlage
oZT	Oberflächennaher Zugangstunnel
SDR	Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle
SMA-Lager	Geologisches Tiefenlager für die schwach- und mittelaktiven Abfälle
StfV	Störfallverordnung
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
TB	Transportbehälter bzw. Transport- und Lagerbehälter (falls der Transportbehälter auch bei der Zwischenlagerung eingesetzt wird)
üB	übriger Bereich (ausserhalb des Gewässerschutzbereichs A _u)
USV	Unterbrechungslose Stromversorgung
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VWF	Wassergefährdende Flüssigkeiten
Zwilag	Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG

1 Zweck und Aufbau des Berichts

Der Bericht hat das Ziel aufzuzeigen, wie bei einer Oberflächenanlage für ein geologisches Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA-Lager) und für ein Lager für hochaktive Abfälle (HAA-Lager) oder für ein Kombilager der Schutz von Mensch und Umwelt sichergestellt werden kann. Der Bericht wurde entsprechend einem Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE) erstellt (BFE 2012a, b)¹. Er soll es den zuständigen Bundesbehörden ermöglichen, für die Oberflächenanlage zu beurteilen, ob für diesen Typ von Anlage² die Sicherheit und der Schutz des Grundwassers beim Bau und Betrieb gewährleistet werden kann, und ob dieser Anlagentyp grundsätzlich bewilligungsfähig ist. Der Bericht dient auch zur Information der Standortkantone und der Standortregionen. Für die Öffentlichkeit steht zusätzlich eine leichter verständliche Broschüre der Nagra zur Verfügung.

Mit dem Bericht soll ein Beitrag zur Beurteilung der Auswirkungen einer Oberflächenanlage im Hinblick auf die Wahl der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager geleistet werden. Die Angaben zur Oberflächenanlage basieren auf modellhaften Vorstudien eines solchen Anlagentyps. Sie sind nicht zu verwechseln mit den formellen Unterlagen gemäss Kernenergiegesetzgebung für die Bewilligungsverfahren einer Anlage an einem konkreten Standort, wie sie zu einem späteren Zeitpunkt notwendig sind. Der vorliegende Bericht erlaubt es aber, sich frühzeitig ein Bild zu machen zur Sicherheit der Oberflächenanlage und zum Schutz des Grundwassers.

Gemäss Auftrag des BFE soll mittels qualitativer und abdeckender Sicherheitsbetrachtungen ohne direkten Bezug auf konkrete Standortareale stufengerecht auch aufgezeigt werden, wie die Oberflächenanlage ausgelegt werden muss, um die Anforderungen bezüglich nuklearer Betriebssicherheit, Strahlenschutz und Schutz des Grundwassers zu erfüllen, und welche Aspekte dabei zu beachten sind. Dazu ist auch aufzuzeigen, welche Elemente³ in der Umgebung der Oberflächenanlage für die Sicherheit und den Schutz des Grundwassers von Bedeutung sind. Im Bericht werden die Faktoren bezeichnet, die für die Sicherheit und den Schutz des Grundwassers besonders wichtig sind. Dazu wird eine modellhafte Auslegung der Oberflächenanlage verwendet, und bezüglich Grundwasser werden für den Einfluss der Bauten und der Bauphase typische Situationen analysiert.

¹ Im Laufe der Erarbeitung des Berichts hat das BFE mit den Standortkantonen (Fachkoordination Standortkantone) den Auftrag dahingehend präzisiert, dass der Schwerpunkt des Berichts auf die Bewilligungsfähigkeit der Oberflächenanlage aus Sicht der nuklearen und konventionellen Sicherheit sowie des Schutzes des Grundwassers zu legen ist.

² Der Typ der Anlage (grundsätzlich notwendige Art der Gebäude und der technischen Einrichtungen der Oberflächenanlage) und die darin durchzuführenden Tätigkeiten leiten sich aus den funktionalen Anforderungen an die Oberflächenanlage ab, unter Berücksichtigung der Art der einzulagernden Abfälle.

³ Gemäss BFE sind die Elemente in der Umgebung der Oberflächenanlage anzugeben, welche für eine standortspezifische Betrachtung relevant sein können, wie z. B. Bauten, Bahnlinien, Leitungen, Grundwasser, etc..

Entsprechend den zu betrachtenden Themen ist der Bericht wie folgt gegliedert: Nach Darstellung des Zwecks und Aufbaus des Berichts (Kap. 1) und einer Einführung (Kap. 2) werden in Kap. 3 die Oberflächenanlage und die Betriebsabläufe in der Oberflächenanlage beschrieben, ohne schon auf detailliertere Aspekte der Sicherheit und des Schutzes des Grundwassers einzugehen. In den folgenden Kapiteln wird die Oberflächenanlage spezifisch zuerst bezüglich nuklearer Betriebssicherheit und Strahlenschutz betrachtet (Kap. 4), dann bezüglich konventioneller Störfälle (Kap. 5) und schliesslich bezüglich Schutz des Grundwassers (Kap. 6: Bauphase und Bauwerke, Kap. 7: Betriebsphase). In Kap. 4 bis 7 wird jeweils am Anfang das Vorgehen erläutert und am Schluss ein Fazit gezogen. Kap. 8 fasst die Schlussfolgerungen zusammen. Ergänzende Informationen sind in Anhang A aufgeführt.

2 Einführung, Überblick und zukünftige schrittweise Konkretisierung des Projekts

Für die Entsorgung der in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle sind zwei geologische Tiefenlager vorgesehen, das Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA-Lager) und das Lager für hochaktive Abfälle (HAA-Lager⁴); es besteht auch die Option, beide Lager am gleichen Standort zu errichten (sogenanntes Kombilager).

Die zu entsorgenden radioaktiven Abfälle fallen bei der Nutzung der Kernenergie und bei der Verwendung radioaktiver Materialien in Medizin, Industrie und Forschung (MIF) an. In diesem Bericht wird von den Abfällen aus den heute in Betrieb stehenden Kernkraftwerken sowie von den MIF-Abfällen für eine Sammelperiode bis 2050 ausgegangen⁵. Informationen zu den zu entsorgenden Abfällen finden sich in Anhang A.1 (tabellarische Zusammenstellungen zu den angelieferten Abfällen (Tab. A1-1), zu den mit Abfällen beladenen Endlagerbehältern (Tab. A1-2) sowie zu den Stoffen in den Abfällen (Tab. A1-3)). Unterlagen zu den Eigenschaften typischer Abfallgebinde bzw. zu abgebrannten Brennelementen sind in Nagra (2008b) enthalten.

Die Standorte für die geologischen Tiefenlager werden im Rahmen des laufenden "Sachplans geologische Tiefenlager" (SGT; BFE 2008) festgelegt. Nachdem in Etappe 1 sechs geologische Standortgebiete für das SMA-Lager und drei Standortgebiete für das HAA-Lager vorgeschlagen und vom Bundesrat genehmigt wurden, werden in Etappe 2 in Zusammenarbeit mit den Standortregionen und den Standortkantonen für jedes der Standortgebiete mögliche Standortareale für die Oberflächenanlage bestimmt. Dazu hat die Nagra im Dezember 2011 Vorschläge für mögliche Standortareale für die Oberflächenanlage eingereicht (Nagra 2011a und b), die im Januar 2012 vom BFE veröffentlicht wurden. Weiter werden in Etappe 2 die geologischen Standortgebiete sicherheitstechnisch verglichen und auf mindestens je zwei Standortgebiete pro Lagertyp eingengt.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit den betroffenen Regionen und Kantonen in SGT Etappe 2 wird auch die Sicherheit der Oberflächenanlage diskutiert, und es wird dabei auch die Frage gestellt, ob eine Oberflächenanlage das Grundwasser gefährden kann, und ob eine Oberflächenanlage auch im Gewässerschutzbereich A_u grundsätzlich bewilligungsfähig ist. Der vorliegende Bericht soll einen Beitrag zur Beantwortung dieser Sachfragen liefern.

Ein geologisches Tiefenlager besteht aus der Oberflächenanlage, den Zugangsbauwerken nach Untertag (Schächte, evtl. Rampe) und, auf Lagerebene im Wirtgestein, aus den Lagerfeldern mit den Lagerkammern für die radioaktiven Abfälle. Gemäss Auftrag des BFE beschränkt sich der vorliegende Bericht auf die nukleare und konventionelle Sicherheit der Oberflächenanlage während des Betriebs sowie auf mögliche Auswirkungen der Oberflächenanlage auf das Grundwasser im Bereich des Standortareals auch während dem Bau des geologischen Tiefenlagers. Der Bericht soll sich auf die Darstellung der Gewährleistung der Sicherheit und den Schutz des Grundwassers beschränken und die Grundlagen zur Beurteilung der grundsätzlichen Bewilligungsfähigkeit der Oberflächenanlage (Einhaltung der gesetzlichen und

⁴ Im HAA-Lager werden die abgebrannten Brennelemente (BE), die verglasten hochaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (HAA) und die langlebigen mittelaktiven Abfälle (LMA) entsorgt; im SMA-Lager die schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA).

⁵ Für die hier gemachten Sicherheitsbetrachtungen sind die maximal in der Oberflächenanlage vorhandenen Stoffe massgebend; das Gesamtinventar ist von untergeordneter Bedeutung. Bei der Beurteilung der geologischen Standortgebiete in SGT Etappe 2 wird bezüglich Gesamtinventar wie in SGT Etappe 1 für den Platzbedarf von einem umhüllenden Inventar ausgegangen, welches erhebliche Reserven enthält.

behördlichen Vorgaben) liefern. Die Optimierung bei der in Sachplan Etappe 2 zu erfolgenden Wahl der Standortareale und die diesbezüglichen Überlegungen zur Abwägung zwischen den verschiedenen Anforderungen sollen in diesem Bericht nicht angesprochen werden; diese Optimierung und Abwägung sind dem Verfahren der Evaluation der verschiedenen Potenzialräume vorbehalten.

Für die Begründung des Vorschlags von mindestens je zwei Standortgebieten pro Lagertyp durch die Nagra in SGT Etappe 2 werden weitere Berichte zur Sicherheit erstellt: Die Sicherheit von Bau und Betrieb des Zugangs nach Untertag wird entsprechend den Vorgaben des ENSI (ENSI 2013) in einem separaten Bericht behandelt. Ein Bericht zur Langzeitsicherheit der verschiedenen geologischen Standortgebiete schafft Grundlagen für den sicherheitstechnischen Vergleich. Schliesslich ist für die vorgeschlagenen Standortgebiete als Vorbereitung des späteren Rahmenbewilligungsverfahrens die UVP-Voruntersuchung durchzuführen und das Pflichtheft für die UVP-Hauptuntersuchung (1. Stufe) in SGT Etappe 3 zu definieren.

Die Angaben im vorliegenden Bericht entsprechen dem Projektstand "Vorstudie" und haben modellhaften Charakter⁶. Die hier beschriebene Oberflächenanlage (inkl. technische Einrichtungen und Betriebsabläufe) verwendet vorhandene und erprobte Technologie, die in den Kernkraftwerken, dem Zwiilag, in Forschungsanlagen und in diversen Kernanlagen im Ausland routinemässig verwendet werden. Die Anlagenauslegung wird für die verschiedenen Bewilligungsschritte (Rahmenbewilligungsgesuche, nukleare Baubewilligungsgesuche, nukleare Betriebsbewilligungsgesuche) stufengerecht konkretisiert und bei Bedarf auch modifiziert. Die Projektunterlagen werden im Rahmen der weiteren Bewilligungsverfahren stufengerecht durch die zuständigen Behörden beurteilt.

Die zukünftige stufenweise Konkretisierung der Projektunterlagen berücksichtigt die Vorgaben in der Kernenergiegesetzgebung. Die Anforderungen an ein Rahmenbewilligungsgesuch sind in Art. 14 KEG, Art. 23 und Art. 62 KEV festgelegt; diejenigen an die nachfolgenden Bewilligungen in Anh. 4 KEV. Ergänzende Informationen zu den Anforderungen an die Projektunterlagen finden sich in Anhang A.5. Weiter geben die für die verschiedenen Kernanlagen vorhandenen Gesuche und Gutachten Hinweise zur Praxis bezüglich der bei der Konkretisierung der Projektunterlagen zu behandelnden Themen sowie dem dazu gehörenden Detaillierungsgrad.

Für die Stufe Rahmenbewilligung – die nächste Stufe der Konkretisierung des Projekts – zeigen die Gesuche und die zugehörigen ENSI-Gutachten für die Ersatz Kernkraftwerke⁷, dass die Gesuchsunterlagen zur Auslegung der Anlage auf Stufe Rahmenbewilligung den Charakter von Absichtsbekundungen haben, in denen grob skizziert wird, wie die im Bau- und im Betriebsbewilligungsverfahren zu beachtenden Vorgaben eingehalten werden sollen. Auf Stufe Rahmenbewilligung stehen grundsätzliche, die Standorteignung betreffende Fragen im Vordergrund (z. B. Geologie, Seismik oder Meteorologie). Aus den Standorteigenschaften lässt sich die Gefährdung der geplanten Anlage durch Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage (z. B. Erdbeben oder Überflutung) und die später erforderliche Auslegung der Anlage gegen diese Gefährdungen ableiten. Von der zu projektierenden Anlage sind auf Stufe Rahmenbewilligung nur die Grundzüge darzulegen; die konkrete Anlagenauslegung ist in den späteren Bewilligungsverfahren darzulegen und zu beurteilen. Diejenigen Absichtsbekundungen, welche für die Fortführung des Projekts von wesentlicher Bedeutung sind, werden auf ihre Plausibilität und

⁶ Dementsprechend werden gewisse in diesem Bericht gemachte Aussagen relativiert, indem sie mit Begriffen "gemäss heutigem Planungsstand", "es wird erwartet", "es wird davon ausgegangen", etc. qualifiziert werden. Die Präzisierung dieser Aussagen erfolgt später stufengerecht für die zukünftigen Bewilligungsschritte.

⁷ Vergleiche dazu z. B. die Unterlagen zu EKKB (Sicherheitsbericht EKKB (EKKB AG 2008) und ENSI-Gutachten (ENSI 2010b)).

prinzipielle Vereinbarkeit mit den zu beachtenden gesetzlichen und behördlichen Vorgaben geprüft. Dabei wird aber deutlich gemacht, dass eine abschliessende Beurteilung erst in den nachfolgenden Bewilligungsverfahren auf Grundlage der vom Gesuchsteller einzureichenden Detailunterlagen erfolgen wird. In den nachfolgenden Bewilligungsschritten (nukleare Baubewilligungs- bzw. Betriebsbewilligungsverfahren), verlagert sich dann der Fokus auf anlage-spezifische Aspekte.

3 Beschreibung der Oberflächenanlage und der Betriebsabläufe in der Oberflächenanlage

3.1 Einführung

In diesem Kapitel werden die Oberflächenanlage und die Betriebsabläufe in der Oberflächenanlage beschrieben. Diese Beschreibung bildet die Basis, um in den nachfolgenden Kapiteln die nukleare und konventionelle Betriebssicherheit der Oberflächenanlage sowie den Schutz des Grundwassers aufzuzeigen. Dies geschieht in Kap. 4, 5, 6 und 7, wo auch die diesbezüglich wichtigen Faktoren und Massnahmen diskutiert werden. Dies betrifft:

- die geeignete Wahl des Standortareals
- die geeignete Auslegung der Oberflächenanlage (Bauwerke und technische Einrichtungen)
- geeignete Bau- und Betriebsabläufe, inkl. Überwachung sowie organisatorische und administrative Massnahmen
- geeignete Eigenschaften der einzulagernden Abfälle, sichergestellt durch entsprechende Annahmebedingungen

Kap. 3.2 beginnt mit einer Darstellung des Ablaufs der Verpackung der Abfälle in der Oberflächenanlage und der Einlagerung der verpackten Abfälle in die Lagerkammern Untertag. Anschliessend folgt die detailliertere Beschreibung der Oberflächenanlage. Hierzu wird die Anlage in Funktionsbereiche eingeteilt, und die zugehörigen Anlagenmodule werden beschrieben. Kap. 3.2 enthält neben schematischen Darstellungen zur Verbesserung der Verständlichkeit des übergeordneten Betriebsablaufs auch eine vereinfachte beispielhafte Anordnung der Module.

In den anschliessenden Teilen des Kap. 3 erfolgt die funktionsbezogene Beschreibung des Betriebs: Der Betriebsablauf "Handhabung der angelieferten radioaktiven Abfälle" (Kap. 3.3) umfasst die Entgegennahme der angelieferten radioaktiven Abfälle, ihre Verpackung in Endlagerbehälter sowie die Bereitstellung der Endlagerbehälter für ihren Transport nach Untertag. Der "Umgang mit den im geologischen Tiefenlager anfallenden radioaktiven Betriebsabfällen" wird in Kap. 3.4 behandelt. Die Beschreibung des Betriebsablaufs "Lagerung und Vorbereitung der Produktionsmittel" in Kap. 3.5 zeigt auf, wie mit den Produktionsmitteln (Endlagerbehälter sowie die für die Verfüllung und Versiegelung notwendigen Materialien) umgegangen wird. Die "Beschreibung der Hilfsanlagen und der verwendeten Betriebsmittel" (Kap. 3.6) zeigt, welche weiteren Anlagen für den Betrieb notwendig sind, und welche Betriebsmittel verwendet werden. In Kap. 3.7 wird auf die Stilllegung und den Rückbau der Anlage eingegangen, und Kap. 3.8 enthält ein Fazit.

3.2 Überblick und Beschreibung der Oberflächenanlage

Verpackung und Einlagerung der angelieferten radioaktiven Abfälle

Die Oberflächenanlage bildet den Hauptzugang zum geologischen Tiefenlager⁸. In der Oberflächenanlage werden die radioaktiven Abfälle angeliefert und für die Einlagerung in den Lagerkammern des Tiefenlagers in Endlagerbehälter verpackt. Ebenso werden hier die leeren End-

⁸ Neben dem von der Oberflächenanlage ausgehenden Zugang nach Untertag wird es einen weiteren Erschliessungspunkt an der Oberfläche geben, von wo aus weitere Zugänge nach Untertag (voraussichtlich Schächte, je nach Standortbedingungen; in der Regel an einem vom Standortareal verschiedenen Standort) bestehen. Diese werden z. B. für die Lüftung sowie als unabhängiger Personenzugang verwendet und beim HAA-Lager auch als Zugang für den Bau zusätzlicher Lagerstollen während dem Betrieb genutzt.

lagerbehälter sowie die Verfüll- und Versiegelungsmaterialien entgegengenommen. Von der Oberflächenanlage werden die in Endlagerbehälter verpackten radioaktiven Abfälle in einem internen Transportbehälter über einen Zugangstunnel oder einen Zugangsschacht nach Untertag transportiert und dort in die Lagerkammern eingelagert. Auch das für die Verfüllung und den Verschluss der Lagerkammern notwendige Material wird in der Oberflächenanlage vorbereitet und von dort nach Untertag transportiert. Fig. 3-1 zeigt als vereinfachtes Schema den Ablauf der Verpackung und der Einlagerung für SMA bzw. LMA (Fig. 3-1a) bzw. für BE (Fig. 3-1b).

Die wesentlichen Handhabungsschritte in der Oberflächenanlage umfassen die Anlieferung der Abfälle in externen Transportbehältern⁹, das Verpacken der Abfälle¹⁰ in Endlagerbehälter und die Bereitstellung der Endlagerbehälter in internen Transportbehältern für den Transport nach Untertag. Der Transport nach Untertag, das Ausladen der Endlagerbehälter aus den internen Transportbehältern, deren Einlagerung in die Lagerkammern und der Verschluss sind nicht Thema dieses Berichts.

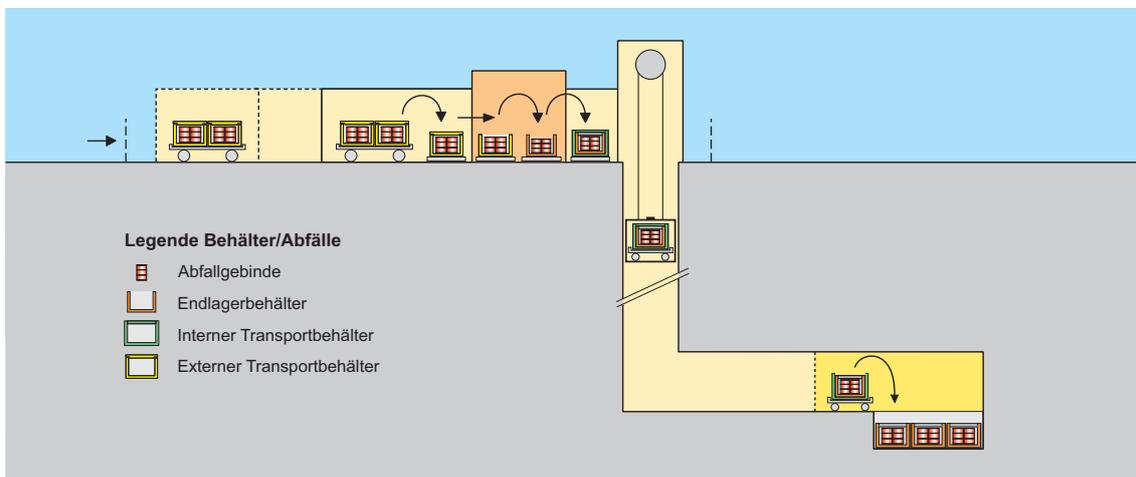


Fig. 3-1a: Ablaufschema zur Verpackung und Einlagerung der SMA bzw. LMA.

Der Zugang nach Untertag mit Schacht ist beispielhaft; ein Zugang mit Zugangstunnel ist auch möglich.

⁹ Falls der Transportbehälter für BE/HAA auch bei der Zwischenlagerung als Lagerbehälter eingesetzt wird, spricht man von Transport- und Lagerbehälter (TLB). In diesem Bericht wird der Einfachheit halber auch für diese Behälter der Begriff Transportbehälter (TB) verwendet.

¹⁰ Die Verpackung umfasst das Umladen der Abfälle aus den externen Transportbehältern in die Endlagerbehälter sowie den Verschluss der Endlagerbehälter durch Verschweissen (BE und HAA) bzw. durch Vermörtelung (SMA und LMA). Der wichtigste Handhabungsschritt bzgl. der Abfälle selbst stellt das Umladen dar; deshalb wird vereinfachend häufig nur vom Umladen gesprochen.

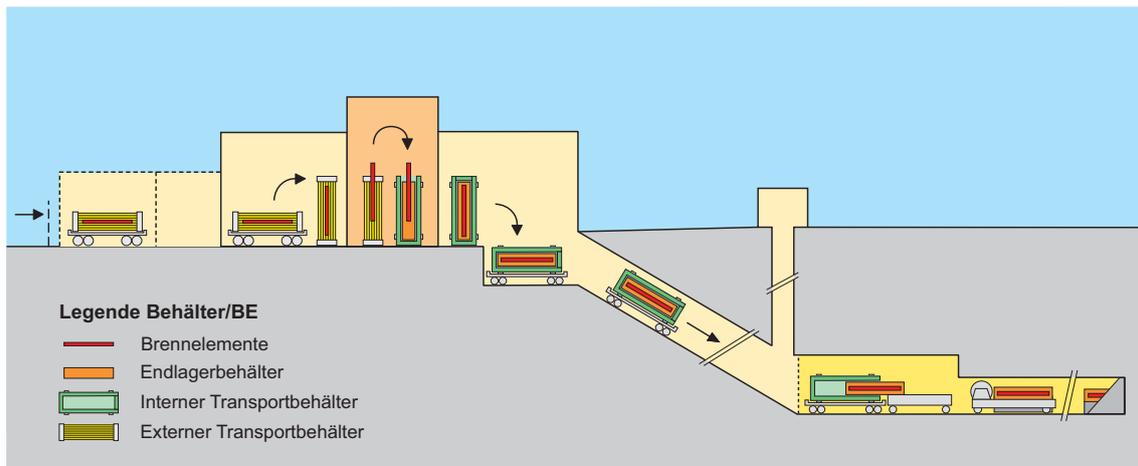


Fig. 3-1b: Ablaufschema zur Verpackung und Einlagerung der BE.

Der Zugang nach Untertag mit Zugangstunnel ist beispielhaft; ein Zugang mit Schacht ist auch möglich.

Die Verpackung und die Einlagerung der HAA erfolgt in analoger Weise.

Funktionsbereiche und Anlagenmodule der Oberflächenanlage

Zur Erläuterung der Funktion der Oberflächenanlage ist es zweckmässig, die Oberflächenanlage in Funktionsbereiche mit gleichartiger Zielsetzung zu gliedern, zwischen denen Materialflüsse stattfinden. Es sind dies die Funktionsbereiche "Annahme", "Produktion" und "Auslieferung". Zur Unterstützung werden auch die Funktionsbereiche "Service" und "Administrative Aktivitäten" benötigt.

Die Funktionsbereiche und die Materialflüsse in der Oberflächenanlage sind in Fig. 3-2a und b dargestellt. Diese Figuren geben keine direkten Hinweise auf die bauliche Gestaltung der Anlage (z. B. welche Funktion in welchem Anlagenmodul untergebracht ist) und auf ihre grundsätzliche räumliche Anordnung; die räumliche Anordnung (Schema) kann Fig. 3-3a und b entnommen werden.

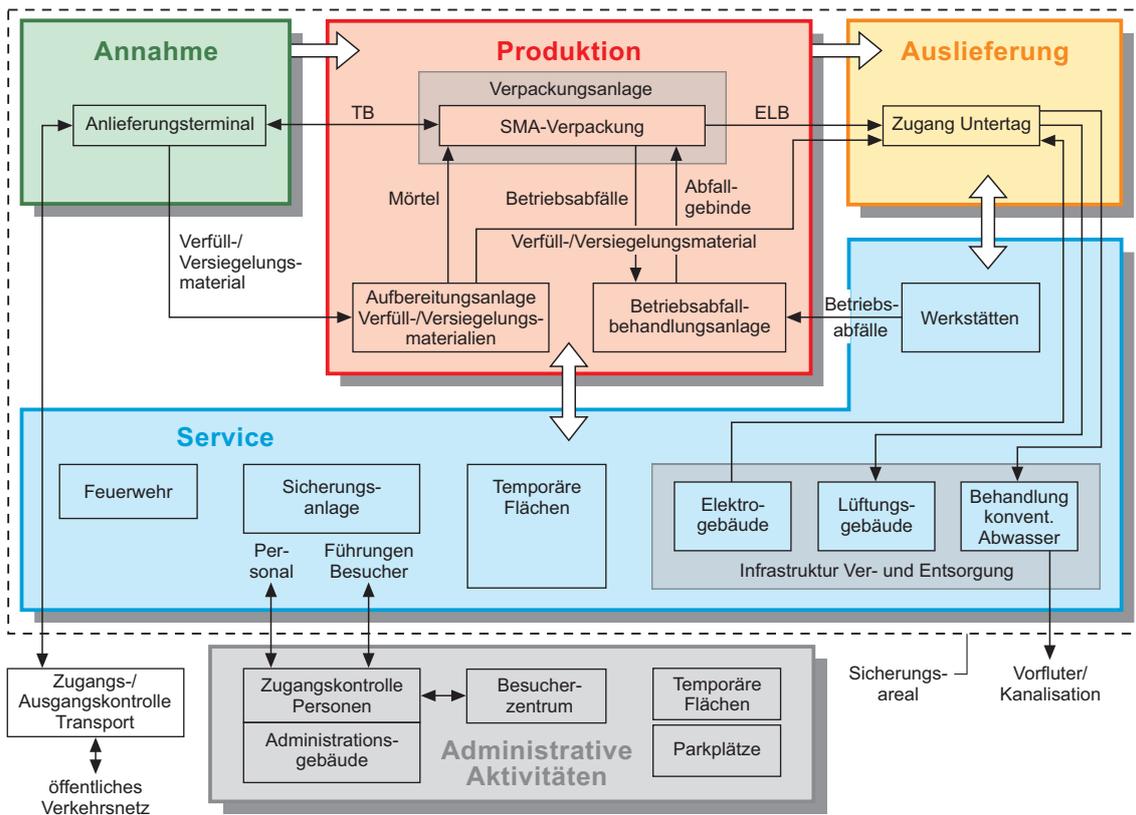


Fig. 3-2a: Funktionsbereiche und Materialflüsse in der Oberflächenanlage für das SMA-Lager.

Nachfolgend werden die Funktionsbereiche und die Funktionen der verschiedenen Anlagenmodule für das Kombilager diskutiert, wobei die Angaben sinngemäss auch für das SMA- bzw. HAA-Lager gelten. Auf die separate Beschreibung für das SMA- bzw. das HAA-Lager wird wegen der sonst entstehenden zahlreichen Wiederholungen verzichtet.

Bei der nachfolgenden Darstellung werden alle in der Oberflächenanlage grundsätzlich möglichen Anlagenmodule beschrieben. Einige der Anlagenmodule sind gemäss heutigem Planungsstand nicht notwendig, weil die entsprechenden Aufgaben bei Drittfirmen durchgeführt werden sollen. Dies betrifft die Konditionierung der im geologischen Tiefenlager (inkl. Oberflächenanlage) anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle, welche gemäss heutiger Planung bei einer Drittfirma (Zwilag) durchgeführt wird¹¹ sowie die aktive Wäscherei¹² und die BE-Transportbehälter-Innenreinigung¹³, die durch Drittfirmen andernorts übernommen werden. Diese Anlagenmodule werden hier im Sinne eines vorsichtigen Vorgehens aufgeführt und eingeplant.

¹¹ Das Zwilag wird bis zum Schluss der Einlagerung der Abfälle in Betrieb sein und wird durchgehend für Dienstleistungen zur Abfallbehandlung zur Verfügung stehen. Bei der Stilllegung des Zwilag sind mobile Anlagen für die entsprechenden Serviceleistungen geplant.

¹² In der aktiven Wäscherei werden Kleidungsstücke aus der kontrollierten Zone gewaschen, welche potenziell radioaktiv kontaminiert sind; Kleidungsstücke mit bedeutender Kontamination werden direkt entsorgt.

¹³ Es ist zu beachten, dass auch andere Länder die Entsorgung von lange gebrauchten BE-Transport- und Lagerbehältern zu lösen haben, sodass sich voraussichtlich diesbezüglich eine Industrie entwickeln wird. Schliesslich sei auch erwähnt, dass die (stärker kontaminierten Teile der) Transport- und Lagerbehälter für BE grundsätzlich ohne vorgängige Innenreinigung in einem geologischen Tiefenlager entsorgt werden können.

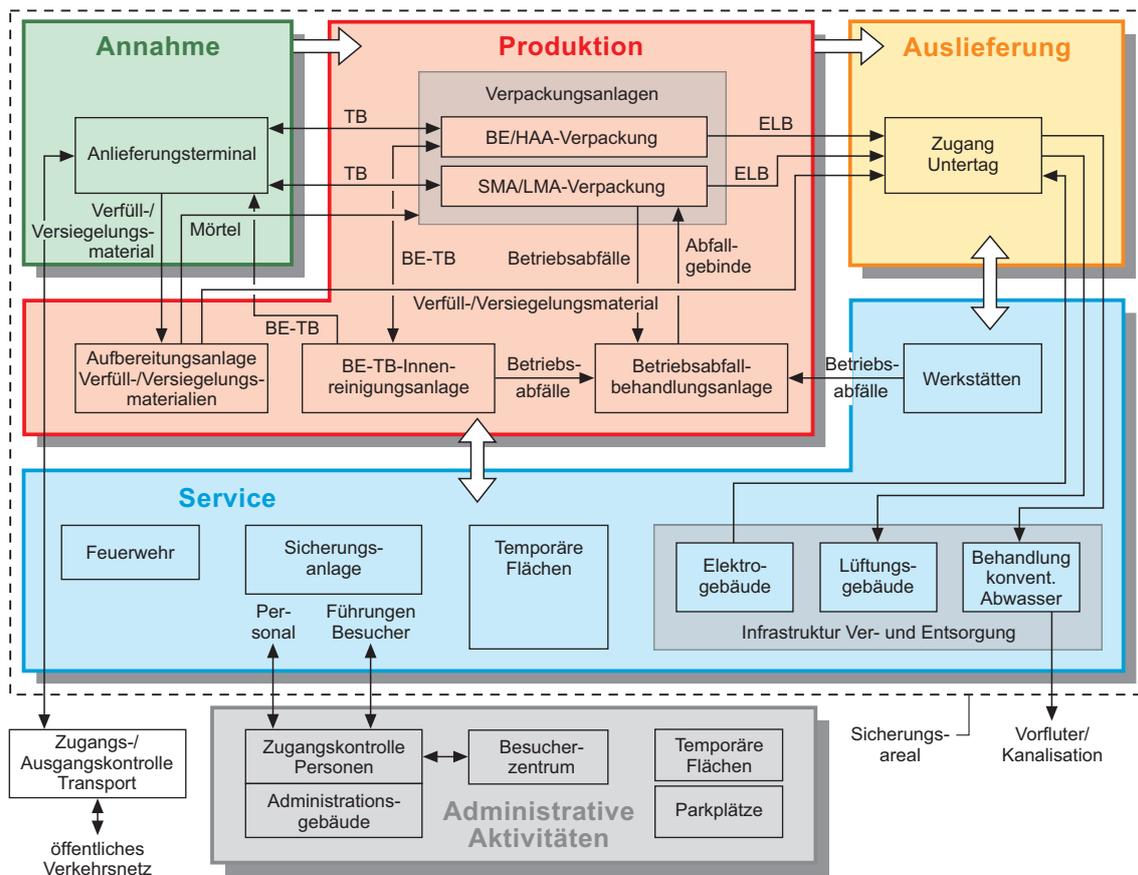


Fig. 3-2b: Funktionsbereiche und Materialflüsse in der Oberflächenanlage für ein Kombilager.

Bei einer HAA-Oberflächenanlage kommt anstelle der SMA-/LMA-Verpackung nur die LMA-Verpackung zur Anwendung. Die im Funktionsbereich "Produktion" dargestellte Transportbehälter-Innenreinigungsanlage für BE ist optional, die BE-Transportbehälter werden gemäss den heutigen Planungsannahmen in einer Anlage andernorts behandelt.

Die Oberflächenanlage eines Kombilagers besteht aus folgenden in Fig. 3-2b dargestellten Funktionsbereichen:

- Annahme (Zugangskontrolle, Anlieferungsterminal)
- Produktion (BE/HAA-Verpackungsanlage, SMA- bzw. LMA-Verpackungsanlage, Aufbereitungsanlage für Verfüll-/Versiegelungsmaterialien, Betriebsabfallbehandlungsanlage, optional BE-Transportbehälter-Innenreinigungsanlage, Werkstattbereich, Labor)
- Auslieferung (Zugang nach Untertag)
- Service (Werkstätten, Feuerwehr, Sicherungsanlage, temporäre Flächen, Elektrogebäude, Lüftungsgebäude, Behandlungsanlage für konventionelles Abwasser)
- Administrative Aktivitäten (Administrationsgebäude, Zugangskontrolle Personen, Besucherzentrum, Parkplätze, temporäre Flächen)

Im Folgenden werden die einzelnen Funktionsbereiche und die zugehörigen Anlagenmodule der Oberflächenanlage beschrieben. Dabei werden auch Hinweise zum Strahlenschutzkonzept gemacht (Zuordnung von Anlagenmodulen bzw. von Teilen davon zur kontrollierten Zone).

Im **Funktionsbereich "Annahme"** werden die Transportbehälter mit den angelieferten radioaktiven Abfällen, leere Endlagerbehälter, leere Transportbehälter, Versiegelungs- und Verfüllmaterialien sowie Betriebsmittel kontrolliert (Zugangs- und Ausgangskontrolle). Bezüglich Transportgut und Transportmengen geben Tab. A2-1 und A2-2 in Anhang A.2 einen Überblick.

Zur Verhinderung unbefugter Zutritte (Personen, Fahrzeuge) in die Anlage werden Sicherungsanlagen eingerichtet (vgl. Beschreibung unter Funktionsbereich "Service").

Im **Funktionsbereich "Produktion"** werden die angelieferten radioaktiven Abfälle (Abfallbinde SMA bzw. LMA sowie HAA und die BE) in Endlagerbehälter verpackt und für die Einlagerung vorbereitet. Dieser Funktionsbereich enthält alle dafür notwendigen Anlagenmodule; je nach Lagertyp sind dies folgende:

- BE/HAA-Verpackungsanlage: Hier werden die BE und HAA in der Umladezelle von den externen Transportbehältern nach ihrer Kontrolle in die Endlagerbehälter umverpackt; die Endlagerbehälter werden anschliessend verschlossen und kontrolliert. Die verschlossenen Endlagerbehälter werden in den Auslieferungsbereich verbracht und dort für den Transport nach Untertag bereitgestellt. Die BE/HAA-Umladezelle (bei der Zwiilag auch als "Heisse Zelle" bezeichnet) hat gemäss heutigem Planungsstand vier Andockstationen für externe Transportbehälter und vier Andockstationen für Endlagerbehälter in internen Transportbehältern. Mit dieser Auslegung ist eine optimierte Beladung der Endlagerbehälter (Begrenzung der Wärmeleistung) mit BE bzw. HAA aus unterschiedlichen Transportbehältern möglich und ein angemessener Durchsatz gewährleistet. Weiter wird mit dieser Auslegung auch eine Redundanz geschaffen, die es erlaubt, eine Arbeitsstation für Unterhalt (z. B. Dekontamination), Intervention (z. B. Bergung eines beschädigten BE) oder Reparatur ausser Betrieb zu nehmen und den Verpackungsbetrieb trotzdem aufrecht zu halten. Direkt an die Umladezelle angeschlossen sind die für Wartung, Intervention und allfällige Reparaturen notwendigen Zellen, welche auch mit den erforderlichen Werkzeugen ausgerüstet sind. Der grösste Teil der BE/HAA-Verpackungsanlage liegt in der kontrollierten Zone (s. Kap. 4.2).
- LMA- bzw. SMA-Verpackungsanlage: Die LMA-Verpackungsanlage (Bestandteil des HAA-Lagers) ist praktisch gleich ausgelegt wie die SMA-Verpackungsanlage (Bestandteil des SMA-Lagers)¹⁴. Da es sich bei SMA und LMA um vergleichbare Gebindetypen mit vergleichbaren Durchsätzen und gleichen Handhabungsschritten handelt, werden beide Anlagen zusammen beschrieben. Hier werden die endlagerfähig angelieferten Abfallbinde in der Umladezelle von den externen Transportbehältern nach ihrer Kontrolle in die Endlagerbehälter (aus Beton) umgeladen und diese danach mit Mörtel verfüllt und verschlossen. Anschliessend werden die in interne Transportbehälter verpackten Endlagerbehälter für den Transport nach Untertag bereitgestellt. Ein Teil der angelieferten Abfälle wird schon endlagerfertig in Endlagerbehältern angeliefert und nach Kontrolle direkt in den Auslieferungsbereich verbracht. Auch bei der LMA- bzw. SMA-Verpackungsanlage sind – direkt an die Umladezelle angeschlossen – die für die Wartung, Intervention und allfällige Reparaturen notwendigen Zellen angeordnet. Teile der LMA- bzw. SMA-Verpackungsanlage liegen in der kontrollierten Zone (s. Kap. 4.2).

¹⁴ Im Kombilager findet die Verpackung der LMA und der SMA in der gleichen Anlage statt.

- Betriebsabfallbehandlungsanlage: In der Betriebsabfallbehandlungsanlage werden die radioaktiven Abfälle¹⁵, die während des Betriebs des geologischen Tiefenlagers (inkl. Oberflächenanlage) anfallen (z. B. Abluftfilter der Umladezelle, Dekontaminationsmaterial, Material von Revisionen, Verbrauchsmaterial für den Strahlenschutz, optional Material aus der Innenreinigung der BE-Transportbehälter, Rückstände aus der Behandlung der Abwässer aus der kontrollierten Zone), gesammelt und für den Transport zur Konditionierung bei einer Drittfirma vorbereitet. Im ganzen Betriebsprozess werden gemäss heutigem Planungsstand nur kleine Mengen an radioaktiven Betriebsabfällen¹⁶ anfallen. Deshalb erfolgt die Behandlung der im geologischen Tiefenlager anfallenden Abfälle gemäss heutigem Planungsstand bei einer Drittfirma (Zwilag); als Option besteht die Möglichkeit, diese in der Oberflächenanlage zu konditionieren. In der Behandlungsanlage für die radioaktiven Betriebsabfälle wird ein auf die Bedürfnisse des geologischen Tiefenlagers ausgerichtetes Labor für Kontrollmessungen eingerichtet. Die Behandlungsanlage für die radioaktiven Betriebsabfälle liegt in der kontrollierten Zone.

Die konventionellen Abfälle (vergleichbar mit gewerblich-industriellen Abfällen, inklusive freigemessene Abfälle aus der kontrollierten Zone (Komponenten, etc.)) werden separat gesammelt und auf dem für konventionelle Abfälle üblichen Weg entsorgt. Dieser Teil der Anlage liegt nicht in der kontrollierten Zone.

- Aufbereitungsanlage für Verfüll- und Versiegelungsmaterialien: Die Vorbereitung von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien und die Lagerung der dazu notwendigen Komponenten erfolgen im entsprechenden Anlagenmodul. Zu den Verfüll- und Versiegelungsmaterialien gehören Bentonitgranulat, vorgefertigte Elemente aus kompaktierten Bentonitblöcken für die Einlagerung der BE/HAA-Endlagerbehälter sowie Ausgangsmaterialien für Zementmörtel (z. B. Sand, Zement, Betonzusatzmittel). Dieser Teil der Anlage liegt nicht in der kontrollierten Zone.
- BE-Transportbehälter-Innenreinigungsanlage (Option): In der BE-Transportbehälter-Innenreinigungsanlage werden die entladenen externen BE-Transportbehälter bei Bedarf dekontaminiert. Für den Fall einer schwachen Aktivierung der Transportbehälter müssen die gereinigten und dekontaminierten Transportbehälter temporär gelagert werden (Abklinglagerung), bis sie freigemessen und der normalen Entsorgung oder Verwertung zugeführt werden können. Die BE-Transportbehälter-Innenreinigung und die Abklinglagerung werden

¹⁵ Im ganzen Bericht ist zu unterscheiden zwischen (i) den für die Einlagerung angelieferten radioaktiven Abfällen (fest, schlecht dispergierbar und eingeschlossen in Gebindehülle bzw. Hüllrohr), (ii) den in der kontrollierten Zone anfallenden Abfällen und Abwässer sowie dem dort optional verwendeten Prozesswasser, welche bei Bedarf vor der Freimessung für die kontrollierte Entsorgung bzw. Abgabe behandelt/gereinigt werden, was (iii) zu radioaktiven Betriebsabfällen führen kann, die entweder bei einer Drittfirma oder – als Option – in der Oberflächenanlage konditioniert werden, um dann im SMA- bzw. HAA-Lager entsorgt zu werden.

¹⁶ Insgesamt werden gemäss heutigem Planungsstand während der ganzen Betriebszeit für das HAA-Lager rund 200 m³ schwach-/mittelaktive Betriebsabfälle (konditioniert) und für das SMA-Lager rund 100 m³ (konditioniert) anfallen. Falls die BE-Transportbehälter-Innenreinigung in der Oberflächenanlage des HAA-Lagers stattfinden würde, kämen nochmals rund 150 m³ radioaktive Abfälle (konditioniert) dazu. Gemäss heutigem Planungsstand (ohne BE-Transportbehälter-Innenreinigung) wird der Anteil an radioaktiven Flüssigkeiten in der kontrollierten Zone sehr klein sein (in der Regel ist eine Trocken-Dekontamination (z. B. Absaugen, Wischen trocken, Wischen feucht) vorgesehen). Das in der kontrollierten Zone anfallende Abwasser wird im Hinblick auf seine allfällige Reinigung und seine Freimessung in zwei Behältern mit einem Lagervolumen von je einigen m³ gestapelt (gemäss heutiger Planung ca. 5 bis 10 m³ pro Behälter, evtl. weiterer Reservebehälter). Falls eine Transportbehälter-Innenreinigung in der Oberflächenanlage stattfinden würde, besteht dazu die Option, Prozesswasser einzusetzen (ca. 35 m³, evtl. auch weniger), welches nach Behandlung (Abtrennen der als radioaktive Betriebsabfälle anfallenden Feststoffe bzw. Schlämme z. B. durch Zentrifugieren und/oder Verdampfen) wiederverwendet werden kann oder aber freigemessen und abgeleitet wird. Insgesamt ist für das Wasser in der kontrollierten Zone unter Berücksichtigung der optionalen Transportbehälter-Innenreinigung (inkl. Reservehaltung von sauberem Prozesswasser) von einem Volumen von maximal 100 m³ auszugehen, welches bei Bedarf deutlich reduziert werden kann, vgl. Kap. 3.4.

gemäss heutigem Planungsstand anderswo erfolgen, sind hier aber der Vollständigkeit halber erwähnt. Falls die BE-Transportbehälter-Innenreinigungsanlage in der Oberflächenanlage realisiert würde, käme der grösste Teil der Anlage in der kontrollierten Zone zu liegen.

Zum **Funktionsbereich "Auslieferung"** gehören der Zugang zum Zugangsbauwerk nach Untertag (Zugangstunnel bzw. Zugangsschacht) sowie die Beladeeinrichtungen für die Transportmittel, inkl. Schleusen sowie Rangier- und Abstellflächen. Ausserdem ist ein Zugang für externe Transportmittel (z. B. für Sondertransporte, Unterhalt, Intervention) vorgesehen.

Die geologischen Tiefenlager erfordern eine Reihe von weiteren Infrastruktureinrichtungen (**Funktionsbereich "Service"**):

- Sicherungsanlagen: Die Sicherungsanlagen umfassen die gemäss Anforderungen¹⁷ des Objektschutzes notwendigen Anlagen und Einrichtungen zur Sicherung. Sie bestehen aus der Sicherungszentrale, Räumen für Wachpersonal (inkl. Pforte) und Zuanlagen (Durchfahrtschutz/Perimeterschranke). Zur Verhinderung unbefugter Zutritte sind gemäss heutigem Planungsstand weitere Sicherungsschranken (z. B. Personen-/Fahrzeugschleusen mit Überwachungssystemen) notwendig, die auch einen gewaltsamen Zutritt in das Sicherungsareal verhindern bzw. möglichst erschweren.
- Lüftungsgebäude: Die Lüftungsanlage im Lüftungsgebäude dient der Belüftung der untertägigen Anlagenteile¹⁸. Die Anlagenmodule der Oberflächenanlage enthalten weitere eigenständige Lüftungsanlagen (Raumlüftung, Unterdruckstaffelung, Filter). Ein Teil dieser Lüftungsanlagen liegt in der kontrollierten Zone.
- Elektrogebäude: Das Elektrogebäude dient der Aufnahme der elektrotechnischen Einrichtungen für die Versorgung sämtlicher übertägiger und untertägiger Anlagen des Tiefenlagers. Dieser Funktionsbereich enthält auch USV- und Ersatzstromeinrichtungen. Wo notwendig, werden die Anlagen redundant ausgelegt.
- Behandlungsanlage für konventionelle Abwässer: In dieser Anlage werden die Abwässer aller Entwässerungspfade behandelt, soweit dies notwendig ist. Falls das untertägig anfallende natürliche Bergwasser wegen seiner Eigenschaften nicht direkt in den lokalen Vorfluter eingeleitet werden kann, wird es in der Behandlungsanlage aufbereitet und dann abgeleitet. Da in dieser Anlage kein radioaktiv belastetes Wasser behandelt wird, liegt sie nicht in der kontrollierten Zone¹⁹.
- Werkstätten: Für Unterhalts- und Wartungsarbeiten sind Werkstätten, Magazine, Garagen und Lagerplätze für Betriebsmittel vorgesehen. Ein Teil der Werkstätten wird in der kontrollierten Zone liegen.
- Feuerwehr: Auf dem Areal der Oberflächenanlage ist ein Feuerwehrgebäude geplant, und es wird eine Betriebsfeuerwehr aus Mitarbeitenden der Anlage zusammengestellt. Damit wird im Bedarfsfall eine schnelle und ortskundige Intervention gewährleistet. Das Feuerwehrgebäude liegt ausserhalb der kontrollierten Zone.

¹⁷ Die detaillierten Anforderungen werden von den Behörden im Rahmen der Bewilligungsverfahren festgelegt.

¹⁸ Für die Belüftung der untertägigen Anlagenteile wird von einem weiteren Erschliessungspunkt ein zusätzlicher Zugang nach Untertag verwendet (voraussichtlich ein Schacht, je nach Standortbedingungen; in der Regel an einem vom Standortareal verschiedenen Standort).

¹⁹ Die Fassung und Ableitung des Bergwassers erfolgt so, dass es auch im Falle von Störfällen in den untertägigen Anlagen zu keinem Kontakt des Bergwassers mit radioaktiven Stoffen kommen kann. Trotzdem werden gemäss heutiger Planung für das Bergwasser untertägig Stapelbehälter eingerichtet, um mit (mobilen) Anlagen bei Bedarf dort eine Wasserreinigung vorzunehmen.

- Temporäre Flächen: Für spezielle, zeitlich begrenzte Aktivitäten (Revisionsarbeiten, Intervention, etc.) stehen zusätzliche Flächen zur Verfügung. Ein Teil dieser Flächen ist so befestigt und abgedichtet, sodass dort auch mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen werden kann, wenn dazu Bedarf besteht.

Im **Funktionsbereich "Administrative Aktivitäten"** sind Administration, Besucherzentrum und Parkplätze zusammengefasst. Diese Anlagenteile sind nicht Teil der kontrollierten Zone und können teilweise auch ausserhalb des umzäunten Sicherheitsareals angeordnet werden. Auch hier sind weitere temporäre Flächen für ähnliche Aufgaben wie im Funktionsbereich Service vorgesehen.

Bezüglich Strahlenschutz sieht der gegenwärtige Planungsstand Folgendes vor: Der radioologisch überwachte Bereich (vgl. HSK 1995a) umfasst das ganze Sicherheitsareal (vgl. Fig. 3-3a und b). Der grösste Teil des überwachten Bereichs liegt ausserhalb der kontrollierten Zone. Die Umladezellen und die damit verbundenen Anlagenteile (Zellen für Wartung, Intervention und Reparaturen sowie mit Möglichkeiten zur Dekontamination, etc.), die Anlagen zur Behandlung der radioaktiven Betriebsabfälle (inkl. optional eine aktive Wäscherei), Teile der optionalen BE-Transportbehälter-Innenreinigungsanlage sowie Teile der Lüftungsanlagen sind Teil der kontrollierten Zone, die entsprechend der erwarteten Kontamination in verschiedene Zonentypen und entsprechend der Dosisleistung in verschiedene Gebietstypen eingeteilt wird (HSK 1995a). Die verschiedenen baulichen Elemente der kontrollierten Zone der Oberflächenanlage sind baulich miteinander verbunden, teilweise über unterirdische Verbindungskanäle.

Fig. 3-3 zeigt schematische Darstellungen dieser Module und ihrer Anordnung für das SMA-Lager (Fig. 3-3a) und für das HAA- bzw. das Kombilager (Fig. 3-3b); in Fig. 3-3 a und b sind auch modellhafte vertikale Schnitte durch die Anlage aufgezeigt. Bei diesen Schnitten ist zu beachten, dass je nach lokalen Standortbedingungen die Gebäudeniveaus bezüglich der Oberfläche des gewachsenen Terrains höher oder aber auch tiefer liegen können. Das Konzept der Oberflächenanlage bietet vielfältige Möglichkeiten, die Anordnung und Ausgestaltung der Module den lokalen Bedingungen anzupassen und damit eine optimale Eingliederung in die Landschaft zu erreichen.

Informationen zu Erschliessung und Durchsatz während des Betriebs

Die Erschliessung der Oberflächenanlage vom öffentlichen Verkehrsnetz erfolgt entweder per Schiene und/oder per Strasse. Falls der Transport der radioaktiven Abfälle auf dem Hauptverkehrsnetz Schiene erfolgt, die lokale Erschliessung jedoch per Strasse, dann ist zusätzlich eine Umladestation (wie bei Zwiilag) notwendig.

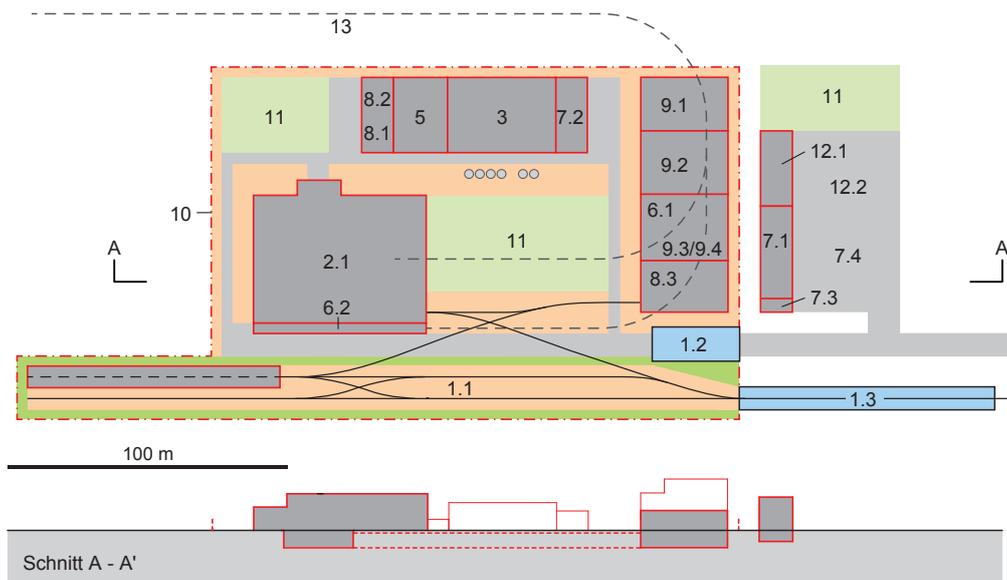
Die Erschliessung für den Bau der Oberflächenanlage bzw. den Bau der Untertaganlagen ist in der Regel gleich wie für den Betrieb der Oberflächenanlage²⁰. Wenn die Standortbedingungen es verlangen, kann in Ausnahmefällen jedoch die Bauinstallation für die Anlage Untertag (teilweise) an einem anderen Ort liegen (Bau über Zwischenangriff). Weiter sind für die Baustellenerschliessung für gewisse Funktionen grundsätzlich auch andere Alternativen denkbar (z. B. Förderbänder für Ausbruchmaterial).

²⁰ Angaben zu den Transporten während der Bauphase finden sich in Nagra (2011a).

Bezüglich des Betriebs der Oberflächenanlage wird gemäss heutigem Planungsstand angenommen, dass pro Jahr bis zu 200 Endlagerbehälter mit BE bzw. HAA bzw. bis zu 400 Endlagerbehälter mit SMA bzw. LMA eingelagert werden, d. h. 1 Endlagerbehälter BE/HAA bzw. 2 Endlagerbehälter SMA/LMA pro Arbeitstag (bei 200 Arbeitstagen Normalbetrieb).

Für die Abschätzung der maximalen Materialmengen in der Oberflächenanlage während des Betriebs wird gemäss heutigem Planungsstand für die SMA/LMA von einer typischen Durchlaufzeit von maximal 20 Arbeitstagen ausgegangen; d. h. dass die Vorbereitung der Endlagerbehälter in der Oberflächenanlage von der Anlieferung der SMA-/LMA-Abfälle in die Oberflächenanlage bis zum Abtransport des fertigen Endlagerbehälters nach Untertag in der Regel weniger als 4 Wochen dauert. Für die SMA/LMA in der Oberflächenanlage wird deshalb bezüglich des in der Oberflächenanlage maximalen Materialbestands von angelieferten radioaktiven Abfällen und Produktionsmittel für 40 Endlagerbehälter ausgegangen.

Für BE/HAA wird die maximale in der HAA-Oberflächenanlage vorhandene Menge an radioaktiven Stoffen erreicht, wenn bei ausgelastetem Betrieb der Verpackungsanlage zusätzlich noch drei voll beladene Transportbehälter angeliefert werden. Es ist damit zu rechnen, dass bei einer solchen Anlieferung vier angedockte, noch zu 75 % beladene Transportbehälter und zwei volle Transportbehälter vorhanden sind, sodass sich mit der Anlieferung von drei weiteren Transportbehältern insgesamt das Äquivalent von acht vollen Transportbehältern in der Oberflächenanlage befindet. Bei den Produktionsmitteln (leere Endlagerbehälter, Verfüll-/Versiegelungsmaterialien) wird von einem Vorrat für 20 Endlagerbehälter ausgegangen.

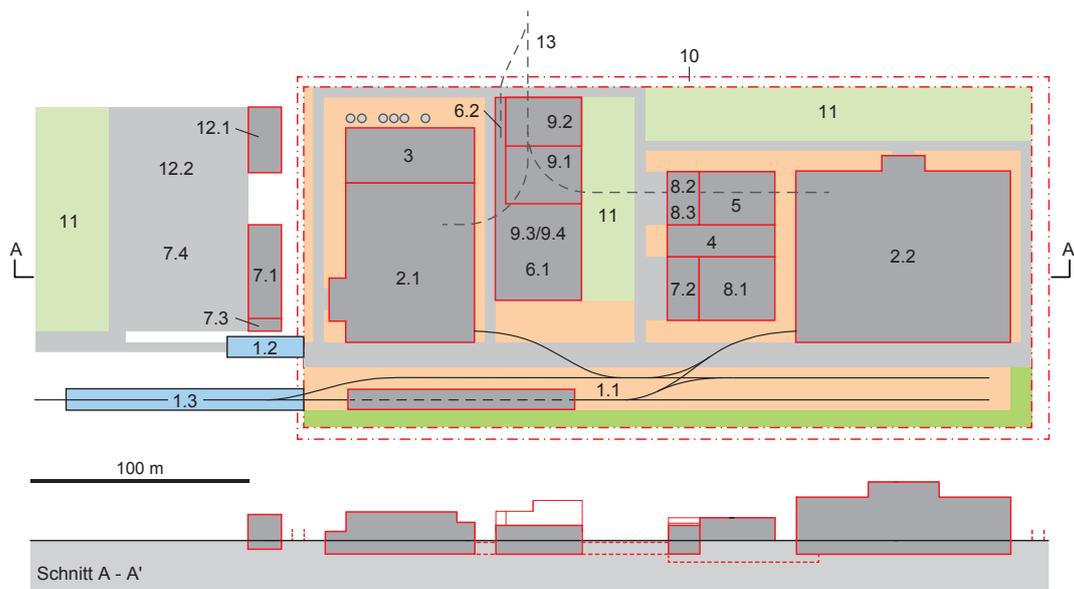


- | | |
|---|--|
| 1. Anlieferungsterminal | 9. Ver- und Entsorgungsinfrastruktur
(für Anlagen Untertag / Übertag) |
| 1.1 Anlieferungsterminal Bahn
mit Abstellhalle | 9.1 Elektrogebäude |
| 1.2 Anlieferungsterminal LKW
(Eingangsschleuse) | 9.2 Lüftungsgebäude |
| 1.3 Eingangsschleuse Bahn | 9.3 Behandlung für
konventionelles Abwasser |
| | 9.4 Bergwasserbehandlungsanlage |
| 2. Verpackungsanlage | 10. Sicherheitsareal / überwachter Bereich |
| 2.1 SMA-Verpackungsanlage | 11. Fläche für temporäre Anlagen |
| 3. Aufbereitungsanlage Verfüll- und
Versiegelungsmaterialien | 12. Anlagenbesichtigung |
| 5. Betriebsabfallbehandlungsanlage | 12.1 Besucherzentrum |
| 6. Zugang nach Untertag | 12.2 Parkplätze Besucher |
| 6.1 Zugang internes Transportsystem | 13. Zugangstunnel |
| 6.2 Zugang externes Fahrzeug | |
| 7. Administration | --- Sicherungsareal mit Zaun |
| 7.1 Administrationsgebäude | ■ Versiegelte Fläche |
| 7.2 Feuerwehrgebäude | ■ Temporäre Freifläche |
| 7.3 Pforte | ■ Grünfläche |
| 7.4 Parkplätze Personal | ■ Schleuse |
| 8. Zentrale Werkstätten | ■ Gebäude |
| 8.1 Werkstatt | ■ Interne Transportwege |
| 8.2 Lager für Betriebsmittel | |
| 8.3 Garagen | |

Fig. 3-3a: Schematische Darstellung der Module der Oberflächenanlage für das SMA-Lager. Modul 4 (BE-Transportbehälter-Innenreinigung) entfällt in der SMA-Anlage.

Gewisse Anlagenmodule (insbesondere diejenigen der kontrollierten Zone) sind mit Verbindungskanälen unterirdisch miteinander verbunden.

Der Schnitt hat modellhaften Charakter und die Höhen der Gebäude bezüglich der Oberfläche des gewachsenen Terrains können je nach Standortbedingungen davon abweichen.



- | | |
|---|--|
| 1. Anlieferungsterminal | 9. Ver- und Entsorgungsinfrastruktur
(für Anlagen Untertag / Übertag) |
| 1.1 Anlieferungsterminal Bahn
mit Abstellhalle | 9.1 Elektrogebäude |
| 1.2 Anlieferungsterminal LKW
(Eingangsschleuse) | 9.2 Lüftungsgebäude |
| 1.3 Eingangsschleuse Bahn | 9.3 Behandlungsanlage für
konventionelles Abwasser |
| | 9.4 Bergwasserbehandlungsanlage |
| 2. Verpackungsanlagen | 10. Sicherheitsareal / überwachter Bereich |
| 2.1 SMA/LMA-Verpackungsanlage | 11. Fläche für temporäre Anlagen |
| 2.2 BE/HAA-Verpackungsanlage | 12. Anlagenbesichtigung |
| 3. Aufbereitungsanlage Verfüll- und
Versiegelungsmaterialien | 12.1 Besucherzentrum |
| 4. BE-TB-Innenreinigung (optional) | 12.2 Parkplätze Besucher |
| 5. Betriebsabfallbehandlungsanlage | 13. Zugangstunnel |
| 6. Zugang nach Untertag | |
| 6.1 Zugang internes Transportsystem | - - - - - Sicherheitsareal mit Zaun |
| 6.2 Zugang externes Fahrzeug | Versiegelte Fläche |
| 7. Administration | Temporäre Freifläche |
| 7.1 Administrationsgebäude | Grünfläche |
| 7.2 Feuerwehrgebäude | Schleuse |
| 7.3 Pforte | Gebäude |
| 7.4 Parkplätze Personal | Interne Transportwege |
| 8. Zentrale Werkstätten | |
| 8.1 Werkstatt | |
| 8.2 Lager für Betriebsmittel | |
| 8.3 Garagen | |

Fig. 3-3b: Schematische Darstellung der Module der Oberflächenanlage für das HAA- bzw. das Kombilager.

Gewisse Anlagenmodule (insbesondere diejenigen der kontrollierten Zone) sind mit Verbindungskanälen unterirdisch miteinander verbunden. Beim Kombilager werden die SMA auch in der LMA-Verpackungsanlage verpackt.

Der Schnitt hat modellhaften Charakter und die Koten der Gebäude bezüglich der Oberfläche des gewachsenen Terrains können je nach Standortbedingungen davon abweichen.

3.3 Handhabung der angelieferten radioaktiven Abfälle

Der Umgang mit den für die Einlagerung angelieferten radioaktiven Abfällen betrifft den Antransport der radioaktiven Abfälle über die lokale Erschliessung ab öffentlichem Verkehrsnetz bis zur Oberflächenanlage, die Entgegennahme der radioaktiven Abfälle (inkl. Zugangskontrolle), ihre Verpackung in Endlagerbehälter²¹ sowie die Bereitstellung der in internen Transportbehältern verpackten Endlagerbehälter für ihren Transport nach Untertag.

Beim Absender werden die radioaktiven Abfälle in geeignete Transportbehälter verladen. Dabei wird sichergestellt, dass nur Abfälle, welche die Annahmebedingungen für das geologische Tiefenlager erfüllen, zum Tiefenlager transportiert werden. Ebenso wird sichergestellt, dass die Transporte bzw. die Anlieferung ins geologische Tiefenlager den Bedürfnissen der Einlagerungslogistik des Tiefenlagers genügen.

Die Abfallgebinde²² bzw. die BE werden in externen Transportbehältern angeliefert, welche bezüglich Ortsdosisleistung und Kontamination die Transportvorschriften einhalten und entsprechend den Transportvorschriften (vgl. ADR Bd. 1, 1957) gegen die verschiedenen Arten von Belastung ausgelegt sind.

Der Antransport der radioaktiven Abfälle erfolgt über die Schiene oder über die Strasse (LKW). Falls die Oberflächenanlage nur über die Strasse erschlossen werden kann, erfolgt der Strassen-transport von einer Umladestation (Umlad von Bahn auf Strasse) her, falls die Abfälle vom Absender mit der Bahn angeliefert werden. Beim Zugang zur Oberflächenanlage erfolgt die Zugangskontrolle des Transports. Mit der Zugangskontrolle wird sichergestellt, dass nur zugelassene Fahrzeuge und Güter auf das Gelände gelangen.

Nach der Zugangskontrolle werden die Transportbehälter in die Verpackungsanlage und dort zur Umladestelle gebracht. Für SMA und LMA werden die Transportbehälter in die Umladestelle der entsprechenden Verpackungsanlage eingeschleust, für BE und HAA werden die Transportbehälter an die Andockstationen der Umladestelle in der BE/HAA-Verpackungsanlage ange-dockt.

Das Umladen der intakten und kontaminationsfreien SMA-/LMA-Abfallgebinde aus dem Transportbehälter in den Endlagerbehälter findet innerhalb der geschlossenen Umladestelle statt. Dies bedeutet, dass es selbst bei Eintreten eines Störfalls (z. B. unwahrscheinlicher Fall des Austretens von radioaktiven Stoffen z. B. bei Absturz eines (defekten) Abfallgebundes) zu keiner Verschleppung von radioaktiven Stoffen über unkontrollierte Wege aus der Umladestelle kommen kann. Bei einem Störfall in der Umladestelle mit Austreten von radioaktiven Stoffen wird die Abluft aus der Zelle über Filter geführt. Die direkt bei der Umladestelle angeordneten Wartungs-/Interventionszellen erlauben es, bei Betriebsstörungen bzw. bei Störfällen die notwendigen Massnahmen (inkl. Handhabung von allfällig beschädigten Abfallgebunden) zu treffen.

In der Umladestelle werden bei Bedarf gleichzeitig mehrere Endlagerbehälter mit Abfallgebunden beladen. Sobald die Endlagerbehälter voll sind, werden sie gemäss heutigem Planungsstand mit Zementmörtel verfüllt und verschlossen (vgl. Fig. 3-4). Nach einer ersten Aushärtung von kurzer Dauer werden die Endlagerbehälter aus der Umladestelle ausgeschleust und in den Auslieferungsbereich der SMA-Verpackungsanlage gebracht. Von dort werden die in interne Transportbehälter verpackten Endlagerbehälter nach einer weiteren Aushärtezeit nach Untertag transportiert.

²¹ Soweit die angelieferten Abfälle nicht schon in Endlagerbehälter verpackt sind, wie dies z. B. teilweise für die Stilllegungsabfälle der Fall ist.

²² Im Begriff Abfallgebinde sind auch die HAA-Kokillen enthalten.

Das Be- bzw. Entladen von SMA- und LMA-Gebinden in bzw. aus einem Behältnis (z. B. Lagercontainer) ist ein Prozess, für den langjährige Erfahrungen vorliegen (z. B. in den verschiedenen Zwischenlagern (Zwischenlager der Kernkraftwerke, Bundeszwischenlager, Zwiilag, ZWIBEZ)). Ebenso besteht mit der Verfüllung und Vermörtelung von Gebinden verschiedenster Grösse eine langjährige Erfahrung (Kernkraftwerke, Zwiilag, Forschungsinstitute und auch im Ausland).

Bereits in Endlagerbehälter verpackte SMA bzw. LMA werden direkt nach dem Abladen vom Anlieferungsfahrzeug und nach der Eingangskontrolle in den Auslieferungsbereich verbracht und dort in einen internen Transportbehälter umgeladen für den Transport nach Untertag.

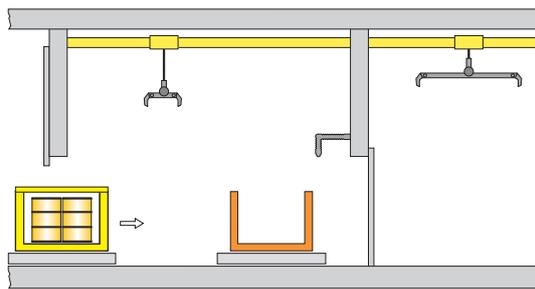
Die BE/HAA werden in der Umladezelle der BE/HAA-Verpackungsanlage in Endlagerbehälter verpackt. Wenn die Transportbehälter an die Umladezelle angedockt sind, werden die Behälterdeckel entfernt und die BE bzw. HAA einzeln entnommen und in die angedockten Endlagerbehälter umgeladen.

Sobald ein Endlagerbehälter voll ist, wird er mit einem aufgeschraubten (inneren) Deckel dicht verschlossen. Anschliessend wird der Endlagerbehälter abgedockt und zur nächsten Arbeitsstation innerhalb der Verpackungsanlage verbracht, wo der für die Langzeitsicherheit erforderliche (äussere) Deckel aufgesetzt und der dickwandige Behälter mit einer entsprechenden Schweissnaht verschlossen wird. Anschliessend wird die Qualität der Schweissnaht geprüft, und der Behälter wird im Auslieferungsbereich für den Transport nach Untertag bereitgestellt. Der gesamte Ablauf ist schematisch in Fig. 3-5 dargestellt.

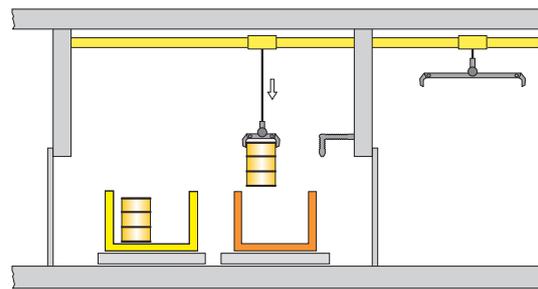
Beim Umlad der BE ist eine Kontamination nicht auszuschliessen (z. B. Abfällen radioaktiver Partikel aus Ablagerungen auf der Aussenseite der Brennstäbe (Crud) bzw. Austritt von luftgetragenen Nukliden aus einem Brennstab im Fall eines undichten Hüllrohrs). Mit einer gestaffelten Unterdruckhaltung von aussen nach innen (Umgebung → kontrollierte Zone → Umladezelle für BE/HAA) und entsprechenden Filtersystemen werden Kontaminationsverschleppungen und unzulässige Emissionen verhindert. Die langjährigen Erfahrungen beim Zwiilag und den anderen Kernanlagen mit solchen Systemen (Unterdruckhaltung, Filterung) zeigen, dass dies zuverlässig möglich ist.

Die direkt bei den Umladezellen angeordneten Wartungszellen und Interventionsbereiche erlauben es, aufgetretene Kontaminationen und besondere Vorkommnisse rasch zu beseitigen (z. B. die Bergung stark beschädigter Brennelemente, auch aus dem Transportbehälter²³). Da die BE/HAA-Verpackungsanlage parallele Arbeitsplätze mit den zugehörigen Andockstationen hat, kann beim Ausfall eines Arbeitsplatzes z. B. als Folge von Dekontaminations- oder Interventionsarbeiten mit der Verpackung fortgefahren werden.

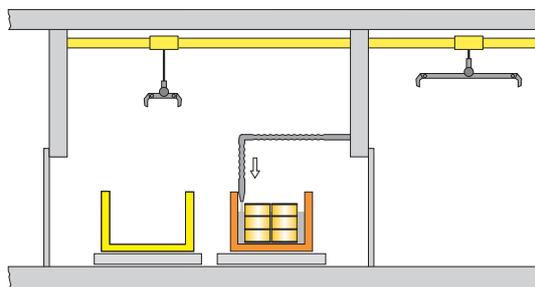
²³ Es ist zu beachten, dass zum Zeitpunkt der Verpackung der BE in die Endlagerbehälter die BE teilweise schon 50 Jahre und mehr in den Transportbehältern zwischengelagert sein werden. Zurzeit sind mehrere Programme (z. B. der IAEA) im Gange, welche die Integrität der BE nach langer Zwischenlagerung in Behältern untersuchen. Die Resultate dieser Programme werden bei der Auslegung der BE/HAA-Verpackungsanlage im Rahmen der stufenweisen Konkretisierung des Projekts berücksichtigt. Die Integrität der SMA bzw. LMA wird während der Zwischenlagerung bis direkt vor dem Versand zum geologischen Tiefenlager kontrolliert und sichergestellt; es werden nur SMA bzw. LMA zum geologischen Tiefenlager transportiert, welche alle Anforderungen erfüllen.



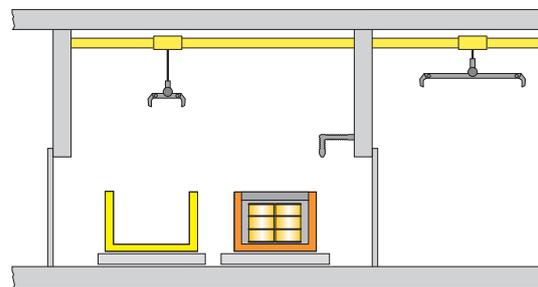
a) Einschleusen eines externen Transportbehälters mit Abfallgebänden in die Umladezelle, leerer Endlagerbehälter steht bereits in der Umladezelle.



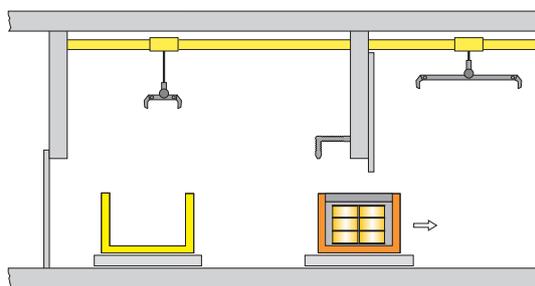
b) Umladen eines Abfallgebändes vom externen Transportbehälter in den Endlagerbehälter.



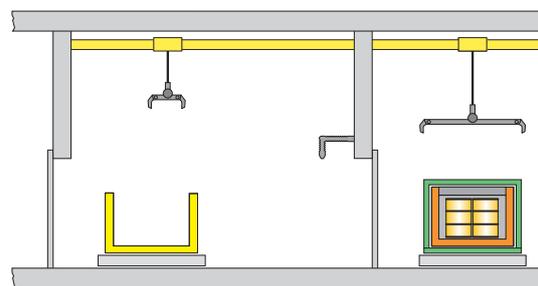
c) Verfüllen des vollständig beladenen Endlagerbehälters mit Zementmörtel.



d) Mit Zementmörtel gefüllter und verschlossener Endlagerbehälter.



e) Ausschleusen des vollen Endlagerbehälters aus der Umladezelle in den Auslieferungsbereich.



f) Endlagerbehälter in internem Transportbehälter im Auslieferungsbereich.

Fig. 3-4: Schematische Darstellung des Umlads der SMA bzw. LMA aus externen Transportbehälter in Endlagerbehälter in der Umladezelle.

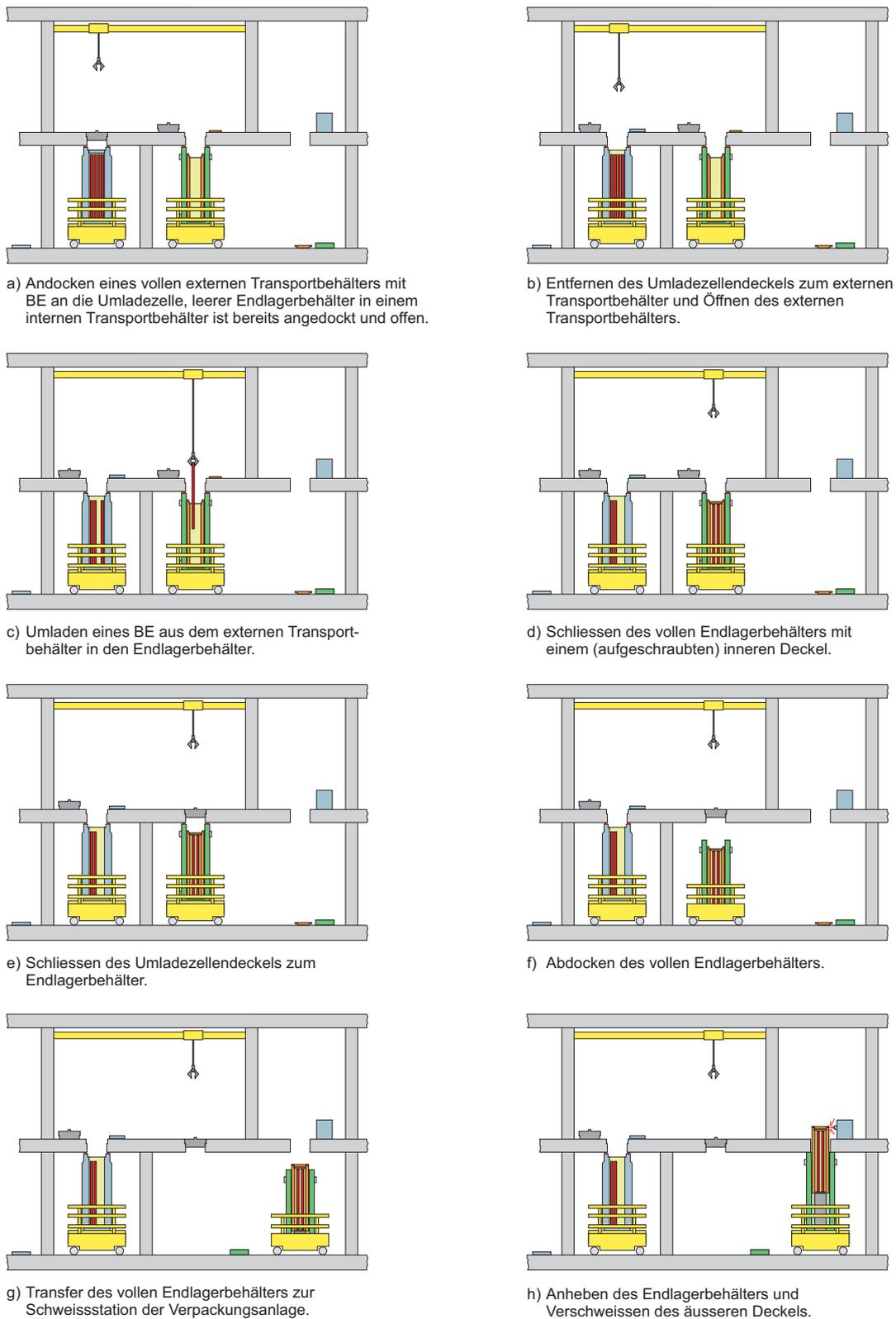


Fig. 3-5: Schematische Darstellung des Umlads der BE aus externen Transportbehälter in Endlagerbehälter in der Umladezelle und Verschiebung eines Endlagerbehälters zur Schweißstation in der Verpackungsanlage.

Der Umlad der HAA erfolgt in analoger Weise.

Der BE/HAA-Endlagerbehälter befindet sich in der Verpackungsanlage während der gesamten Zeit in einem internen Transportbehälter. Nach dem Verschluss und der Endkontrolle wird der Endlagerbehälter im Transportbehälter in den Auslieferungsbereich gebracht für den Transport nach Untertag.

Auch die Handhabung von BE und HAA ist ein Prozess, für den bei den Kernkraftwerken, beim Zwiilag und bei den Wiederaufarbeitungsanlagen langjährige Erfahrungen bestehen. So werden die BE in den schweizerischen Kernkraftwerken seit vielen Jahren routinemässig in Transportbehälter geladen. Bei den Wiederaufarbeitungsanlagen im Ausland werden sehr viele BE und HAA routinemässig gehandhabt. Auch beim Zwiilag besteht eine grosse Erfahrung mit dem Umlad von BE zwischen verschiedenen Behältern.

Die angelieferten Abfallgebinde (SMA, LMA, HAA) bzw. BE werden in der Umladezelle vor ihrer Verpackung in die Endlagerbehälter kontrolliert. Wird eine Nichtkonformität festgestellt, die nicht mit den in der Oberflächenanlage vorhandenen Mitteln behoben werden kann, werden die Abfälle wiederum in die Transportbehälter verpackt und an den Absender zurückgesendet; für allfällige diesbezügliche Serviceleistungen kann dazu bei Bedarf auch auf Drittfirmen (z. B. Zwiilag) zurückgegriffen werden.

Generell werden für alle Prozessschritte so weit möglich "fail-safe-Systeme" eingesetzt, d. h. Systeme, die bei einer Betriebsstörung bzw. bei einem Fehler ("fail") in einen sicheren Zustand gehen ("safe"). In der Oberflächenanlage werden Systeme eingesetzt, die auf erprobten Technologien mit entsprechender Betriebserfahrung basieren und als sicher und zuverlässig gelten.

3.4 Umgang mit den im geologischen Tiefenlager anfallenden radioaktiven Betriebsabfällen

In der Oberflächenanlage fallen nur in der kontrollierten Zone Stoffe an, die radioaktiv kontaminiert sein können, und deren Behandlung (Dekontamination, Reinigung) zu radioaktiven Abfällen führen kann. Es handelt sich dabei um Abfälle aus der Reinigung der Räumlichkeiten in der kontrollierten Zone (inkl. Entsorgung nicht mehr gebrauchter Materialien), Abfälle aus dem Unterhalt und der Revision der technischen Einrichtungen (z. B. Ersatz von Verbrauchsmaterial wie Filter, Ersatz von Komponenten, etc.) und Abfälle aus der Reinigung und Dekontamination von Werkzeug und Komponenten der technischen Einrichtungen und schliesslich Abfälle aus der Wartung der Umladezellen (inkl. in seltenen Fällen auch die Bergung von Kleinteilen defekter Abfallgebinde bzw. BE, soweit diese in der Umladezelle nicht direkt in Endlagerbehälter verpackt werden).

Die festen Abfälle werden sortiert und, soweit mit vertretbarem Aufwand machbar, dekontaminiert und nach der Freimessung konventionell entsorgt; die radioaktiven Rückstände aus der Dekontamination und die verbleibenden Abfälle, die nicht freigemessen werden können, werden gesammelt und zu einer Drittfirma transportiert zur Konditionierung im Hinblick auf ihre Entsorgung im geologischen Tiefenlager. Optional kann die Konditionierung dieser radioaktiven Abfälle auch in der Oberflächenanlage erfolgen.

In der kontrollierten Zone wird Abwasser aus der periodischen Nutzung der Sanitäranlagen (z. B. bei Nutzung der Duschen während Revisionen) und in kleinen Mengen aus der Reinigung der Räumlichkeiten der kontrollierten Zone anfallen. Dieses Abwasser wird in zwei Stapeltanks mit einem Nutzvolumen von einigen Kubikmetern gesammelt (gemäss heutiger Planung ca. 5 bis 10 m³ pro Behälter, evtl. weiterer Reservebehälter). Das Abwasser wird auf seine Kontamination geprüft und bei Bedarf gereinigt (z. B. mit Zentrifuge, Verdampfer) und nach der Entscheidungsmessung kontrolliert und bilanziert abgeleitet. Die Rückstände aus der Abwasserreini-

gung werden gesammelt und zu einer Drittfirma transportiert zur Konditionierung im Hinblick auf ihre Entsorgung im geologischen Tiefenlager. Optional kann die Konditionierung dieser radioaktiven Abfälle auch in der Oberflächenanlage erfolgen.

Falls die BE-Transportbehälter-Innenreinigung entgegen der heutigen Planung nicht anderswo stattfinden würde, besteht die Möglichkeit, die BE-Transportbehälter in der Oberflächenanlage zu demontieren/zerlegen und die radioaktiven Teile im HAA-Lager einzulagern. Weiter besteht die Möglichkeit der BE-Transportbehälter-Innenreinigung in der Oberflächenanlage. Dies kann mit entsprechenden technischen Einrichtungen weitgehend trocken erfolgen durch mechanisch-abrasive Abtrennung der radioaktiven Stoffe (evtl. zusätzlich Verwendung von mit Dekontaminationsmittel befeuchteten Lappen), oder es kann unter Verwendung von Prozesswasser die Ultraschall-Reinigung zur Dekontamination benutzt werden. Dazu werden für die Innenreinigung des BE-Transportbehälters und für die Reinigung des Behälterkorbs Reinigungsbehälter mit einem Innenvolumen von knapp 15 m^3 benötigt, für die Reinigung des Behälterdeckels braucht es einen Reinigungsbehälter mit einem Innenvolumen von weniger als 5 m^3 . Das dort verwendete Prozesswasser wird nach seiner Verwendung bis zu seiner Reinigung und Wiederverwertung bzw. Entschäumdung und kontrollierter Abgabe in einem Stapelbehälter gesammelt. Werden die Reinigung des BE-Transportbehälters, des Korbs und des Deckels parallel durchgeführt, ergibt dies für den Stapelbehälter ein erforderliches Volumen von ca. 35 m^3 ; falls die Reinigung sequenziell erfolgt, ist es entsprechend weniger. Weiter ist ein Behälter mit einem Nutzvolumen von ca. 35 m^3 (bei paralleler Reinigung) oder weniger (bei sequenzieller Reinigung) notwendig zur Vorhaltung von sauberem Prozesswasser (neues oder schon gebrauchtes, aber gereinigtes Prozesswasser).

Falls die BE-Transportbehälter mit einem mechanisch-abrasiven Verfahren gereinigt werden, kommt es zu festen Rohabfällen, die anschliessend bei einer Drittfirma konditioniert werden. Wird die Ultraschall-Reinigung in Prozesswasser verwendet, werden die bei der Reinigung des verwendeten Prozesswassers (z. B. mit Feststoffabscheider, Zentrifuge, Verdampfer) anfallenden radioaktiven Rückstände (Feststoffe bzw. Schlämme, evtl. getrocknet) gesammelt und zu einer Drittfirma transportiert zur Konditionierung im Hinblick auf ihre Entsorgung im HAA-Lager. Optional kann die Konditionierung dieser radioaktiven Abfälle auch in der Oberflächenanlage erfolgen.

3.5 Lagerung und Vorbereitung der Produktionsmittel

Bei den Produktionsmitteln handelt es sich um Ausgangsmaterialien (z. B. Zement, Sand, Betonzusatzmittel), Halbfabrikate (z. B. Bentonit-Granulat, Mörteltrockengemische, Bentonitblöcke) bzw. fertige Produkte (z. B. Endlagerbehälter für BE/HAA aus Metall, für SMA bzw. LMA aus Beton), welche für die Einlagerung der Abfälle in den Lagerkammern notwendig sind. Diese werden vom öffentlichen Verkehrsnetz über die lokale Erschliessung bis in die Oberflächenanlage transportiert.

Transportzüge oder Lastwagen mit Produktionsmitteln werden nach der Zugangskontrolle auf ein dafür vorgesehenes Abstellgleis oder an eine Laderampe geführt und das Produktionsmaterial nach erfolgter Eingangskontrolle über Fördereinrichtungen (Verfüllmaterial) oder anlageninterne Transportmittel entladen. Die abgeladenen Materialien werden in die entsprechenden Materiallager im Hinblick auf ihre Verwendung bzw. ihren Einbau in die Lagerkammern Untertag gebracht.

Die in der Oberflächenanlage erwarteten Stoffe der Produktionsmittel (ohne Endlagerbehälter²⁴) und ihre allfällige Relevanz bezüglich Wassergefährdung oder konventioneller Störfälle sind in Tab. A4-1 in Anhang A.4 aufgeführt. Die Tabelle enthält auch Angaben zu den in der Oberflächenanlage maximal erwarteten Mengen.

In der Aufbereitungsanlage für Verfüll- und Versiegelungsmaterialien werden die für die Verfüllung der SMA/LMA-Endlagerbehälter und die Verfüllung und Versiegelung der SMA/LMA-Lagerkavernen bzw. BE/HAA-Lagerstollen benötigten Materialien (Zement, Zuschlagstoffe und Bentonit) gelagert und hergestellt (Zementmörtel, Beton). Die Bentonitelemente für die Einlagerung der BE und HAA werden direkt beim Zugangsbauwerk nach Untertag gelagert. Leere Endlagerbehälter werden nach der Eingangskontrolle bis zu ihrer Verwendung in einem separaten Lager zwischengelagert.

3.6 Hilfsanlagen und verwendete Betriebsmittel

Für den Normalbetrieb, beim Unterhalt und bei Erhaltungsmassnahmen sowie im Falle von Interventionen sind verschiedene Hilfsanlagen notwendig. Für den Normalbetrieb sind dies die Lüftung, die Energieversorgung, die Wärmeversorgung und die Behandlungsanlage für konventionelles Abwasser (inklusive Bergwasser).

Die Lüftungsanlage im Lüftungsgebäude dient der Bewetterung der Anlagen Untertag. Die Lüftungsanlagen für den Betrieb der Oberflächenanlagen dienen der Raumlüftung sowie der Unterdruckstaffelung in der kontrollierten Zone; sie sind in die jeweiligen Anlagenmodule integriert.

Die Versorgung der Oberflächenanlage mit elektrischer Energie erfolgt gemäss heutigem Planungsstand aus dem öffentlichen Stromnetz über zwei unabhängige Einspeisepunkte. Für den Fall eines Stromausfalls in den öffentlichen Netzen sind gemäss heutigem Planungsstand dieselbetriebene Ersatzstromaggregate mit genügend grossen Treibstoff-Lagerbehältern vorgesehen, welche die wichtigsten Strombezügler (z. B. Sicherheitssysteme, Lüftung, Bergwasserpumpen) über die erforderliche Zeit versorgen. Für gewisse Systeme (z. B. Leitsysteme, Notbeleuchtung) steht auch eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) zur Verfügung.

Für die verschiedenen Entwässerungspfade (gewerblich-industrielles Abwasser (inkl. vorbehandeltes/gereinigtes und freigemessenes Abwasser aus der kontrollierten Zone), Niederschlagswasser von befestigten Flächen, Bergwasser, etc.) ist vor Ableitung der Wässer bei Bedarf eine Vorbehandlung vorzusehen. Dazu werden kleinere Mengen an Chemikalien benötigt.

In den Zugangsbauwerken fallen trotz Gebirgsinjektionen kleine Mengen an Bergwasser aus den wasserführenden geologischen Schichten an. Dieses wird gefasst, gesammelt und über eine über dem Wirtgestein platzierte Pumpanlage an die Oberfläche gepumpt. Dort sind auch Retentionsvolumina (Kammern) vorgesehen. Je nach Eigenschaften muss das mineralisierte und warme Bergwasser in der Oberflächenanlage vor der Einleitung in den Vorfluter behandelt und abgekühlt werden. Modellhafte Bergwasserzusammensetzungen sind in Tab. A3-1 wiedergegeben. Für die Behandlung des Bergwassers werden evtl. verschiedene Chemikalien benötigt, die in der Oberflächenanlage in genügender Menge bevorratet werden. Weiter kann im Tiefenlager Brauchwasser anfallen, das aufbereitet und dann rezykliert oder in die Kanalisation geleitet wird.

²⁴ Die Endlagerbehälter (für BE/HAA aus Metall und für SMA/LMA aus Beton) bestehen aus festem Material und haben keine Bedeutung bezüglich Wassergefährdung oder konventioneller Störfälle und sind deshalb nicht aufgeführt.

Für den Betrieb und Unterhalt ist auch eine gewisse Menge weiterer Stoffe zu bevorraten, z. B. Reinigungsmaterialien, verschiedene Schmierstoffe und weitere Werkstattmaterialien. Davon werden nur Mindestbestände an Lager gehalten, weil für diese Stoffe die ständige Verfügbarkeit nicht kritisch ist.

Die in der Oberflächenanlage erwarteten Stoffe der Betriebsmittel und ihre allfällige Relevanz bezüglich Wassergefährdung oder konventioneller Störfälle sind in Tab. A4-1 in Anhang A.4 aufgeführt. Die Tabelle enthält auch Angaben zu den in der Oberflächenanlage maximal erwarteten Mengen.

Weiter ist beim Unterhalt/Erhalt oder für Interventionen eventuell der Betrieb weiterer (temporärer) Anlagen notwendig. Hierzu stehen im Funktionsbereich "Service" und im Funktionsbereich "Administrative Aktivitäten" temporäre Flächen zur Verfügung. Ein Teil dieser temporären Flächen ist versiegelt und mit Rückhaltebecken versehen, sodass dort bei Bedarf auch wassergefährdende Stoffe gehandhabt werden können.

Die Betriebsmittel werden vom öffentlichen Verkehrsnetz über die lokale Erschliessung in die Oberflächenanlage transportiert. Für gewisse Stoffe können dabei spezielle Verpackungs- und Transportvorschriften (z. B. ADR/SDR-Vorschriften für Gefahrgut-Transporte; ADR 1957 und SDR 2002) zur Anwendung kommen.

3.7 Stilllegung und Rückbau der Oberflächenanlage

Nach Abschluss der Arbeiten in der Oberflächenanlage kann mit deren Stilllegung und dem Rückbau begonnen werden. Da die Stilllegung und der Rückbau erster Teile der Oberflächenanlage gemäss Entsorgungsprogramm 2008 (Nagra 2008a) erst ab 2050 (SMA-Lager) bzw. 2065 (HAA-Lager) geplant ist, beschränken sich die Angaben zum heutigen Zeitpunkt auf konzeptuelle Aussagen. Ein Konzept für die Stilllegung der Anlage wird als Teil der Unterlagen für die Rahmenbewilligungsgesuche vorgelegt; für die weiteren Bewilligungsgesuche wird ein Plan für die Stilllegung der Anlage erstellt, welcher alle 10 Jahre überprüft und nachgeführt wird. Diese gesetzliche Vorgabe stellt sicher, dass zukünftige Erkenntnisse im Hinblick auf eine Stilllegung der Anlage berücksichtigt werden, und das Stilllegungskonzept dem Stand der Technik angepasst wird.

Der Rückbau derjenigen Anlagenteile, die voraussichtlich kontaminiert sind (Umladezelle und direkt damit verbundene Bauten, weitere Infrastruktur der kontrollierten Zone), wird ähnlich verlaufen wie z. B. der Rückbau der vergleichbaren Teile des Zwiilag. Dafür werden Spezialfirmen beigezogen, welche auch über die notwendige mobile Infrastruktur und Ausrüstung für den sachgerechten Umgang mit den dabei anfallenden radioaktiven Stoffen verfügen (Dekontamination, Konditionierung). Soweit mit vertretbarem Aufwand machbar, werden kontaminierte Bauteile dekontaminiert. Gemäss heutiger Erfahrung in den verschiedenen Anlagen in der Schweiz wird die Kontamination voraussichtlich nicht stark haftend und somit gut zu entfernen sein, sodass davon ausgegangen werden kann, dass viele der Bauteile dekontaminiert und konventionell entsorgt werden können²⁵.

²⁵ Je nach Bedingungen kann bei Bedarf die Dekontamination und Konditionierung einzelner Komponenten und Bauteile auch andernorts in geeigneten Anlagen erfolgen.

Für den restlichen Teil der kontrollierten Zone kann davon ausgegangen werden, dass eine Freimessung möglich ist (geringes Kontaminationspotenzial während des Betriebs, sorgfältige Wartung). Gesamthaft wird ein relativ bescheidener Einsatz von Chemikalien erwartet. Für das HAA-Lager werden aus Stilllegung und Rückbau radioaktive Abfälle in der Grössenordnung von 100 m³ (konditioniert) erwartet, für das SMA-Lager deutlich weniger.

3.8 Fazit

Die Oberflächenanlage bildet den Hauptzugang zum geologischen Tiefenlager. Die Anlage ist modular aufgebaut und deckt die fünf Funktionsbereiche "Annahme", "Produktion", "Auslieferung", "Service" und "Administrative Aktivitäten" ab. Der grösste Teil der Oberflächenanlage liegt innerhalb des Sicherungsareals bzw. des überwachten Bereichs; der überwachte Bereich enthält auch eine kontrollierte Zone.

In der Oberflächenanlage werden mit Ausnahme der Betriebsmittel und Flüssigkeiten aus dem Betrieb (Abwasser, für die optionale BE-Transportbehälter-Innenreinigung Prozesswasser als Option) nur feste bzw. verfestigte Materialien gehandhabt. Dabei handelt es sich einerseits um die angelieferten radioaktiven Abfälle, die in der Oberflächenanlage umgeladen und verpackt (aber nicht behandelt) werden. Andererseits werden in der Oberflächenanlage die für die geologische Tiefenlagerung erforderlichen Produktionsmittel gehandhabt, bei denen es sich um inerte, häufig eingesetzte Stoffe handelt (Behälter aus Metall bzw. Beton, Bentonit und zementbasierte Materialien für die Verfüllung und Versiegelung). Weiter werden auch handelsübliche Betriebsmittel eingesetzt. Schliesslich sind die kleinen Mengen radioaktiver Betriebsabfälle zu beachten, die aus dem Betrieb des geologischen Tiefenlagers (inkl. Oberflächenanlage) anfallen (während der gesamten Betriebsdauer rund 200 m³ (konditioniert) für das HAA-Lager²⁶ und 100 m³ (konditioniert) für das SMA-Lager). Das in der Oberflächenanlage vorhandene Materialinventar (angelieferte radioaktive Abfälle, im geologischen Tiefenlager anfallende radioaktive Abfälle, Produktions- und Betriebsmittel) ist überschaubar und gut kontrollierbar. Die Produktions- und Betriebsmittel liegen bezüglich Menge und Gefahrenpotenzial deutlich unter denjenigen von üblichen Gewerbe- und Industrieanlagen.

Für die Handhabung der angelieferten radioaktiven Abfälle und der Produktionsmittel genügen einfache Betriebsabläufe. Der Durchsatz in der Oberflächenanlage ist so klein, dass genügend Zeit für eine sicherheitsgerichtete Abwicklung der einzelnen Arbeitsschritte zur Verfügung steht. Für den Umgang mit den in der kontrollierten Zone der Oberflächenanlage vorhandenen radioaktiven Stoffe und der Behandlung der im geologischen Tiefenlager (inkl. Oberflächenanlage) anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle werden Verfahren verwendet, mit denen eine grosse Erfahrung (Kernkraftwerke, Zwiilag, PSI, Forschungsinstitute) besteht. Dabei ist weiter zu beachten, dass die Konditionierung dieser Abfälle gemäss heutigem Planungsstand bei einer Drittfirma (z. B. Zwiilag) durchgeführt wird; die Konditionierung könnte jedoch auch in der Oberflächenanlage durchgeführt werden. Alle Arbeitsschritte in der Oberflächenanlage lassen sich gut überwachen. Fehlfunktionen können so vermieden oder aber frühzeitig festgestellt und in ihren allfälligen Auswirkungen zuverlässig begrenzt werden. Alle Prozesse weisen eine kleine Energiedichte auf (Drücke, Temperaturen, chemische Reaktivität, etc.)²⁷.

²⁶ Falls die BE-Transportbehälter-Innenreinigung in der Oberflächenanlage des HAA-Lagers stattfinden würde, kämen nochmals rund 150 m³ radioaktive Abfälle (konditioniert) dazu.

²⁷ Das Schweißen des äusseren Deckels des BE/HAA-Behälters ist zwar mit einem erheblichen Energieeintrag verbunden, führt aber nur sehr lokal zu hohen Temperaturen und erfolgt unter streng kontrollierten Bedingungen.

Die sicherheitstechnisch wichtigen Systeme werden als "fail safe" ausgelegt. Die Stromversorgung wichtiger Systeme ist durch redundante Einspeisepunkte, Ersatzstromaggregate und unterbrechungsfreie Stromversorgungen gewährleistet.

Bei der Oberflächenanlage bzw. ihren Betriebsabläufen handelt es sich um Einrichtungen und Prozesse, die bereits in verschiedenen anderen Betrieben (Kernkraftwerke, Zwischenlager, Forschungsanlagen) seit vielen Jahren vorhanden sind. Die Betriebsabläufe werden in diesen Betrieben regelmässig ausgeführt; dementsprechend existiert dafür langjährige Erfahrung, die zeigt, dass die Einrichtungen und Prozesse zuverlässig und sicher funktionieren. Auch die Stilllegung und der Rückbau der Oberflächenanlage sind im Vergleich zu einem Kernkraftwerk einfach und werden als zuverlässig und sicher durchführbar eingestuft.

4 Nukleare Sicherheit und Strahlenschutz während dem Betrieb der Oberflächenanlage

4.1 Vorgehen im Hinblick auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz

4.1.1 Gesetzliche und behördliche Vorgaben

Geologische Tiefenlager sind Kernanlagen im Sinne der Kernenergiegesetzgebung. Die Oberflächenanlage ist Teil dieser Kernanlage²⁸. Dementsprechend sind für die Betrachtungen zur nuklearen Sicherheit und zum Strahlenschutz das Kernenergiegesetz KEG (2003) und das Strahlenschutzgesetz StSG (1991) sowie die zugehörigen Verordnungen (insbesondere KEV 2004, StSV 1994, UVEK 2008, UVEK 2009, Safeguardsverordnung 2012) massgebend. Die Richtlinien des ENSI enthalten weitere wichtige Vorgaben und Hinweise. Diese werden, soweit sie sich nicht ausschliesslich auf Kernkraftwerke beziehen, bei der Planung und dem Betrieb der Oberflächenanlage sinngemäss berücksichtigt.

Die übergeordneten für die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz massgebenden gesetzlichen und behördlichen Vorgaben können wie folgt gegliedert werden:

- Einhaltung der grundlegenden Schutzziele für Kernanlagen (vgl. UVEK 2008 und UVEK 2009)
- Umsetzung von Auslegungsgrundsätzen (vgl. insbesondere KEV 2004, ENSI 2009 und ENSI 2012)
- Berücksichtigung der Grundsätze des Strahlenschutzes und die Einhaltung der radiologischen Schutzziele (vgl. insbesondere StSV 1994)

Diese übergeordneten Vorgaben werden nachfolgend zusammengefasst, und es wird aufgezeigt, wie sie bei den Betrachtungen zur nuklearen Sicherheit und zum Strahlenschutz berücksichtigt werden.

4.1.2 Vorgehen bezüglich nuklearer Sicherheit und Strahlenschutz

Einhaltung der grundlegenden Schutzziele für Kernanlagen

Die grundlegenden Schutzziele zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit sind²⁹:

- die Kontrolle der (nuklearen) Reaktivität
- die Kühlung der Kernmaterialien und der radioaktiven Abfälle
- der Einschluss der radioaktiven Stoffe
- die Begrenzung der Strahlenexposition

²⁸ Vgl. Art. 3 Bst. d, Art. 2 Abs. 1 Bst. c sowie Art. 49 Abs. 5 KEG.

²⁹ Vgl. dazu Art. 1 Bst. d der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (UVEK 2009).

Die nukleare Reaktivität kann zuverlässig begrenzt und die Kritikalität in der Oberflächenanlage in jedem Fall ausgeschlossen werden³⁰; die Einhaltung des grundlegenden Schutzziels "Kontrolle der (nuklearen) Reaktivität" ist bei einer geeigneten Auslegung der Oberflächenanlage sichergestellt. Da die entsprechenden Massnahmen in der Oberflächenanlage keine spezielle Herausforderung darstellen, wird dieses grundlegende Schutzziel in vorliegendem Bericht nicht weiter behandelt. Die für Kernanlagen geforderte "Kühlung der radioaktiven Abfälle" ist für die Diskussion der Sicherheit der Oberflächenanlage von untergeordneter Bedeutung, da die Wärmeleistung der angelieferten Abfälle zum Zeitpunkt der Einlagerung nach der Zwischenlagerung stark abgeklungen und die Kühlung der wärmeentwickelnden Abfälle, soweit überhaupt notwendig, mit begrenztem Aufwand zuverlässig umsetzbar ist³¹. Die begrenzte Wärmeentwicklung der Abfälle stellt für die Auslegung der Oberflächenanlage keine Herausforderung dar, das grundlegende Schutzziel "Kühlung der radioaktiven Abfälle" wird deshalb in vorliegendem Bericht nicht weiter behandelt. Dementsprechend konzentrieren sich in diesem Bericht die Betrachtungen zur nuklearen Sicherheit der Oberflächenanlage während des Betriebs auf die Einhaltung der grundlegenden Schutzziele "Einschluss der radioaktiven Stoffe" und "Begrenzung der Strahlenexposition".

Die grundlegenden Schutzziele für Kernanlagen können durch Störfälle verletzt werden. Dazu zählt auch die absichtliche, unbefugte Einwirkung Dritter. In einer Kernanlage mit Kernmaterialien kann es zur Entwendung von Kernmaterialien kommen (Safeguards). Die Schutzziele zur geforderten Gewährleistung der nuklearen Sicherheit sind³²:

- Schutz der Kernanlagen vor unbefugter Einwirkung
- Schutz der Kernmaterialien vor Entwendung und unbefugter Einwirkung
- Schutz von Mensch und Umwelt vor radiologischer Schädigung verursacht durch unbefugte Einwirkung

Gemäss UVEK (2008) hat der Inhaber einer Betriebsbewilligung für eine Kernanlage für Kernmaterialien nachzuweisen, dass diese Schutzziele mit den getroffenen Sicherungsmassnahmen eingehalten werden. Dabei sind bauliche, technische sowie organisatorische und administrative Sicherungsmassnahmen zu treffen. Die Grundsätze zu den baulichen Sicherungsmassnahmen sind in Anh. 2 der KEV (KEV 2004) festgehalten, die Grundsätze zu allen weiteren Sicherungsmassnahmen (Detektions-, Kommunikations- und Zutrittskontrollsysteme, Sicherheitsorganisation, Kontrollregelungen, Informationsaustausch) in UVEK (2008). Die Einzelheiten zu den erforderlichen Sicherungsmassnahmen sowie zu den Gefährdungsannahmen für den Nachweis der Einhaltung der Schutzziele zur nuklearen Sicherheit sind in Richtlinien geregelt; diese detaillierten Vorgaben – und auch der detaillierte Nachweis der Einhaltung der Schutzziele zur

³⁰ Für verpackte Brennelemente wird dies durch eine geeignete Auslegung und Beladung der Transport- und Endlagerbehälter erreicht. Während des Umladevorgangs der Brennelemente von den Transport- in die Endlagerbehälter wird dies durch eine geeignete Auslegung der Umladezelle erreicht (Schutz vor mechanischen Einwirkungen und Wasserzutritt), kombiniert mit einem störungssicheren Handhabungsvorgang. Dadurch wird ausgeschlossen, dass spaltfähiges Material zusammen mit als Moderator wirkendem Wasser in eine Konfiguration gerät, die zu einem kritischen Zustand führen könnte. Entsprechende Nachweise werden im Rahmen der Anlagenauslegung und im Bewilligungsverfahren erbracht. Bei SMA und LMA kann nukleare Kritikalität nicht auftreten, und sie kann auch für die verglasten HAA ausgeschlossen werden.

³¹ Eine passive Kühlung reicht aus für die Wärmeabfuhr (Wärmeleitung und passive Luftkonvektion), um eine Überschreitung der maximal zulässigen Temperaturen in Materialien und Gebäudeteilen zu vermeiden, da nach der Zwischenlagerzeit die Wärmeleistung der Abfälle (insbesondere auch der BE und HAA) deutlich abgenommen hat.

³² Vgl. dazu Art. 2 der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien (UVEK 2008).

nuklearen Sicherung – unterliegen der Geheimhaltung. Die Vorgaben können durch eine geeignete Auslegung der Anlage und der Abläufe sowie durch organisatorische Massnahmen erfüllt werden und stellen für die Oberflächenanlage keine spezielle Herausforderung dar. Das Thema der nuklearen Sicherung wird deshalb in diesem Bericht nicht weiter behandelt.

Auch die Vorgaben bezüglich Safeguards (vgl. Safeguardsverordnung 2013) können durch eine geeignete Auslegung der Anlage und der Abläufe sowie durch organisatorische Massnahmen erfüllt werden und sind für die Oberflächenanlage gut umsetzbar. Dieses Thema wird deshalb in diesem Bericht nicht weiter vertieft.

Grundsätzliche Möglichkeiten bei der Auslegung der Oberflächenanlage

Um die grundlegenden Schutzziele "Einschluss der radioaktiven Stoffe" und "Begrenzung der Strahlenexposition" einzuhalten, werden für die Oberflächenanlage die Auslegungsgrundsätze für Kernanlagen, insbesondere diejenigen für Zwischenlager (vgl. ENSI 2012), berücksichtigt. Dementsprechend wird die Oberflächenanlage auf einen sicherheitsgerichteten Betrieb ausgelegt, der gewährleistet, dass in allen Betriebszuständen (d. h. im Normalbetrieb, bei Betriebsstörungen und bei Störfällen) unzulässige Auswirkungen auf das Personal und die Umwelt zuverlässig ausgeschlossen werden können. Dies bedeutet, dass im Normalbetrieb (inkl. Betriebsstörungen) die Dosisgrenzwerte entsprechend Art. 35 bis 37 StSV und die aus dem quellenbezogenen Dosisrichtwert abgeleiteten Abgabelimiten mindestens einzuhalten sind. Bei Störfällen gilt es, die Dosisgrenzwerte nach Art. 94 StSV mindestens einzuhalten.

Im Normalbetrieb ist ein störungsfreier Betrieb der Oberflächenanlage sicherzustellen, und die Auswirkungen auf die Umgebung sind klein zu halten; die Vermeidung von Störfällen mit unzulässigen Auswirkungen auf das Betriebspersonal und die Umgebung stellt das oberste Sicherheitsziel beim Betrieb dar. Dies verlangt eine Auslegung, bei welcher Fehlfunktionen oder Fehlhandlungen möglichst aufgefangen werden, und die Integrität der Barrieren für den Einschluss des radioaktiven Materials und die Gewährleistung einer genügenden Abschirmung sowie die zuverlässige Funktion der Sicherheitssysteme auch bei Betriebsstörungen erhalten bleiben. Falls es trotzdem zu einem Störfall kommt, ist es das Ziel der Auslegung, den Störfall bzw. die Störfallfolgen zu beherrschen, d. h. die radiologischen Auswirkungen zu begrenzen, die Schutzziele einzuhalten und die Anlage in einen sicheren Zustand zurückzuführen.

Diese übergeordneten Ziele können durch die Wahl eines geeigneten Standortareals, durch die geeignete Auslegung der Anlage (inkl. der technischen Einrichtungen und Hilfsmittel) sowie durch einen geeigneten Betriebsablauf (inkl. administrative und organisatorische Massnahmen) erreicht werden. Durch Einhaltung der Annahmebedingungen³³ für die einzulagernden Abfälle wird sichergestellt, dass ungeeignete, gemäss Annahmebedingungen nicht zugelassene Abfälle (z. B. als Folge von Schäden bzw. Beschädigungen während der Zwischenlagerung) vor dem Versand zurückgewiesen und beim Absender zur Sanierung zurückbehalten werden. Für den Fall, dass in der Oberflächenanlage bei der Entladung in der Umladezelle trotzdem Nichtkonformitäten (z. B. als Folge des Transports) festgestellt werden, und diese nicht vor Ort behoben werden können, werden die Abfälle an den Absender (bzw. an eine Drittfirma (z. B. Zwiilag) als Dienstleister) zurückgesendet.

³³ Schon heute wird durch die Beurteilung der Endlagerfähigkeit von Abfallgebindingstypen sichergestellt, dass die hergestellten Abfallgebindinge für die Einlagerung in die geologischen Tiefenlager geeignet sind. Die Abfallverursacher müssen als Voraussetzung für die Freigabe eines Konditionierverfahrens durch das ENSI die Endlagerfähigkeit der resultierenden Abfallgebindinge von der Nagra beurteilen lassen (ENSI 2007). Neben der Überprüfung allgemeiner Aspekte führt die Nagra eine spezifische sicherheitstechnische Prüfung durch, die dazu führen kann, dass am vorgeschlagenen Abfallgebindingstyp Modifikationen zur Verbesserung der Sicherheit vorgenommen werden. Auch für die BE macht die Nagra bei Bedarf Abklärungen bezüglich ihrer Endlagerfähigkeit.

Berücksichtigung der Grundsätze des Strahlenschutzes und Einhaltung der radiologischen Schutzziele

Bei der Auslegung der Oberflächenanlage werden die Grundsätze des Strahlenschutzes berücksichtigt. Der Nachweis, dass die radiologischen Schutzziele eingehalten werden, erfolgt im weiteren Bewilligungsverfahren gemäss den Vorgaben in der Kernenergiegesetzgebung (vgl. dazu insbesondere Anh. 4 KEV).

Bei den radiologischen Schutzzielen ist zwischen Normalbetrieb und Störfällen zu unterscheiden. Als Normalbetrieb wird derjenige Anlagenzustand bezeichnet, in welchem die regulären Tätigkeiten innerhalb der spezifizierten Betriebsgrenzen der Oberflächenanlage gemäss geltender Vorschriften stattfinden (vgl. Definition in Anh. 1, KEV 2004). Ziel ist der störungsfreie Betrieb der Anlage, d. h. die Vermeidung von Betriebsstörungen³⁴ und Störfällen³⁵ (und damit die Aufrechterhaltung der Funktionalität der Anlage) sowie die Beherrschung von allenfalls eingetretenen Störfällen (Störfallvorsorge).

Neben dem übergeordneten Ziel der Anlagensicherheit und dem Einhalten der radiologischen Schutzziele kommen bei der Auslegung der Oberflächenanlage auch die praktischen Überlegungen zum Betrieb der Anlage zum Tragen (Strahlenschutzkonzept (unter Berücksichtigung von Wartung und Revision), Freimessen von Abfällen aus der kontrollierten Zone, Entsorgung der im Tiefenlager (inkl. Oberflächenanlage) anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle, Überwachung der Anlage und der radioaktiven Abgaben an die Umwelt, etc.).

Die Strahlenschutzgesetzgebung verlangt eine Begrenzung der Strahlenexposition (Art. 9 StSG) durch Einhaltung der radiologischen Schutzziele und die Optimierung des Strahlenschutzes (Art. 6 StSV)^{36, 37}. Das heisst, dass die blosser Einhaltung von Grenzwerten nicht ausreichend ist. Mit der Anwendung von sogenannten "Dose Constraints" (Strahlenschutzziele) wird diesem Umstand Rechnung getragen. Die Oberflächenanlage soll so ausgelegt werden, dass auch bei Störfällen mit kleiner Eintretenshäufigkeit (kleiner als 10^{-4} pro Jahr) eine erhebliche Freisetzung von Radioaktivität ausgeschlossen werden kann, und die resultierende Dosis für nichtberuflich strahlenexponierte Personen unter 1 mSv liegt. Deshalb gibt es aus Sicht der Nagra unter Berücksichtigung der Hinweise in der Strahlenschutzverordnung (StSV 1994) bzw. in der Notfallschutzverordnung (NFSV 2010) gute Gründe zur Annahme, dass im Rahmen der zukünftigen Bewilligungsverfahren entschieden wird, dass auf die Vorbereitung und Durchführung von Notfallschutzmassnahmen³⁸ in der Umgebung der Oberflächenanlage verzichtet werden kann.

³⁴ Betriebsstörungen sind Störungen des Normalbetriebs mit einer Häufigkeit von mehr als 10^{-1} pro Jahr (ENSI 2010a).

³⁵ Als Störfall gilt jeder von Normalbetrieb oder Betriebsstörung abweichende Anlagenzustand.

³⁶ Der erste Grundsatz des Strahlenschutzes ist derjenige der Rechtfertigung von Strahlenexpositionen (Art. 8 StSG, Art. 5 StSV). In der Schweiz wird die geologische Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle gesetzlich verlangt. Deshalb wird die Rechtfertigung für den Betrieb der Oberflächenanlage und für die damit zusammenhängenden notwendigen Tätigkeiten im Grundsatz nicht weiter zu begründen sein (vgl. dazu z. B. die Erläuterungen in ENSI 2010b, Kapitel 5.1).

³⁷ Für die geologischen Tiefenlager sind bezüglich Optimierung auch die Vorgaben in der Richtlinie ENSI-G03 (ENSI 2009) zu beachten: "Bei Entscheiden im Rahmen der Projektierung, des Baus und Betriebs (inklusive Verschluss) eines geologischen Tiefenlagers sind Alternativen im Hinblick auf die Optimierung der Betriebs- und Langzeitsicherheit abzuwägen."

³⁸ Solche Notfallschutzmassnahmen umfassen für Kernkraftwerke z. B. den Aufenthalt im Haus oder die Bereitstellung bzw. die Einnahme von Kaliumiodidtabletten (vgl. ABCN-Einsatzverordnung 2010).

4.1.3 Vorgaben und Vorgehen – Zusammenfassung

Für die Oberflächenanlage sind die grundlegenden Schutzziele für Kernanlagen einzuhalten, die Auslegungsgrundsätze umzusetzen sowie die Grundsätze des Strahlenschutzes (inkl. Störfallvorsorge) zu berücksichtigen und die radiologischen Schutzziele einzuhalten.

Bei den Betrachtungen zur nuklearen Sicherheit und zum Strahlenschutz während des Betriebs der Oberflächenanlage steht die Einhaltung der grundlegenden Schutzziele "Einschluss der radioaktiven Stoffe" und "Begrenzung der Strahlenexposition" sowie die Einhaltung der radiologischen Schutzziele für das Personal und die Bevölkerung im Vordergrund. Die Beurteilung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes erfolgt getrennt für den Normalbetrieb (inkl. Betriebsstörungen) in Kap. 4.2 und für Störfälle in Kap. 4.3 und wird anschliessend zusammengefasst (Kap. 4.4).

4.2 Sicherheit und Strahlenschutz im Normalbetrieb

Durch eine geeignete Strahlenschutzorganisation wird der Strahlenschutz für das Betriebspersonal sichergestellt. Für die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte sind die Direktstrahlung (inklusive Streustrahlung) sowie die Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt zu berücksichtigen.

Strahlenschutzsachverständige entsprechend Art. 16 StSG gewähren die vorschriftskonforme Umsetzung des Strahlenschutzes im Betrieb. Dies beinhaltet unter anderem eine konforme Zonen- und Gebietsgestaltung, die Begrenzung der Strahlenexposition, die Rechtfertigung und Optimierung, die Vermeidung von Inkorporation und Kontamination und die Dosimetrie.

Die **Direktstrahlung** wird begrenzt durch die Beschränkung des Radionuklidinventars in den einzelnen Abfallgebänden, durch die Abschirmwirkung der Abfallgebände, der Transportbehälter, der Endlagerbehälter und der Gebäudestrukturen (inkl. Umladezellen) sowie bei Bedarf durch temporäre Abschirmungen und schliesslich durch die Begrenzung der Anzahl der zu einem Zeitpunkt an einem bestimmten Ort vorhandenen Abfallgebände. Die zulässige Dosisleistung an der Oberfläche der externen Transportbehälter bzw. der Abfallgebände ist durch die Transportvorschriften bzw. die Annahmebedingungen vorgegeben. Die guten Möglichkeiten zur Abschirmung und das beschränkte Abfallinventar ergeben, dass Direkt- und Streustrahlung für die Bevölkerung und – verbunden mit einer zumindest teilweisen Fernhantierung – auch für das Personal gut beherrschbar sind.

Die **Emission radioaktiver Stoffe** wird begrenzt durch ein entsprechendes Zonenkonzept, eine gestaffelte Unterdruckhaltung sowie geeignete Filtersysteme. Wegen der Eigenschaften der angelieferten Abfälle ergeben sich nur sehr geringe Freisetzungsraten für luftgetragene Stoffe, was durch die Betriebserfahrungen bei den Zwischenlagern für SMA und LMA bestätigt wird; die durch luftgetragene radioaktive Stoffe aus den SMA-/LMA-Abfallgebänden verursachte Strahlenexposition ist vernachlässigbar. Die HAA-Glaskokillen sind absolut dicht, sodass keine luftgetragenen radioaktiven Stoffe freigesetzt werden. Auch die geschlossenen Transport- und Endlagerbehälter für BE sind vollständig dicht, sodass es zu keiner Freisetzung kommen kann. Bei den BE selbst sind die Brennstofftabletten fest und in einem dichten metallischen Hüllrohr eingeschlossen; beim Umladen der BE in der Umladezelle kann es jedoch im Fall eines Brenn

stabs mit undichtem Hüllrohr zu einem Austritt von luftgetragenen Stoffen kommen, was infolge der Anlagenauslegung und den Stoffeigenschaften der dabei emittierten Nuklide jedoch unproblematisch ist³⁹.

Die innerbetriebliche Freisetzung wie auch die Emission von radioaktiven Stoffen als Folge von Oberflächenkontamination wird durch Einhaltung entsprechender Transport- und Annahmbedingungen (und deren Überwachung), zonenkonforme Strahlenschutzmassnahmen und entsprechende Filtersysteme verhindert bzw. kleingehalten. Die Oberflächen der angelieferten Abfallgebände (inkl. HAA-Kokillen) und der Transportbehälter müssen entsprechend den Transportvorschriften (vgl. ADR 1957 bzw. ADR Bd. 1 1957) kontaminationsfrei sein. Bei den BE hingegen wird es teilweise auf der Aussenseite der Brennstäbe Ablagerungen (Crud) haben und beim Umladen der BE von den externen Transportbehältern in die Endlagerbehälter kann es in der Umladezelle durch das Abplatzen von Partikeln dieser Ablagerungen zu einer Kontamination kommen. Eine unzulässige Abgabe von radioaktiven Stoffen aus der Umladezelle kann wegen der Art der freigesetzten radioaktiven Stoffe und durch die Auslegung der Umladezelle (Unterdruckhaltung, Möglichkeit des Umluftbetriebs, Verwendung von Abluftfiltern) zuverlässig vermieden werden. Dies wird durch die mehrjährigen Betriebserfahrungen beim Umlad von Brennelementen z. B. in der "heissen Zelle" des Zwiilag bestätigt.

Bezüglich Betriebsstörungen wird für die Auslegung für SMA bzw. LMA in der Umladezelle eine Beschädigung eines Abfallgebändes angenommen. Weil die Abfälle fest und in einer Hülle verpackt sind, kann es zu keiner für die Sicherheit relevanten Freisetzung von radioaktiven Stoffen kommen. Das heisst, dass es bei den SMA bzw. LMA auch bei Betriebsstörungen innerhalb der Umladezelle zu keiner für die Sicherheit relevanten Kontamination kommen wird. Dies ist in Übereinstimmung mit den Erfahrungen in den in der Schweiz seit vielen Jahren in Betrieb stehenden Anlagen (Kernkraftwerke, Zwischenlager, Forschungsinstitute). Auch bei den BE wird für die Auslegung in der Umladezelle die Beschädigung eines BE angenommen; dies kann zu einem Austritt von radioaktiven Stoffen in die Umladezelle führen, was aber wegen der Auslegung der Umladezelle zu keiner für die Sicherheit relevanten Freisetzung führt. Während des Betriebs wird es innerhalb der BE-Umladezelle der Oberflächenanlage des HAA-Lagers im Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen eine gewisse Kontamination geben, welche jedoch durch periodische Dekontamination klein gehalten wird. Eine für die Sicherheit relevante Verschleppung von Kontamination aus den Umladezellen wird durch die Auslegung verhindert, und es kann auch bei Betriebsstörungen beim SMA- und beim HAA-Lager zu keiner unzulässigen Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt kommen.

Direkt an die Umladezelle angeschlossen werden im HAA- und im SMA-Lager weitere Zellen für die Wartung, Intervention und Reparaturen eingerichtet, die – wie die entsprechenden Teile der Lüftung und die Behandlungsanlage für die radioaktiven Betriebsabfälle sowie weitere Infrastrukturteile – Teil der kontrollierten Zone sind. Die Wartung der Umladezelle und die Tätigkeiten in den mit der Umladezelle verbundenen Zellen (Dekontamination⁴⁰, Filterwechsel, Ersatz von Verschleissteilen, Gerätwartung, Instandhaltungsarbeiten an technischen Einrich-

³⁹ Beim Öffnen der BE-Transportbehälter in der Umladezelle muss im Fall eines Brennstabs mit undichtem Hüllrohr mit dem Austritt von luftgetragenen Stoffen (Spaltgas) gerechnet werden. Gasförmige Spaltprodukte (Edelgase) sind zum Zeitpunkt der Einlagerung bis auf Krypton-85 bereits zerfallen. Da Krypton als Edelgas in Filtern nur schlecht zurückgehalten wird, wird angenommen, dass es an die Umgebung abgegeben wird. Dort reichert es sich jedoch als (chemisch inertes) Edelgas nicht an und ist ausserdem physiologisch kaum wirksam. Die Emissionen werden weit unter den zulässigen Abgabelimiten für radioaktive Stoffe an die Umwelt liegen.

⁴⁰ Für die Dekontamination der BE-Umladezelle wird eine mobile Absaugvorrichtung vorgesehen, mit welcher die Crud-Partikel entfernt werden. Bei Bedarf kann auch Wischen zur Dekontamination verwendet werden. Bei der Dekontamination werden kaum Flüssigkeiten zum Einsatz kommen, sodass der Vorrat an flüssigen Dekontaminationsmitteln auf kleine Mengen beschränkt wird.

tungen, etc.) sowie weitere Tätigkeiten werden zu Abfällen führen, die in geeigneten Systemen gesammelt werden und (bei Bedarf nach Dekontamination) entweder freigesessen und auf konventionellem Weg entsorgt werden können oder als radioaktive Betriebsabfälle zu entsorgen sind. Dazu gehören auch die Abwässer aus der kontrollierten Zone. Auch die Innenreinigung von BE-Transportbehältern (optional in der Oberflächenanlage) wird Abfälle produzieren, die zu entsorgen sind.

Für den Fall von Betriebsstörungen werden ausserdem **Interventionsmöglichkeiten** eingeplant. Dabei ist zur Behebung möglicher Störungen durch geeignete Massnahmen ((temporäre) Abschirmung, temporäres Zelt zur Vermeidung der Kontaminationsverschleppung, Dekontamination, etc.) ein Personenzutritt zu ermöglichen, und/oder geeignete technische Einrichtungen zur (teilweisen) Fernhantierung sind vorzusehen.

Durch die **Einrichtung einer kontrollierten Zone** in der Oberflächenanlage wird die Einhaltung der radiologischen Schutzziele für das Personal sichergestellt. Die Errichtung einer kontrollierten Zone trägt zur Optimierung des Strahlenschutzes bei. Dazu wird die kontrollierte Zone je nach maximal erwarteter Ortsdosisleistung in verschiedene Gebietstypen und je nach maximal erwarteter Kontamination der Luft bzw. von Oberflächen in verschiedene Zonentypen unterteilt⁴¹. Mit Vorschriften und Beschränkungen (Zugang, Aufenthaltszeiten, Schutzkleidung) für die verschiedenen Gebiets- und Zonentypen und deren Überwachung wird die Strahlenexposition des Personals wirksam beschränkt. Durch bauliche Massnahmen (Schleusen, Unterdruckhaltung, Abluftfilter) wird eine mögliche Kontaminationsverschleppung verhindert. Dies wird durch die langjährige Betriebserfahrung in den schweizerischen Anlagen (Kernkraftwerke, Zwischenlager, Forschungsinstitute) bestätigt.

Die Abluft aus der kontrollierten Zone wird wo nötig gefiltert und bezüglich Radioaktivität überwacht, gemessen und bilanziert. Abwässer aus der kontrollierten Zone werden gesammelt und bei Bedarf gereinigt und nur soweit zulässig an die Umwelt abgegeben. Dabei ist die in der Betriebsbewilligung festgesetzte Abgabelimite radioaktiver Stoffe unter Berücksichtigung des Optimierungsgebots einzuhalten. Die **Überwachung radiologischer Grössen** dient während des Betriebs dem Nachweis, dass die radiologischen Schutzziele für Bevölkerung und Personal eingehalten werden und umfasst neben der Bilanzierung der radioaktiven Abgaben an die Umwelt die Personendosimetrie, die Messung von Luft- und Oberflächenkontaminationen innerhalb der Anlage, die Messung der Ortsdosisleistung, etc.. Im Bewilligungsverfahren werden die Behörden festlegen, inwieweit die Anlage in die bestehenden behördlichen Umgebungsüberwachungsprogramme für die Schweizer Kernanlagen eingebunden wird.

Schliesslich trägt auch die **Aus- und Weiterbildung** des Personals zur Sicherheit bei.

Nukleare Sicherheit und Strahlenschutz im Normalbetrieb – Zusammenfassung

Die technische Auslegung der Anlage und der Betriebsabläufe sowie die Massnahmen zum Strahlenschutz während des Betriebs sind darauf ausgerichtet, die radiologischen Schutzziele einzuhalten und wo möglich weitere Optimierungen zum Schutz des Personals und der Bevölkerung (ALARA-Prinzip) vorzunehmen, auch während Wartung, Revisionen und Reparaturen.

⁴¹ Die kontrollierte Zone wird so ausgelegt, dass innerhalb der Zone die Gebiets- bzw. Zonentypen entsprechend den Bedürfnissen des Betriebs (z. B. erhöhte Kontamination bzw. Ortsdosisleistung bei Revision oder Intervention) temporär angepasst werden können.

Geeignete Annahmebedingungen für die Abfälle stellen sicher, dass die Dosisleistungen an der Oberfläche der angelieferten radioaktiven Abfälle auf angemessene Werte beschränkt sind. Zur Abschirmung der Direktstrahlung tragen die externen Transportbehälter, die Endlagerbehälter und zusätzlich die internen Transportbehälter sowie die Gebäudestrukturen und bei Bedarf temporäre Massnahmen bei. Während des Umlads der Abfallgebinde bzw. der BE bei geöffneten Behältern übernimmt die Umladezelle die notwendige zusätzliche Abschirmwirkung.

Bezüglich Freisetzung luftgetragener radioaktiver Stoffe stellen geeignete Annahmebedingungen für die Abfälle sicher, dass die Oberflächen der Abfallgebinde bzw. der Transportbehälter im Sinne der Transportvorschriften keine Kontamination aufweisen und dass die Freisetzung luftgetragener radioaktiver Stoffe aus HAA, LMA und SMA klein ist. Einzig bei den BE wird es im HAA-Lager im Normalbetrieb beim Umladen innerhalb der BE-Umladezelle zu innerbetrieblichen Freisetzungen kommen (Abfallen radioaktiver Partikel aus Ablagerungen auf der Aussenseite der Brennstäbe (Crud) bei der Handhabung bzw. Austritt von luftgetragenen Stoffen aus einem Brennstab im Fall eines undichten Hüllrohrs). Damit verbundene Emissionen sind infolge der Anlagenauslegung und den Stoffeigenschaften äusserst gering und werden gemäss heutiger Erfahrung in den schweizerischen Kernanlagen weit unter den zulässigen Abgabelimiten radioaktiver Stoffe an die Umwelt liegen.

Eine Kontamination der Anlage (ausserhalb der Umladezelle) wird im Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen durch die Annahmebedingungen, die technische Auslegung der Umladezelle mit Filtern und Schleusen zusammen mit der Einrichtung einer kontrollierten Zone zuverlässig verhindert.

Wegen der Handhabung der BE wird es in der Oberflächenanlage des HAA-Lagers in der Umladezelle eine gewisse Kontamination geben. Bei der Dekontamination sowie der Behandlung der Abfälle aus der kontrollierten Zone (Wartung, Reparaturen, etc.) fallen radioaktive Betriebsabfälle an, die gesammelt und konditioniert werden müssen. Falls in der Oberflächenanlage entgegen den heutigen Planungsannahmen eine Innenreinigung der BE-Transportbehälter erfolgt, fallen auch hier radioaktive Abfälle an. Die Konditionierung der im geologischen Tiefenlager (inkl. Oberflächenanlage) anfallenden radioaktiven Abfälle soll durch eine Dritt-firma erfolgen, könnte jedoch grundsätzlich auch in der Oberflächenanlage durchgeführt werden. Wegen der kleinen Menge an radioaktiven Betriebsabfällen und ihrem geringen Nuklidinventar wird der Umgang mit diesen Abfällen in Übereinstimmung mit den Erfahrungen in den schweizerischen Anlagen (Kernkraftwerke, Zwiilag, PSI) als problemlos beurteilt.

Interventionsmöglichkeiten bei Betriebsstörungen können ohne unzulässige Strahlenexpositionen des Personals und ohne sicherheitsrelevante Auswirkungen auf die Bevölkerung gewährleistet werden.

4.3 Sicherheit bei nuklearen Störfällen

Als Störfall gilt jeder vom Normalbetrieb (inkl. Betriebsstörungen) abweichende Anlagenzustand. Die Störfallvorsorge beinhaltet die Vermeidung von Störfällen⁴² bzw. deren Beherrschung (Einhaltung der radiologischen Schutzziele und Rückführung der Anlage in einen sicheren Zustand), für den Fall, dass diese tatsächlich eintreten. Grundlegend für die nukleare

⁴² Durch Elimination oder durch Reduktion von Eintrittshäufigkeit und/oder der Intensität der Einwirkung.

Betriebssicherheit einer kerntechnischen Anlage ist es, dass die Sicherheitsfunktionen⁴³ auch unter möglichen Störfalleinwirkungen im erforderlichen Umfang aufrechterhalten bleiben. Bestandteil der Analyse der Betriebssicherheit ist die Identifikation möglicher Störfälle, die Untersuchung ihrer potenziellen Ein- und Auswirkungen sowie eine Abschätzung ihrer Eintrittshäufigkeit und die Ableitung von Massnahmen zu deren Vermeidung bzw. Beherrschung. Dementsprechend werden für die Oberflächenanlage⁴⁴ nachfolgend mögliche Einwirkungen als Störfallkatalog aufgezeigt und das Gefährdungspotenzial sowie die Massnahmen bezüglich dieser Einwirkungen beschrieben.

Störfallkatalog

Übereinstimmend mit der Vorgabe des BFE (BFE 2012b), qualitative und abdeckende Sicherheitsbetrachtungen durchzuführen ohne direkten Bezug auf konkrete Standortareale, wird für die Störfallbetrachtungen ausgehend von den Vorgaben und Hinweisen in KEV (2004) und UVEK (2008) sowie in den relevanten ENSI-Richtlinien und unter Berücksichtigung vorhandener Erfahrungen ein allgemeiner Störfallkatalog abgeleitet⁴⁵. Es wird geprüft, inwieweit die aufgeführten Störfälle eine Gefährdung von Personal und Bevölkerung durch die Oberflächenanlage darstellen können, und welche Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit getroffen werden müssen. Für die Herleitung eines stufengerechten Störfallkatalogs werden mögliche Einwirkungen von aussen und Einwirkungen von innen berücksichtigt⁴⁶. Schliesslich sind grundsätzlich auch Einwirkungen Dritter zu betrachten (z. B. Sabotage), die aber gemäss Diskussion in Kap. 4.1 im vorliegenden Bericht nicht weiter behandelt werden.

Bei der Beurteilung der Störfälle werden auch Kombinationen von Einwirkungen berücksichtigt. Eine Festlegung von Störfallkombinationen kann jedoch nur für konkrete Standorte sinnvoll erfolgen; deshalb wird hier auf entsprechende Angaben verzichtet.

Die Störfallereignisse werden daraufhin bewertet, inwieweit ihre möglichen Einwirkungen auf Gebäude, Einrichtungen, Behälter und Abfälle zur Freisetzung von radioaktiven Stoffen bzw. zur Beeinträchtigung der Abschirmung und damit zu einer Verletzung der Schutzziele führen können, und welche Massnahmen zu ihrer Verhinderung (bzw. Reduktion ihrer Eintretenshäufigkeit) bzw. zur Begrenzung ihrer Auswirkungen getroffen werden müssen.

⁴³ Die für die Oberflächenanlage massgebenden grundlegenden Schutzziele "Einschluss der radioaktiven Stoffe" und "Begrenzung der Strahlenexposition" werden durch die davon abgeleiteten übergeordneten Sicherheitsfunktionen wie "Widerstandsfähigkeit" von Gebäudehüllen und Abfallbinden sowie von Endlager- und Transportbehälter gegen (definierte) einwirkende Lasten sowie die "Rückhaltefähigkeit" technischer Systeme (Abfälle mit Abfallmatrix/-gebände, Transportbehälter, Umladezelle mit Filter, Unterdruckführung, Schleusen) gewährleistet.

⁴⁴ In Anlehnung an das Vorgehen beim Zwiilag (vgl. z. B. HSK 1995b) werden für eine allfällige Umladestation im Rahmen der späteren Bewilligungsverfahren Störfallbetrachtungen durchgeführt, welche die standort-spezifischen Bedingungen berücksichtigen. Entsprechend den vorhandenen Erfahrungen werden die Störfälle bei geeigneter Anordnung und Auslegung der Umladestation als beherrschbar beurteilt; die Schutzziele können durch eine allfällige Umladestation eingehalten werden.

⁴⁵ Für das Standortgebiet Wellenberg ist gemäss heutiger Planung vorgesehen, die Oberflächenanlage teilweise untertägig anzuordnen. Dies bedeutet, dass ein Teil der hier aufgeführten Einwirkungen von aussen nicht relevant ist. Die in diesem Bericht gemachten Aussagen gelten aber sinngemäss auch für die Oberflächenanlage im Standortgebiet Wellenberg.

⁴⁶ Im Rahmen der nicht auf konkrete Standortareale bezogenen Sicherheitsbetrachtungen auf Stufe "Vorstudie" kann die Herleitung des Störfallkatalogs nur allgemein gehalten werden, ausgehend von den gesetzlichen und behördlichen Vorgaben und unter Berücksichtigung der Erfahrungen in der Schweiz (vgl. z. B. die in den Sicherheitsberichten für die schweizerischen Kernanlagen analysierten Störfälle, welche durch das ENSI geprüft wurden) und Hinweisen aus der internationalen Fachwelt (z. B. IAEA 2002, IAEA 2003). Bei den zukünftigen standortspezifischen Sicherheitsanalysen werden die spezifischen lokalen Bedingungen berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der vorhandenen Erfahrungsbasis kann davon ausgegangen werden, dass der hier verwendete Störfallkatalog für eine Oberflächenanlage die wichtigsten Einwirkungen enthält.

Einwirkungen von aussen

Es werden folgende typische externe Ereignisse bzw. Einwirkungen von aussen identifiziert:

Naturgefahren:

- Meteorologische Ereignisse (Blitz, Wind/Sturm/Tornados, Hagel, ausgeprägt harte Sommer-/Winterbedingungen, extremer Niederschlag, inkl. direkter Folgen (Windwurf, Lawinen, etc.))
- Hydrologische Ereignisse (Überflutung, Ufererosion, Grundwasseranstieg, mögliche Ursachen für Talsperrenversagen)
- Ereignisse ausgelöst durch Geologie, Baugrundeigenschaften und Erdbeben (Erschütterungen, Bodenbewegungen, Bodensetzung, Bodenverflüssigung, Flussbettverlagerung, Erdbeben/Hangrutsch/Murgang/Steinschlag, mögliche Ursachen für Talsperrenversagen)
- Sonstige Ereignisse (Wald-/Flächenbrand, mögliche Ursachen für Ausfall externer Ver-/Entsorgungs-Systeme)

Zivilisatorische Gefahren⁴⁷:

- Absturz eines Flugzeugs oder Helikopters
- Externe Explosion bzw. Brand (z. B. durch einen Pipeline-Unfall, Unfall in einer Militär- bzw. Industrieanlage oder durch eine Gaswolke aus einer Industrieanlage)
- Von einem Unfall auf dem Verkehrsnetz betroffener explosiver/brennbarer Gefahrguttransport
- Giftige Gaswolke aus Unfällen in Industrieanlagen oder auf dem Verkehrsnetz sowie andere Einwirkungen, die zu einer Gefährdung von Personen in der Oberflächenanlage führen könnten
- Hochfrequente elektromagnetische Interferenzen
- Ausfall externer Ver- bzw. Entsorgungssysteme

Einwirkungen von innen

Es werden menschliche Fehlhandlungen und Fehlfunktionen von Einrichtungen (inkl. Komponentenversagen) unterstellt, die zu folgenden typischen Einwirkungen von innen führen und damit im Rahmen der allgemeinen Sicherheitsbetrachtung auf Stufe "Vorstudie" als abdeckend für die möglichen Ereignisse bzw. Einwirkungen von innen in der Oberflächenanlage angesehen werden können:

- Absturz eines Abfallgebundes bzw. Beschädigung eines BE oder Aufprall einer Last auf ein Abfallgebäude bzw. ein BE beim Umladen der angelieferten Abfälle von einem Transport- in einen Endlagerbehälter in der Umladezelle
- Aufprall einer Last auf einen mit Abfällen bzw. mit Endlagerbehältern beladenen externen bzw. internen Transportbehälter bzw. Absturz/Aufprall eines beladenen externen bzw. internen Transportbehälters im Anlieferungs- bzw. Auslieferungsbereich
- Brand und/oder Explosion, Überhitzung (z. B. in einem Fahrzeug)

⁴⁷ Durch menschliche Tätigkeiten verursachte Gefahren.

- Havarie eines wasserführenden Systems (inkl. Leckage von Lagerbehältern für Flüssigkeiten)
- Ausfall interner Systeme (Ver-/Entsorgung wie Stromversorgung, Lüftung; weitere sicherheitsrelevante Systeme)

Für die hier durchgeführten Sicherheitsbetrachtungen wird aufgrund der vorhandenen Erfahrungen (vgl. Sicherheitsberichte und ENSI-Gutachten für die Zwischenlager und Kernkraftwerke) davon ausgegangen, dass die oben genannten Ereignisse bzw. Einwirkungen für die Ableitung der grundsätzlich anzunehmenden Gefährdungen abdeckend sind. Im Rahmen der weiteren Konkretisierung der Projekte und für die zukünftigen Bewilligungsverfahren wird der Störfallkatalog basierend auf den gewählten Standorten und unter Berücksichtigung der Kategorisierung von Störfällen gemäss Art. 1 UVEK (UVEK 2009) stufengerecht verfeinert.

Evaluation der Einwirkungen von aussen und von innen

Ausgehend von diesem Katalog der Ereignisse und Einwirkungen von aussen und von innen werden in den Betriebssicherheitsanalysen für die kommenden Bewilligungsschritte (vgl. Anhang A.5) spezifische (abdeckende) Fälle festgelegt, welche auch die Art und das Ausmass der Belastungen (inkl. Kombinationen von Belastungen) beschreiben. Diese Fälle bilden die Basis, um einerseits festzulegen, welche der Fälle durch Massnahmen ausgeschlossen werden und für welche Fälle durch Massnahmen die Eintretenshäufigkeit bzw. die Konsequenzen reduziert werden. Anschliessend wird unter Berücksichtigung der umgesetzten Massnahmen die quantitative Evaluation der nuklearen Sicherheit durchgeführt.

Gefährdungspotenzial der in der Oberflächenanlage vorhandenen radioaktiven Stoffe

Für die Beurteilung der nuklearen Betriebssicherheit ist neben den oben diskutierten Ereignissen und Einwirkungen auch das Gefährdungspotenzial zu betrachten. Dazu sind das maximal in der Oberflächenanlage vorhandene Nuklidinventar⁴⁸, die Wirksamkeit des Einschlusses und der Immobilisierung dieses Inventars bei den angelieferten radioaktiven Abfällen (feste Form, schlechte Dispergierbarkeit, Einschluss in Verpackung/Hüllrohr) sowie die kleinen in der Oberflächenanlage vorhandenen Energiedichten zu beachten. Für die Beurteilung der Sicherheit sind zusätzlich die getroffenen sicherheitsgerichteten Massnahmen zu berücksichtigen.

Das Radionuklidinventar in der Oberflächenanlage ist im Vergleich zu den entsprechenden anderen Kernanlagen der Schweiz klein: Das Nuklidinventar in einem Brennelement in der Oberflächenanlage des HAA-Lagers ist rund tausend Mal kleiner als das in einem typischen Brennelement eines in Betrieb stehenden Kernkraftwerks, denn die in den Brennelementen im bestrahlten Kern eines Kernkraftwerks vorhandenen kurz- und kürzestlebigen Nuklide sind bis zur Anlieferung der Brennelemente in das geologische Tiefenlager alle praktisch vollständig zerfallen. Weiter ist zu berücksichtigen, dass je nach Kernkraftwerk dort rund 2 bis 5 Mal mehr BE vorhanden sind als in der Oberflächenanlage des HAA-Lagers. Darin sind mengenmässig auch die BE im BE-Lagerbecken enthalten, bei denen der Zerfall der kürzest- und kurzlebigen Nuklide schon zur Reduktion ihres Nuklidinventars beiträgt. Auch im Zwiilag ist die maximale Menge an BE grösser (im Zwiilag bei vollständiger Beladung rund 25 Mal mehr als in der Oberflächenanlage des HAA-Lagers) und auch der Gehalt an kurzlebigen Radionukliden ist etwas

⁴⁸ Unter den Begriffen "Radionuklidinventar" oder kurz "Nuklidinventar" werden in diesem Bericht einerseits die Liste der Radionuklide und andererseits auch die Aktivität pro Radionuklid bzw. das gesamte Aktivitätsinventar verstanden.

höher. Ähnliches gilt für die SMA, deren Menge in den verschiedenen schweizerischen Zwischenlagern grösser und deren Nuklidinventar wegen der noch nicht zerfallenen kurzlebigen Nuklide etwas höher ist als in der Oberflächenanlage des SMA-Lagers.

Sowohl in den Kernkraftwerken und den Zwischenlagern als auch in der Oberflächenanlage wird ein hochwirksamer und zuverlässiger Einschluss des Inventars verlangt. Wie oben beschrieben, trägt in der Oberflächenanlage die Tatsache, dass die angelieferten Abfälle fest, schlecht dispergierbar und eingeschlossen sind, dazu bei, dass das Potenzial für eine Freisetzung von Radionukliden aus den angelieferten radioaktiven Abfällen klein ist. Kombiniert mit dem vergleichsweise kleinen Nuklidinventar der angelieferten radioaktiven Abfälle und der kleinen Energiedichte in der Oberflächenanlage bedeutet dies, dass das Gefährdungspotenzial bezüglich Freisetzung von radioaktiven Stoffen auch im Falle von Störfällen klein ist. Die in der Oberflächenanlage getroffenen sicherheitsgerichteten Massnahmen (vgl. dazu nachfolgende Beschreibungen) tragen zusätzlich zur Sicherheit bei.

Bei den im geologischen Tiefenlager (inkl. Oberflächenanlage) anfallenden schwach- und mittelaktiven Stoffen ist das Radionuklidinventar selbst im Vergleich zu demjenigen der angelieferten radioaktiven Abfälle sehr klein. Auch wenn bei diesen Stoffen gewisse in flüssiger Form vorliegen, ist das Gefährdungspotenzial sehr klein, insbesondere wenn die getroffenen Massnahmen in der Oberflächenanlage mit berücksichtigt werden.

Massnahmen zur Störfallvermeidung und -beherrschung

Die folgenden grundsätzlichen Massnahmen tragen zur Störfallvermeidung und -beherrschung in der Oberflächenanlage bei und werden im Folgenden näher erläutert:

- Geeignete Wahl des Standortareals
- Widerstand von Gebäuden und Behältern sowie von sicherheitstechnisch wichtigen Systemen und Komponenten gegen einwirkende Lasten als Folge von Einwirkungen von aussen und von innen durch eine robuste Auslegung
- Geeignete Auslegung von Betriebseinrichtungen und Systemen (Sicherstellung einer hinreichenden Funktionalität, Zuverlässigkeit und Robustheit) zum Schutz gegen Einwirkungen von aussen und von innen
- Geeignete Eigenschaften der angelieferten radioaktiven Abfälle
- Sicherheitsorientierte Gestaltung von Betriebsabläufen
- Organisatorische und administrative Massnahmen

Wahl des Standortareals

Durch die Wahl eines geeigneten Standortareals wird nachfolgenden in Bezug auf ihre Einwirkungsintensität kritischen Situationen ausgewichen⁴⁹:

- Situation mit dem Potenzial für grosse Überflutungen (inkl. Auswirkungen des Versagens von Talsperren), evtl. verbunden mit erheblicher Erosion bzw. Feststofftransport
- Militäranlagen und andere Anlagen mit grossem Gefährdungspotenzial

⁴⁹ Im Rahmen der Zusammenarbeit mit den Standortregionen und den Standortkantonen bei der Wahl von geeigneten Standortarealen für die Oberflächenanlagen prüft die Nagra die entsprechenden Aspekte bei der Beurteilung der Sicherheit und technischen Machbarkeit.

- nicht verlegbare Hochdruck-Gasleitungen mit grossem Gefährdungspotenzial innerhalb bzw. in unmittelbarer Nähe des Standortareals
- Situationen mit dem Potenzial für grossräumige geotechnische Instabilitäten (grossräumige Rutschungen, Setzungen, etc.)
- potenziell aktive regionale Störungszonen innerhalb bzw. in der direkten Umgebung des Standortareals, die bei sehr schweren Erdbeben innerhalb des Standortareals zu Verschiebungen an der Erdoberfläche ("surface rupturing") führen könnten

Verbleibenden Gefährdungssituationen am ausgewählten Standortareal wird durch geeignete Auslegungsmassnahmen begegnet (vgl. nachstehenden Abschnitt).

Auslegungsmassnahmen gegen Einwirkungen von aussen

Die im Störfallkatalog aufgeführten Einwirkungen von aussen werden durch die Auslegung der Oberflächenanlage (insbesondere der sicherheitsrelevanten Gebäudehüllen und sicherheitsrelevanter Einrichtungen) und der Behälter berücksichtigt, soweit sie nicht durch die Wahl des Standortareals ausgeschlossen werden können. Die Gebäudehüllen stellen für die Einwirkungen von aussen eine wichtige Komponente zur Sicherstellung des mehrfachen Einschlusses des radioaktiven Materials und der Gewährleistung der Abschirmung dar. Sie dienen dem Schutz der Abfälle und wichtiger Sicherheitssysteme (Abschirmung, Einschluss in Umladezelle, etc.) vor Einwirkungen von aussen (z. B. Flugzeugabsturz, Trümmereinwirkung, Druckwellen). Die Transport- bzw. die Endlagerbehälter sowie die Abfälle selbst (Abfallgebinde bzw. BE mit Hüllrohren) sind weitere Komponenten des Einschlusses. Nur während des Umladevorgangs sind die Transport- bzw. die Endlager-Behälter als Barriere nicht wirksam, und ihre Barrierenfunktion muss während des Umladevorgangs durch die Umladezelle wahrgenommen werden. Daher ist die Gebäudehülle der Umladezelle robust auszulegen.

Durch die Auslegung der Gebäudehüllen der für die Sicherheit relevanten Gebäude mit genügendem Widerstand gegen Einwirkungen von aussen werden die darin befindlichen Sicherheitssysteme und einschliessenden Barrieren (Abfallgebinde, geschlossene Transport-/Endlager-Behälter bzw. die Umladezelle) geschützt bzw. die Lasteinwirkung so abgeschwächt, dass diese auch im Störfall ihre Funktionsfähigkeit in hinreichendem Masse behalten und dadurch die radiologischen Schutzziele eingehalten werden. Die Auslegung des Widerstands der Gebäudehülle richtet sich nach den Lastannahmen für die Störfälle.

Bei der Auslegung der Oberflächenanlage bildet der Flugzeugabsturz einen zu betrachtenden Störfall^{50, 51}. Mögliche Folgeereignisse eines Flugzeugabsturzes wie ein Brand oder eine Explosion sowie Treibstoff, der in das Innere beschädigter Gebäude gelangen kann, sowie die möglichen Auswirkungen von Löschwasser werden bei der Auslegung der Anlage und der Organisation des Störfallmanagements sowie bei der Evaluation der Sicherheit berücksichtigt. Bezüglich Flugzeugabsturz wird die Oberflächenanlage so ausgelegt (Beispiel HAA-Lager), dass die Gebäudehülle bzw. die Umladezelle soweit intakt bleiben, dass auch eine Beschädi-

⁵⁰ Einzelne Typen von Kernanlagen neuester Bauart sind auch gegen den (gezielten) Absturz eines Grossraumflugzeugs ausgelegt. Eine kürzlich durchgeführte Evaluation zeigt, dass davon auszugehen ist, dass geeignet ausgelegte Anlagen einem solchen Absturz widerstehen (vgl. z. B. ESK 2013). Die geometrischen Bedingungen der für die Sicherheit relevanten Gebäude in der Oberflächenanlage sind günstig für die Ableitung der bei einem Flugzeugabsturz entstehenden Kräfte (im Vergleich zu Kernkraftwerken neuester Bauart kleinere Spannweiten).

⁵¹ Für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen Flugzeugabsturz ist der zum Zeitpunkt des Baubewilligungsgesuchs im Einsatz befindliche militärische oder zivile Flugzeugtyp zu berücksichtigen, der unter realistischen Annahmen die grössten Stosslasten auf die Gebäude ausübt (UVEK 2009).

gung eines BE in der Umladezelle (z. B. als Folge eines BE-Absturzes wegen der Erschütterung durch den Flugzeugabsturz) zu keiner für die Sicherheit relevanten Freisetzung von radioaktiven Stoffen führt.

Die Gebäude sowie die sicherheitstechnisch wichtigen Systeme sind bezüglich Einwirkungen von aussen auch auf Standsicherheit und gegen Erdbebeneinwirkungen (Erschütterungen) auszulegen. Weiter ist eine allfällig mögliche Überflutung kritischer Gebäude (Verpackungsanlage, Umladezelle, Zugang nach Untertag) durch Geländeaufschüttungen bzw. Optimierung der Gebäudeanordnung oder durch die Gebäudeauslegung zu berücksichtigen.

Auslegungsmassnahmen gegen Einwirkungen von innen

Die sicherheitsbezogene Auslegung der technischen Handhabungseinrichtungen sowie Massnahmen des Betriebsablaufs (z. B. Vermeidung von Kollisionen) dienen der Vermeidung von Ereignissen, die zu Einwirkungen von innen führen können. Eine geeignete Auslegung der Anlagen und geeignete Betriebsabläufe (z. B. Vermeidung bzw. Minimierung von Hubhöhen, von Brand- und Zündlasten) tragen dazu bei, die Belastung durch solche Einwirkungen zu begrenzen, falls sie trotzdem eintreten sollten.

Den Transport- und Endlagerbehältern kommt (ausserhalb der Umladezelle) eine wesentliche Einschluss- und Abschirmfunktion zu, so dass ihre Widerstandsfähigkeit entsprechend robust gegen mögliche Einwirkungen (Sturz, Prall, Brand, Wärme) ausgelegt wird. Auch die Auswirkungen des Absturzes eines Abfallgebundes in der Umladezelle werden durch kleine Hubhöhen klein gehalten, und durch Schleusen und Filterung wird sichergestellt, dass innerhalb der Umladezelle allfällig ausgetretene radioaktive Stoffe nicht ungehindert und unkontrolliert in unzulässigen Mengen in die Umwelt gelangen können; dies gilt auch für den Fall der Beschädigung eines BE.

Die in der kontrollierten Zone der Oberflächenanlage anfallenden Flüssigkeiten (Abwasser und optional Prozesswasser aus der BE-Transportbehälter-Innenreinigung) werden in Stapelbehältern gesammelt, bis sie für die kontrollierte Abgabe behandelt/gereinigt und freigemessen worden sind. Diese Behälter sind bezüglich Leckage durch Auskleidung des Gebäudes (bzw. bei Bedarf durch Auffangwannen) und Leckageüberwachung gesichert, sodass eine Freisetzung der Flüssigkeiten in die Umwelt für alle anzunehmenden Störfälle wirksam und zuverlässig verhindert werden kann. Dies ist vergleichbar mit den Vorkehrungen, wie sie zum Beispiel bei dem im Grundwasser stehenden Nasslager Gösgen für eine bedeutend grössere Flüssigkeitsmenge zur Anwendung kommen. Die aus der Reinigung der Wässer der kontrollierten Zone (Abwässer, optional Prozesswasser) resultierenden Abfälle und die weiteren festen Abfälle aus dem Betrieb des geologischen Tiefenlagers werden mit technischen Einrichtungen behandelt bzw. gelagert, deren Auslegung alle anzunehmenden Störfälle berücksichtigt.

Da in der Oberflächenanlage für die radioaktiven Abfälle keine aktive Kühlung mit Kühlflüssigkeit benötigt wird, sind dazu keine grossen wasserführenden Systeme in der Oberflächenanlage einzurichten⁵². Insbesondere innerhalb der Umladezelle für BE/HAA werden wasserführende Systeme vermieden.

Die Anlage bzw. die technischen Einrichtungen sind so ausgelegt, dass die Sicherheit auch beim Ausfall von internen Systemen (Strom, Lüftung, etc.) gewährleistet ist. Dies geschieht durch eine "fail safe" Auslegung der mit Energie versorgten für die Sicherheit relevanten technischen

⁵² Wasser wird nur benötigt für sanitäre Einrichtungen und evtl. zur Reinigung sowie als Löschwasser. In der optionalen BE-Transportbehälter-Innenreinigungsanlage wird optional Prozesswasser eingesetzt.

Einrichtungen. Bezüglich Lüftung ist die Anlage so ausgelegt, dass deren Ausfall keine für die Sicherheit relevanten Konsequenzen hat innerhalb der Zeitperiode, die erforderlich ist, die Lüftung wieder in Betrieb zu setzen.

Brand und Explosionen stellen Gefährdungen dar, welche bei der Auslegung der Oberflächenanlage und später auch beim Betrieb der Anlage im Rahmen eines Brandschutzkonzepts zu berücksichtigen sind. Dies betrifft die Auslegung der Transport- und Endlagerbehälter⁵³ sowie der Gebäudehüllen. Trotz des geringen Brandpotenzials durch Minimierung von Zünd- und Brandlasten wird die Anlage zur Brandbegrenzung in Brandzonen aufgeteilt (baulicher Brandschutz). Dazu werden Bauelemente mit definiertem Feuerwiderstand verwendet und die Lüftung entsprechend ausgelegt (z. B. Brandschutzklappen). An kritischen Stellen wird eine Überwachung mit Brandmeldeanlagen und Brandbekämpfungsanlagen vorgesehen. *Betriebsabläufe*

Die sicherheitsbezogene Gestaltung der Betriebsabläufe richtet sich auf die Vermeidung von Gefährdungen, die durch eine räumliche bzw. zeitliche Trennung von Ereignissen oder Abläufen oder Vermeidung sonstiger Gefährdungspotenziale erzielt wird (z. B. Kollisionsgefahren, Brandlasten), auf die Vermeidung von Fehlhandlungen des Personals (z. B. einfache Abläufe, Ergonomie) und auf die Optimierung bezüglich Strahlenschutz. Im Folgenden sind diesbezüglich beispielhafte Massnahmen aufgeführt:

- Implementierung weitgehend standardisierter und entflochtener Betriebsabläufe
- Beschränkung des Durchsatzes, sodass genügend Zeit für eine sicherheitsorientierte Abwicklung der einzelnen Schritte zur Verfügung steht
- Beschränkung der Anzahl jeweils angelieferter beladener Transportbehälter
- Beschränkung der Anzahl von Behältern an einem Ort innerhalb der Oberflächenanlage
- Minimierung von Zünd- und Brandlasten

Organisatorische und administrative Massnahmen

Als organisatorische und administrative Massnahmen stehen u. a. zur Verfügung:

- Massnahmen der Anlagenerhaltung (Instandhaltungs- und Alterungsmanagement)
- Sicherheitsmanagement (Arbeitssicherheit, Strahlenschutz, betrieblicher Brandschutz)
- Störfallmanagement (geeigneter Umgang mit erkannten Betriebsabweichungen, Überführung der Anlage in einen sicheren Zustand, Evakuierung und Rettung, Massnahmen zur Reduktion von Schäden (Schliessen bzw. Kontrolle von Ausbreitungspfaden, Brandbekämpfung), Notfallorganisation, etc.)
- Überwachungsmassnahmen
- Schulung und Qualifizierung des Personals
- Beschränkung des Zutritts von Besuchern

⁵³ Die radioaktiven Abfälle mit organischem Material (z. B. Ionentauscherharze, weitere Kunststoffe, Gummi, Zellulose) sind mit wenigen Ausnahmen (bituminierte Abfälle oder in Polystyrol verfestigte Abfälle) so verfestigt bzw. verpackt (Zementmatrix, Mantel aus Zementmörtel), dass sie auch bei beschädigter Gebindehülle schlecht entzündbar bzw. schlecht brennbar sind.

Einhaltung der Schutzziele

Gemäss heutigem Planungsstand wird es an einem geeigneten Standort bei geeigneter Auslegung der Anlage und Betriebsabläufe möglich sein, die gesetzlichen Dosisgrenzwerte auch für Störfälle deutlich zu unterschreiten. Bei allen anzunehmenden Störfällen ist aufgrund der Auslegungsmassnahmen ausserhalb der Anlagengebäude mit keiner erheblichen Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt zu rechnen, und es werden somit keine Notfallschutzmassnahmen in der Umgebung der Anlage notwendig sein.

Sicherheit bei nuklearen Störfällen – Zusammenfassung

Die Störfallvorsorge dient der Vermeidung bzw. der Beherrschung von Störfallereignissen. Mit einer geeigneten Wahl der Standortareale kann für bestimmte Ereignisse grossen Gefährdungspotenzialen durch Einwirkungen von aussen ausgewichen werden. Verbleibenden Gefährdungen wird durch eine geeignete Auslegung der Anlage und der Betriebsabläufe und mit geeigneten Annahmebedingungen für die anzuliefernden Abfälle begegnet.

Die angelieferten Abfälle selbst (mit bekanntem und beschränktem Nuklidinventar, fest und schlecht dispergierbar, eingeschlossen in Gebinde bzw. Hüllrohre) sowie die Transport- bzw. Endlagerbehälter, die Gebäudehüllen und die Umladezellen sind wichtige Barrieren, die einerseits einen Widerstand gegen Störfalleinwirkungen bilden und andererseits zur Rückhaltung des eingeschlossenen radioaktiven Materials beitragen (Gewährleistung von Einschluss bzw. Rückhaltung radioaktiver Stoffe und Abschirmung). Bei Einwirkungen von innen wird sowohl durch die Auslegung als auch durch die Betriebsabläufe sichergestellt, dass die bei Störfällen maximal auftretenden Belastungen klein gehalten werden, und dass die Abfallgebinde bzw. die Behälter so ausgelegt sind, dass sie bei einem Störfall einen genügenden Widerstand bezüglich der unterstellten Belastungen bieten. Beim Umladen der angelieferten Abfälle aus den Transportbehältern in die Endlagerbehälter übernimmt die Umladezelle eine wichtige Barrierenfunktion, indem einerseits die Abfallgebinde bzw. die BE vor äusseren Einwirkungen geschützt und andererseits die z. B. bei einem Absturz eines (defekten) Abfallgebindes bzw. bei Beschädigung eines BE allfällig austretenden radioaktiven Stoffe wirkungsvoll zurückgehalten werden.

Das Nuklidinventar der in der kontrollierten Zone anfallenden radioaktiven Stoffe und radioaktiven Betriebsabfälle ist im Vergleich zu dem der angelieferten Abfälle klein. Die Handhabung dieser Stoffe und Abfälle erfolgt so, dass es auch bei Störfällen zu keiner unzulässigen Freisetzung kommen kann.

Geeignete Betriebsabläufe dienen der Vermeidung von Störfällen durch Einwirkungen von innen (Lastabsturz, Kollision, Brand) und eine Reihe von organisatorischen Massnahmen tragen zur Störfallvermeidung bzw. -beherrschung in der Oberflächenanlage bei. Dazu gehören auch vorbereitete Notfallmassnahmen in der Oberflächenanlage.

4.4 Fazit

Die für die Betrachtungen der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes massgeblichen gesetzlichen und behördlichen Vorgaben sind in verschiedenen Gesetzen (Kernenergiegesetz KEG 2003, Strahlenschutzgesetz StSG 1991), zugehörigen Verordnungen (KEV 2004, StSV 1994, UVEK 2008, UVEK 2009, Safeguardsverordnung 2012) und Richtlinien (insbesondere ENSI 2009, ENSI 2012) festgehalten. Ihre Bedeutung für die Oberflächenanlage wurde in Kap. 4.1 erläutert.

Bei der Beurteilung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes wird zwischen Normalbetrieb (inkl. Betriebsstörungen) und Störfällen unterschieden. Im Normalbetrieb (inkl. Betriebsstörungen) stehen die radiologischen Auswirkungen der Direkt- und Streustrahlung, der Oberflächenkontamination und der Freisetzung von luftgetragenen radioaktiven Stoffen im Vordergrund. Dabei stellen geeignete Annahmebedingungen für die angelieferten Abfälle sicher, dass einerseits die Direktstrahlung an der Oberfläche der angelieferten Abfälle auf angemessene Werte beschränkt ist, und andererseits, dass die Oberflächen der Abfallgebinde bzw. der Transportbehälter gemäss Transportvorschriften kontaminationsfrei sind und die Freisetzung luftgetragener radioaktiver Stoffe klein ist.

Zur Abschirmung der Direktstrahlung tragen die externen Transportbehälter, die Endlagerbehälter und zusätzlich die internen Transportbehälter sowie die Gebäudestrukturen und bei Bedarf temporäre Massnahmen wirkungsvoll bei. Während des Umladens der angelieferten Abfallgebinde bzw. der BE bei geöffneten Behältern übernimmt die Umladezelle die notwendige zusätzliche Abschirmwirkung.

Eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen wird durch einen zuverlässigen Einschluss der angelieferten Abfälle (in Transportbehälter, Endlagerbehälter bzw. Umladezelle) weitgehend verhindert. Einzig bei den BE kann es auch im Normalbetrieb (inkl. Betriebsstörungen) beim Umladen innerhalb der Umladezelle zu Kontamination kommen (Abfallen radioaktiver Partikel aus Ablagerungen auf der Aussenseite der Brennstäbe (Crud) bzw. Austritt von luftgetragenen Stoffen aus einem Brennstab bei undichtem Hüllrohr). Eine Kontamination der Anlage (ausserhalb der Umladezelle) und unzulässige Abgaben von radioaktiven Stoffen an die Umwelt werden jedoch durch die Annahmebedingungen für die angelieferten radioaktiven Abfälle, die technische Auslegung der Umladezelle mit Filtern und Schleusen zusammen mit der Einrichtung einer kontrollierten Zone und der gestaffelten Unterdruckhaltung zuverlässig verhindert.

Einfache Betriebsabläufe, kleine Energiedichten der zugehörigen Prozesse (Drücke, Temperaturen, chemische Reaktivität, etc.) und die Tatsache, dass die angelieferten Abfälle nur umgeladen und verpackt, nicht aber bearbeitet werden, tragen zum sicheren Betrieb bei. Die mit den Abfällen durchzuführenden Handhabungsschritte sind Stand der Technik und werden routinemässig in bestehenden kerntechnischen Anlagen im In- und Ausland angewendet.

Störfälle, d. h. vom Normalbetrieb (inkl. Betriebsstörungen) abweichende Anlagenzustände können grundsätzlich eine Gefährdung für Bevölkerung, Personal und Oberflächenanlage darstellen. Die Störfallvorsorge dient der Vermeidung bzw. der Beherrschung von Störfallereignissen. Die störfallauslösenden Ereignisse werden in einem Störfallkatalog erfasst; es wird zwischen Einwirkungen von aussen, Einwirkungen von innen und unbefugter Einwirkungen Dritter unterschieden. Die behördlichen Vorgaben sowie die vorhandenen Erfahrungen erlauben es, für vorliegenden Bericht einen abdeckenden Störfallkatalog abzuleiten; dieser wird im Rahmen der zukünftigen Bewilligungsschritte verfeinert.

Mit einer geeigneten Standortwahl kann für bestimmte Ereignisse grossen Gefährdungspotenzialen durch Einwirkungen von aussen ausgewichen werden. Verbleibenden Gefährdungen wird durch eine Auslegung der Anlage gegen Auslegungsstörfälle begegnet. Die angelieferten Abfälle selbst (mit bekanntem und beschränktem Nuklidinventar, fest und schlecht dispergierbar, eingeschlossen in Gebinde bzw. in Hüllrohre) sowie die Transport- und Endlagerbehälter, die Gebäudehüllen und die Umladezellen stellen im Falle von Störfällen sicher, dass ein genügender Widerstand gegen die Störfalleinwirkung vorhanden und der Einschluss bzw. die Rückhaltung des radioaktiven Materials sicherstellt ist.

Mit geeigneten Betriebsabläufen können Gefährdungen durch Einwirkung von innen (Lastabsturz, Kollision, Brand) weitgehend vermieden werden. Bei den verbleibenden Gefährdungen mit Einwirkungen von innen wird sowohl durch die Auslegung als auch durch geeignete Betriebsabläufe sichergestellt, dass die bei Störfällen maximal auftretenden Belastungen klein gehalten werden, und dass die Abfälle bzw. Behälter bei einem Störfall einen genügenden Widerstand bezüglich der unterstellten Belastungen bieten. Beim Umladen der Abfälle aus den Transportbehältern in die Endlagerbehälter übernimmt die Umladezelle die Barrierenfunktion, indem einerseits die Abfallgebinde bzw. BE vor äusseren Einwirkungen geschützt und andererseits die z. B. bei einem Absturz eines (defekten) Abfallgebundes bzw. bei Beschädigung eines BE allfällig austretenden Radionuklide wirkungsvoll zurückgehalten werden. Damit können die radiologischen Schutzziele auch unter Störfallbedingungen eingehalten werden.

Das Nuklidinventar der in der kontrollierten Zone anfallenden radioaktiven Stoffe und radioaktiven Betriebsabfälle ist im Vergleich zu dem der angelieferten Abfälle klein. Die Handhabung dieser Stoffe und Abfälle erfolgt so, dass es im Normalbetrieb, aber auch bei Störfällen zu keiner unzulässigen Freisetzung kommen kann.

Einwirkungen Dritter (z. B. Sabotage) werden bei der Anlagenauslegung und bei der Gestaltung der Betriebsabläufe berücksichtigt. Dazu sind die entsprechenden behördlichen Vorgaben umzusetzen, was für die Oberflächenanlage gut möglich ist.

Gemäss heutigem Planungsstand wird es an einem geeigneten Standort bei geeigneter Auslegung der Anlage und Betriebsabläufe möglich sein, die Dosisgrenzwerte im Normalbetrieb und auch bei Störfällen deutlich zu unterschreiten. Bei allen anzunehmenden Störfällen ist aufgrund der Auslegungsmassnahmen mit keiner erheblichen Freisetzung von Radioaktivität an die Umwelt zu rechnen. Es wird davon ausgegangen, dass somit in der Umgebung der Anlage auf Notfallschutzmassnahmen verzichtet werden kann.

Schliesslich ist zu beachten, dass das Anlagenkonzept genügend Flexibilität bietet, um bei Konkretisierung des Projekts in späteren Phasen und stufengerecht für die zukünftigen Bewilligungsschritte unter Berücksichtigung der standortspezifischen Bedingungen spezifische Massnahmen zu definieren, um die Anlage weiter zu optimieren. In den kommenden Jahren werden dazu auch zunehmend Erfahrungen aus der detaillierten Planung und dem Betrieb von Tiefenlagern im Ausland zur Verfügung stehen.

Eine gut ausgelegte Oberflächenanlage an einem geeigneten Standort wird bezüglich nuklearer Sicherheit und Strahlenschutz als bewilligungsfähig eingeschätzt.

5 Schutz bezüglich konventioneller Störfälle während dem Betrieb der Oberflächenanlage

5.1 Vorgehen im Hinblick auf konventionelle Störfälle

5.1.1 Gesetzliche und behördliche Vorgaben

Die Störfallverordnung (StFV 1991) bezweckt den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor schweren Schädigungen durch konventionelle Störfälle, die beim Betrieb von Anlagen entstehen können. Unter Anlagen sind hier Betriebe zu verstehen, in denen erhebliche chemische oder biologische Gefahrenpotenziale vorhanden sind.

Gemäss Störfallverordnung sind die Risiken für die Bevölkerung und Umwelt zu erfassen, die beim Umgang mit Stoffen, Zubereitungen oder Sonderabfällen bestehen. Weiter sind geeignete Massnahmen zur Verminderung des Risikos aufzuzeigen. Dazu gehören Massnahmen, mit denen das Gefahrenpotenzial herabgesetzt, Störfälle verhindert und deren Einwirkungen begrenzt werden (Störfallvorsorge; StFV 1991, BAFU 2008).

Die StFV gilt gemäss Art. 1 Abs. 2 für Betriebe⁵⁴, in denen die Mengenschwellen für Stoffe, Zubereitungen oder Sonderabfälle nach Anh. 1.1 der StFV überschritten werden. Dabei ist nicht die durchschnittliche Lagermenge, sondern die maximale Kapazität inklusive Haupt-, Zwischen- und Vorortlager massgebend für deren Beurteilung (BAFU 2008).

Nach Art 1 Ziff. 4 Bst. b. gilt die StFV nicht für Anlagen und Transporte, die der Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung unterstellt sind, soweit sie die Bevölkerung oder die Umwelt aufgrund ihrer Strahlung schädigen könnten. Gemäss BFE (BFE 2013) bzw. Art. 1 Ziff. 4 StFV kann sich jedoch für die geologischen Tiefenlager auch eine Unterstellung unter die StFV ergeben, falls für mögliche Schädigungen anderer Art als durch Strahlung die Mengenschwellen für Stoffe, Zubereitungen oder Sonderabfälle, die in der Oberflächenanlage gehandhabt werden, überschritten werden. Diese Unterstellung ist für die Produktions- und Betriebsmittel und für andere Stoffe (Transportbehälter und Abschirmungen) bezüglich Stoffe und Zubereitungen zu prüfen. Für die radioaktiven Abfälle entfällt die Prüfung der Mengenschwelle, da gemäss UVEK (2005) bzw. BAFU (2010b) die radioaktiven Abfälle keine Sonderabfälle sind; die angelieferten und die in der Anlage anfallenden radioaktiven Abfälle unterstehen der Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung und fallen nicht unter die StFV.

Ist ein Betrieb der StFV unterstellt, muss der Vollzugsbehörde im Bewilligungsverfahren ein Kurzbericht eingereicht werden, der eine Bezeichnung und Beschreibung des Betriebs enthält mit Angaben zu den gehandhabten Stoffen, Erzeugnissen und Sonderabfällen, zur Umgebung, zum Gefahrenpotenzial, zu den Sicherheitsmassnahmen und eine Einschätzung der möglichen Schädigungen infolge von Störfällen. Falls eine schwere Schädigung nicht ausgeschlossen werden kann (Art. 6 StFV), muss in einer zweiten Stufe des Beurteilungsverfahrens eine Risikoeermittlung erarbeitet und eingereicht werden.

⁵⁴ Gemäss StFV umfasst ein Betrieb alle stationären Anlagen, wie Bauten und andere ortsfeste Einrichtungen sowie die zugehörigen beweglichen Anlagen, wie Fahrzeuge und Geräte, die in einem engen räumlichen und betrieblichen Zusammenhang zueinander stehen (Betriebsareal).

5.1.2 Beurteilung der Stoffe, Zubereitungen und Abfälle innerhalb der Oberflächenanlage

Für die Betrachtungen werden die zu beurteilenden Stoffe in zwei Kategorien eingeteilt:

- Stoffe in den Produktions- und Betriebsmitteln der Oberflächenanlage (Kap. 5.2.1)
- Stoffe in den Transportbehältern für die radioaktiven Abfälle und in den Abschirmungen der Oberflächenanlage (Kap. 5.2.2)

Obschon sie nicht der StFV unterstellt sind, werden auch die radioaktiven Abfälle betrachtet (Kap. 5.2.3).

Für die Beurteilung der in der Oberflächenanlage erwarteten Materialien wurde folgendes Vorgehen gewählt:

- Auflistung der in der Oberflächenanlage vorgesehenen Produktions- und Betriebsmittel und der Stoffe in den Transportbehältern und Abschirmungen
- Ermittlung der StFV-Mengenschwellen für die in den Produktions- und Betriebsmittel vorhandenen Stoffe
- Identifikation derjenigen Stoffe in den Produktions- und Betriebsmittel, welche die StFV-Mengenschwellen für die in der Oberflächenanlage maximal gleichzeitig vorhandenen Mengen überschreiten
- Beschreibung der in den Transportbehältern und Abschirmungen vorhandenen Stoffe
- Beurteilung, inwieweit diese Stoffe und Materialien in der vorliegenden Form einen Störfall auslösen oder durch einen Störfall in die Umwelt gelangen könnten (Diskussion der Gefährdung durch die in der Oberflächenanlage vorhandenen Stoffe)
- Festlegung von Schutzmassnahmen für die Stoffe, die über dem Schwellenwert liegen bzw. die eine Gefährdung darstellen könnten

5.1.3 Vorgehen zur Ermittlung der Mengenschwellen

Die Mengenschwellen gewisser Stoffe und Zubereitungen können direkt der Ausnahmeliste gemäss Anh. 1.1 Abs. 3 der StFV entnommen werden. Mengenschwellen für weitere Stoffe und Zubereitungen müssen aus den inhärenten Gefahren gemäss der Chemikaliengesetzgebung abgeleitet werden. Damit die Mengenschwellen für häufig verwendete Stoffe und Zubereitungen nicht von allen Betroffenen neu bestimmt werden müssen, hat das BAFU die Vollzugshilfe "Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung (StFV), Liste mit Stoffen und Zubereitungen" (BAFU 2006, 2010a) publiziert. Diese Mengenschwellen wurden vom BAFU gestützt auf die Ausnahmeliste und die Kriterienliste gemäss Anh. 1.1 der StFV ermittelt. Die dabei berücksichtigten Kriterien sind Giftigkeit, Brand- und Explosionseigenschaften sowie Ökotoxizität.

Um Mengenschwellen für Stoffe und Zubereitungen abzuleiten, die in Anh. 1 der StFV und in der BAFU-Vollzugshilfe der Mengenschwellen nicht erwähnt sind, wurde für den vorliegenden Bericht das Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) konsultiert (ECHA 2011), und es wurden die dort erwähnten GHS-Einstufungen⁵⁵ dieser Stoffe verwendet.

⁵⁵ GHS: Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals.

5.2 Beurteilung der in der Oberflächenanlage vorhandenen bzw. verwendeten Stoffe

5.2.1 Produktions- und Betriebsmittel und ihre Eigenschaften

Bei den Produktions- und Betriebsmitteln handelt es sich um klar definierte Stoffe, für welche die Ableitung von Mengenschwellen einfach möglich ist. Die Produktions- und Betriebsmittel (ohne Endlagerbehälter), die in die Oberflächenanlage angeliefert und dort verwendet bzw. gelagert werden, sind in einer Liste zusammengefasst (vgl. Tab. A4-1 in Anhang A.4). Diese Liste (inklusive Angabe der maximal in der Oberflächenanlage vorhandenen Mengen) wurde aufgrund der vorgesehenen Prozesse und Anlagen, aber auch im Vergleich mit ähnlichen bestehenden Anlagen (z. B. Zwiilag) erstellt. Für die Störfallbetrachtung wird angenommen, dass die maximal mögliche Lagermenge für die aufgeführten Stoffe in der Oberflächenanlage vorhanden ist. In Tab. 5-1 sind die Produktions- und Betriebsmittel aufgeführt, die gemäss heutigem Planungsstand in der Oberflächenanlage dann die entsprechende Mengenschwelle überschreiten.

Tab. 5-1: Stoffe in den Produktions- und Betriebsmitteln in der Oberflächenanlage, die nach heutigem Planungsstand bei maximal erwarteter Lagermenge die entsprechende Mengenschwelle überschreiten (Gesamtliste s. Tab. A4-1).

Stoff	Masse [kg]	Mengenschwelle [kg]	Bemerkung
Zement	460'000	200'000	Reizend
Natronlauge ($\geq 2\%$)	5'000	2'000	Ätzend
Salzsäure ($> 25\%$)	5'000	2'000	Ätzend

Zement wird bei SMA und LMA zur Herstellung von Zementmörtel benötigt, welcher als Verfüllmaterial in den Endlagerbehältern und in den untertägigen Lagerkammern verwendet wird. Für verschiedene Zwecke wird sowohl im SMA- wie auch im HAA-Lager Beton gebraucht, zu dessen Herstellung Zement verwendet wird. Um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten, sind in der Oberflächenanlage Lagerkapazitäten für Zement bereitzustellen, die gemäss heutigem Planungsstand über dem Schwellenwert der StfV liegen. Es handelt sich dabei aber um einen Stoff, der in einer Vielzahl von Betrieben zum Teil auch in viel grösseren Mengen gehandhabt wird. Zement stellt bei geeigneter Lagerung und Handhabung keine besondere Gefahr für Mensch und Umwelt dar. Der in grossen Mengen vorhandene Bentonit, welcher im HAA-Lager als Verfüllmaterial und im SMA- und HAA-Lager als Versiegelungsmaterial verwendet wird, fällt nicht unter die StfV.

Die Betriebsmittel Natronlauge und Salzsäure werden bei Bedarf in verschiedenen Prozessen der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung als Neutralisationsmittel verwendet. Hier liegt der StfV-Schwellenwert mit 2'000 kg für höherprozentige Natronlauge und Salzsäure aufgrund der stark ätzenden Wirkung relativ tief, sodass für den vorliegenden Bericht angenommen wird, dass die Lagermengen in der Oberflächenanlage diesen Wert überschreiten werden. Ob diese Mengen notwendig sind, wird insbesondere von der Zuflussrate und den Eigenschaften des angetroffenen Bergwassers abhängen. Der Umgang mit diesen Stoffen ist Stand der Technik, sodass die Konsequenzen bei geeigneten Massnahmen auch bei einer Betriebsstörung bzw. einem Störfall minimal sind; bei entsprechender Handhabung stellen Natronlauge und Salzsäure keine besondere Gefahr für Mensch und Umwelt dar.

Weitere Stoffe, wie z. B. diverse Säuren, Lösungsmittel, Reinigungsmittel, Dekontaminationsmittel, Schmierstoffe, diverse Gase und Treibstoffe (Diesel, Benzin, Heizöl), sind zwar in einer Oberflächenanlage zu erwarten, liegen mengenmässig aber weit unter den StFV-Mengenschwellen. Die Treibstoffe haben hingegen eine Bedeutung als wassergefährdende Flüssigkeiten in Zusammenhang mit dem Grundwasserschutz (s. Kap. 7).

Die unter die Produktionsmittel fallenden Endlagerbehälter sind in Tab. A4-1 nicht aufgeführt, da es sich dabei um festes Stückgut handelt aus Materialien, die nicht der StFV unterstehen: Bei den BE/HAA-Endlagerbehältern handelt es sich um feste aus Stahl bzw. Metall (z. B. Kupfer als Mantel) bestehende Behälter, die SMA-Endlagerbehälter bestehen aus Beton. Die Endlagerbehälter stellen also aus Sicht der konventionellen Störfallvorsorge kein Problem dar.

5.2.2 Transportbehälter und Abschirmungen in der Anlage und ihre Eigenschaften

Bei den externen BE/HAA-Transportbehältern wird es sich gemäss heutiger Planung um Stahlbehälter handeln mit Einbauten als Abschirmung (vgl. die Zusammensetzung in Tab. A4-2 in Anhang A.4). Bei den Materialien der Transportbehälter handelt es sich nicht um loses Material, sondern um fest im Transportbehälter verarbeitetes Material, welches auch bei Störfällen kaum freigesetzt bzw. mobilisiert werden kann. Aus Sicht der konventionellen Störfallvorsorge werden diese Materialien somit als unproblematisch beurteilt. Die internen BE/HAA-Transportbehälter bestehen im Wesentlichen aus Stahl und sind bezüglich der konventionellen Störfallvorsorge unproblematisch. Das gleiche gilt auch für die aus Stahl bestehenden externen und internen Transportbehälter für SMA/LMA.

In der Oberflächenanlage selbst werden an gewissen Stellen Abschirmungen installiert sein, die zumindest teilweise aus Blei bestehen können. Die für Blei (als Pulver) geltende StFV-Mengenschwelle von 2'000 kg wird in der Oberflächenanlage gemäss heutiger Einschätzung voraussichtlich durch diese Abschirmungen überschritten. Es handelt sich bei den Abschirmungen aber um fest eingebautes Material, das nur schwer in die Umwelt gelangen kann und deshalb aus Sicht der konventionellen Störfallvorsorge keine Bedeutung hat.

5.2.3 Radioaktive Abfälle und ihre Eigenschaften

Wie in Kap. 5.1 erwähnt, unterstehen die radioaktiven Abfälle der Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung und fallen nicht unter die StFV, denn gemäss UVEK (2005) bzw. BAFU (2010b) sind die radioaktiven Abfälle keine Sonderabfälle.

Die angelieferten radioaktiven Abfälle bestehen aus Gemischen der in Tab. A1-3 aufgeführten Stoffe und sind verfestigt, in einigen Fällen sind die Stoffe aber Einzelstoffe. Die Tabelle zeigt, dass nur wenige Stoffe, welche wegen ihrer Giftigkeit für Mensch und Umwelt störfallrelevant sein könnten, in grösseren Mengen in der Oberflächenanlage (für kurze Zeit) vorhanden sein werden: Das metallische Uran im SMA ist toxisch, wird aber nur während weniger Wochen in den Endlagerbehältern in der Oberflächenanlage vorhanden sein. Uranoxide/hydroxide sind auch toxisch, befinden sich aber in den BE, bei welchen die Radiotoxizität gegenüber der chemischen Toxizität klar überwiegt. Blei und dessen Legierungen sind reproduktionstoxisch und gewässergefährdend. Bor(III)oxide gelten ebenfalls als reproduktionstoxisch. Diese Stoffe liegen jedoch wie alle anderen Stoffe in den radioaktiven Abfällen in fester Form vor und sind nicht bzw. schlecht dispergierbar. Weiter sind die angelieferten radioaktiven Abfälle in Transport- bzw. Endlagerbehältern verpackt – während des Umladens übernimmt die Umlade-

zelle die Schutzwirkung der Transport- und Endlagerbehälter (vgl. Kap. 3 bzw. 4). Deshalb kann bei einem Störfall eine Ausbreitung dieser und aller anderen Stoffe der radioaktiven Abfälle auf dem Luft- oder Wasserpfad wirksam verhindert werden.

Die im geologischen Tiefenlager (inkl. Oberflächenanlage) anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle enthalten im Vergleich zu den StfV-Mengenschwellen keine relevanten Mengen an störfallrelevanten Stoffen. Dies betrifft gemäss Art. 1 Ziff. 4 StfV die nicht-radioaktiven Stoffe, die in Tab. A4-1 aufgeführt sind. In der Tabelle sind auch diejenigen Stoffe aufgeführt, die teilweise dem in der Oberflächenanlage in der kontrollierten Zone verwendeten Wasser zugemischt werden (z. B. Reinigungsmittel).

Die Beurteilung der Bedeutung der Radionuklide in den angelieferten radioaktiven Abfällen und in den radioaktiven Betriebsabfällen unterliegt aufgrund ihrer Strahlung der Strahlenschutz- und Kernenergiegesetzgebung und ist Teil der in Kap. 4 behandelten nuklearen Sicherheit und muss deshalb im Rahmen der konventionellen Störfälle nicht behandelt werden.

5.3 Massnahmen zur Vermeidung bzw. zur Beherrschung von Störfällen

Auch wenn nur Zement, Natronlauge und Salzsäure über den Mengenschwellen nach StfV gelagert werden, und diese bei geeignetem Umgang keine besondere Gefährdung darstellen, ist die Auslegung der Oberflächenanlage und des Betriebs darauf ausgerichtet, konventionelle Störfälle grundsätzlich zu vermeiden bzw. die Konsequenzen möglichst klein zu halten.

Deshalb wird darauf geachtet, möglichst wenige der in der StfV genannten Stoffe in grösseren Mengen in der Oberflächenanlage zu lagern bzw. zu verwenden. Dies ist die einfachste und wirkungsvollste Massnahme der Störfallvorsorge (Vermeidung). Weitere Massnahmen betreffen die Anlagenauslegung und die Betriebsabläufe, die gemäss den gesetzlichen Vorgaben und entsprechend dem Stand der Sicherheitstechnik umgesetzt werden. Dazu sind auch Elemente in der Umgebung der Oberflächenanlage zu beachten, falls sie einen störfallrelevanten Einfluss haben können. Dies betrifft z. B. militärische Anlagen/Munitionsdepots, Treibstoff-Grosstankanlagen, (Hochdruck-)Erdgasleitungen, Eisenbahnanlagen und Strassen mit Gefahrguttransporten, Luftverkehrsstrassen, Chemiebetriebe mit grossen Lagermengen an Chemikalien, die – falls sie nicht durch die Wahl des Standortareals gemieden werden – bei der Anlagenauslegung zu berücksichtigen sind.

Insgesamt kann ein sicherer und zuverlässiger Betrieb gewährleistet werden, da die in der Oberflächenanlage verwendeten bzw. gelagerten Stoffe bezüglich Störfälle wenig problematisch und die Prozesse bzw. Arbeitsabläufe einfach sind und eine kleine Energiedichte haben.

5.4 Fazit

Die für die Beurteilung konventioneller Störfälle massgeblichen behördlichen Vorgaben sind in der Störfallverordnung (StfV 1991) und in Richtlinien und Vollzugshilfen des BAFU (BAFU 2006, BAFU 2008, BAFU 2010a und BAFU 2010b) sowie in der Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen (UVEK 2005) festgehalten. Die Bedeutung dieser Vorgaben für die Oberflächenanlage wird in Kap. 5.1 erläutert. Dabei stehen Stoffe, Zubereitungen oder Sonderabfälle im Vordergrund, deren Mengenschwellen nach StfV überschritten werden.

Die radioaktiven Abfälle unterstehen der Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung und fallen nicht unter die Störfallverordnung. In den angelieferten radioaktiven Abfällen sind nur wenige Stoffe in grösseren Mengen in der Oberflächenanlage vorhanden, welche wegen ihrer

Giftigkeit für Mensch und Umwelt störfallrelevant sein könnten. Die Eigenschaften der Abfälle (feste Form, schlechte Dispergierbarkeit) und ihr Einschluss (Gebindehülle, Transport- und Endlagerbehälter bzw. Umladezelle) verhindern auch bei einem Störfall wirksam die Ausbreitung dieser Stoffe auf dem Luft- oder Wasserpfad, sodass sie bezüglich konventioneller Störfälle keine besondere Gefährdung darstellen. Die im geologischen Tiefenlager (inkl. Oberflächenanlage) anfallenden Betriebsabfälle enthalten keine gemäss StFV störfallrelevanten Stoffe, die mengenmässig über den StFV-Mengenschwellen liegen; die Betriebsabfälle haben deshalb bezüglich ihrer Giftigkeit für konventionelle Störfälle keine Relevanz.

Von den für die geologischen Tiefenlager notwendigen Produktions- und Betriebsmittel liegen gemäss heutiger Planung nur Zement, Natronlauge und Salzsäure über der Mengenschwelle gemäss StFV. Diese Stoffe sind einfach und zuverlässig handzuhaben. Bei geeigneten Massnahmen sind auch bei einer Betriebsstörung bzw. bei einem Störfall höchstens minimale Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu erwarten.

Bei Unterstellung der Oberflächenanlage unter die StFV ist beim entsprechenden Bewilligungsschritt in einem Kurzbericht eine Einschätzung bezüglich des Ausmasses der möglichen Beeinträchtigung der Bevölkerung oder der Umwelt infolge von Störfällen vorzunehmen. Eine erste diesbezügliche Beurteilung wurde im Rahmen dieses Berichts vorgenommen. Aufgrund der vorhandenen Stoffe, des für die Stoffe vorhandenen Einschlusses bzw. ihrer schlechten Dispergierbarkeit sowie unter Berücksichtigung der einfachen Prozesse mit kleiner Energiedichte (Drücke, Temperaturen, chemische Reaktivität, etc.) zeigt die Beurteilung, dass mit geeigneten Sicherheitsmassnahmen nach dem Stand der Sicherheitstechnik der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet werden kann. Insgesamt wird die Anlage bezüglich konventioneller Störfälle gemäss StFV aus heutiger Sicht als sicher und bewilligungsfähig eingestuft.

6 Schutz des Grundwassers beim Bau der Anlage und bezüglich Bauten im Bereich des Grundwassers

6.1 Vorgehen im Hinblick auf eine Beurteilung der potenziellen Gefährdung des Grundwassers durch Bauten und während der Bauphase

6.1.1 Einleitung

Die Überlegungen bezüglich einer möglichen Gefährdung des nutzbaren Grundwassers⁵⁶ durch Bauten⁵⁷ und während der Bauphase basieren gemäss Auftrag des BFE (BFE 2012b) auf Betrachtungen ohne direkten Bezug auf konkrete Standortareale. Die Betrachtungen müssen die Bandbreite der zu erwartenden Situationen so erfassen, dass eine Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit der Oberflächenanlage möglich ist⁵⁸. Dazu werden für die Beurteilung der Gefährdung des Grundwassers durch Bauten und während der Bauphase verschiedene typische Situationen der Oberflächenanlage und seiner Bauwerke in Bezug zum Grundwasser betrachtet. Die Typisierung der Situationen ist generisch und schematisch. Sie erfolgt mit dem Ziel, die für den Schutz des Grundwassers und die Bewilligungsfähigkeit wichtigen Faktoren sichtbar zu machen. Die dargestellten Situationen sind vereinfacht und gelten sowohl für Grundwasser im Lockergestein wie auch im Festgestein.

Grundwasserschutzzonen bzw. Grundwasserschutzzonen wurden als Standorte für die Oberflächenanlage a priori ausgeschlossen (vgl. Nagra 2011a, b). Die zu betrachtenden unterschiedlichen Situationen umfassen deshalb Standortareale im Gewässerschutzbereich A_u ⁵⁹ mit unterschiedlicher Anordnung der Bauten bezüglich dem nutzbaren Grundwasser sowie Standortareale ausserhalb des Gewässerschutzbereichs A_u ("übriger Bereich", üB). Bei der Planung der Oberflächenanlage ist zusätzlich für alle Standortgebiete der in der Schweiz geltende flächendeckende Grundwasserschutz zu berücksichtigen, und die allgemeine Sorgfaltspflicht und das Verunreinigungsverbot sind umzusetzen, um nachteilige Auswirkungen auf die Gewässer zu vermeiden.

Der hier zu beurteilende Schutz des Grundwassers ist im Gewässerschutzgesetz (GSchG 1991) und der Gewässerschutzverordnung (GSchV 1998) geregelt. Als Vollzugshilfe für die Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit von Bauten und Bautätigkeiten steht zusätzlich die "Wegleitung

⁵⁶ Eine operationelle Definition des nutzbaren Grundwassers bzw. des nutzbaren unterirdischen Gewässers (Begriff gemäss GSchV 1998) ergibt sich aus Anh. 4 Ziff. 111 GSchV: "Der Gewässerschutzbereich A_u umfasst die nutzbaren unterirdischen Gewässer sowie die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete. Ein unterirdisches Gewässer ist nutzbar beziehungsweise für die Wassergewinnung geeignet, wenn das Wasser im natürlichen oder angereicherten Zustand:

- a. in einer Menge vorhanden ist, dass eine Nutzung in Betracht fallen kann; dabei wird der Bedarf nicht berücksichtigt; und
- b. die Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung an Trinkwasser, nötigenfalls nach Anwendung einfacher Aufbereitungsverfahren, einhält."

⁵⁷ Mit der Beurteilung der Gefährdung des Grundwassers durch Bauten werden auch Aspekte der Betriebsphase abgedeckt. Die potenzielle Gefährdung des Grundwassers durch wassergefährdende Flüssigkeiten während des Betriebs der Oberflächenanlage wird in Kap. 7 beurteilt.

⁵⁸ Wie in Kap. 2 ausgeführt, sollen gemäss Auftrag des BFE in diesem Bericht die Optimierung bei der in Sachplan Etappe 2 zu erfolgenden Wahl der Standortareale und die diesbezüglichen Überlegungen zur Abwägung zwischen den verschiedenen Anforderungen nicht angesprochen werden; diese Optimierung und Abwägung sind dem Verfahren der Evaluation der verschiedenen Potenzialräume vorbehalten.

⁵⁹ Die Gewässerschutzbereiche A_u werden durch die Kantone bezeichnet und sind in den kantonalen Gewässerschutzkarten festgehalten.

Grundwasserschutz" (BUWAL 2004) zur Verfügung. Den in BUWAL (2004) enthaltenen Referenztabellen kann entnommen werden, ob und wo Anlagen und Tätigkeiten in Zusammenhang mit Grundwasser grundsätzlich bewilligungsfähig sind und welche Schutzmassnahmen und Nutzungsbeschränkungen erforderlich sind.

Nachfolgend wird in einem ersten Schritt anhand typischer generischer Situationen abgeleitet, welche Gefährdungen des Grundwassers bei der Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit der Oberflächenanlage zu betrachten sind. Das Resultat ist in Tab. 6-1 festgehalten. In einem zweiten Schritt wird dann geprüft, wie die Bewilligungsfähigkeit für die verschiedenen typischen Situationen zu beurteilen ist (Tab. 6-2); eine Diskussion der für die Bewilligungsfähigkeit der Oberflächenanlage relevanten Faktoren und eine Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit⁶⁰ für die verschiedenen Situationen finden sich in Kap. 6.2 und 6.3.

Neben der vorliegenden standortunabhängigen Betrachtung zur Bewilligungsfähigkeit der Oberflächenanlage im Gewässerschutzbereich A_u werden im Rahmen der Etappe 2 des Sachplans in einem separaten Bericht standortspezifische bautechnische Risikoanalysen durchgeführt, in welchen die Zugangsbauwerke bis in den Lagerbereich sowie die Bauten im Lagerbereich beurteilt werden. Dort wird zusätzlich auch die Situation in tieferen Grundwasserstockwerken betrachtet.

6.1.2 Anlagenelemente und Grundwassersituationen (Typen)

Für die Überlegungen zur Grundwassergefährdung bzw. zur Bewilligungsfähigkeit werden folgende Anlagenelemente berücksichtigt:

- *Oberflächenanlage (OFA)*: alle Anlagenteile der Oberflächenanlage auf dem Standortareal
- *Oberflächennaher Zugangstunnel (oZT)*: oberflächennaher Abschnitt des Zugangstunnels
- *Bauinstallationen (INST)*: Gesamtheit der *Bauinstallationen* für den Bau des geologischen Tiefenlagers auf dem Standortareal der Oberflächenanlage (inkl. der Bauarbeiten, die über das Portal des Zugangstunnels abgewickelt werden)

Die *Erschliessung (ESG)* mit Anschlussgleis und/oder -strasse zwischen dem Hauptverkehrsnetz und der Oberflächenanlage wird hier nicht beurteilt; wegen der Flexibilität bei Linienführung und Auslegung kann hier eine Lösung gefunden werden, welche das Grundwasser nicht beeinträchtigt.

Gewisse Teile der Bauinstallationen, wie z. B. (Zwischen-)Deponien oder Materialumschlagplätze müssen nicht zwingend auf dem Standortareal liegen. Für die nachfolgenden Betrachtungen wird angenommen, dass sämtliche Bauinstallationen in der gleichen Situation bezüglich des Grundwassers liegen wie die Oberflächenanlage.

Die Lage der Bauwerke (inkl. oberflächennaher Zugangstunnel) bzw. der Bauinstallationen in Bezug zum Grundwasser sind für die Beurteilung einer Grundwassergefährdung durch die Bauten und während der Bauphase wichtig. Die nachfolgend definierten Grundwassersitua-

⁶⁰ Bei der hier durchgeführten Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit der Oberflächenanlage werden sämtliche Fachbereiche angesprochen, auch wenn diese im konzentrierten Entscheidungsverfahren nach Art. 49 KEG (KEG 2003) und Art. 62a ff. RVOG (RVOG 1997) nicht zu eigenständigen Bewilligungen führen. Wo im Folgenden also von "Bewilligung" gesprochen wird, ist immer die Situation gemeint, dass die Bewilligungsfähigkeit nach den Anforderungen des jeweiligen Fachbereichs im Rahmen der Gesamtbewilligung geprüft wird.

tionen (Typ A bis E, vgl. Fig. 6-1 bis 6-5) werden zur Evaluation der Grundwassergefährdung bzw. der Bewilligungsfähigkeit verwendet, wobei Typ A im übrigen Bereich üB und die anderen im Gewässerschutzbereich A_u liegen:

- *Grundwassersituation Typ A:* Bauwerke im übrigen Bereich (üB)
- *Grundwassersituation Typ B:* Bauwerke im Gewässerschutzbereich A_u über nutzbarem Grundwasser mit grossem Flurabstand; alle Bauwerksteile (inkl. oberflächennaher Zugangstunnel) liegen deutlich über dem höchstmöglichen Grundwasserspiegel
- *Grundwassersituation Typ C:* Bauwerke im Gewässerschutzbereich A_u über nutzbarem Grundwasser mit geringem Flurabstand und mit permanenten Bauwerksteilen unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels, ohne jedoch mehr als 10 % der Durchflusskapazität bzw. des Speichervolumens des Grundwassers zu beanspruchen
- *Grundwassersituation Typ D:* Bauwerke im Gewässerschutzbereich A_u über nutzbarem Grundwasser mit Baugrund von schlechter Tragfähigkeit⁶¹, welche für Bauwerksteile bauliche Massnahmen (z. B. Tieffundationen) bis unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels erfordern, ohne jedoch mehr als 10 % der Durchflusskapazität bzw. des Speichervolumens des Grundwassers zu beanspruchen
- *Grundwassersituation Typ E:* Oberflächennaher Zugangstunnel durchquert nutzbares Grundwasser, ohne jedoch mehr als 10 % der Durchflusskapazität bzw. des Speichervolumens des Grundwassers zu beanspruchen

Im Gewässerschutzbereich A_u sind noch weitere Situationen denkbar, die durch die oben definierten Typen abdeckend erfasst sind. Dazu gehört insbesondere auch die Situation, wo die Bauten der Oberflächenanlage zwar im Gewässerschutzbereich A_u , aber nicht direkt über, sondern seitlich versetzt zum nutzbaren Grundwasser liegen. Diese Situation wird durch die Grundwassersituation Typ B bzw. Typ C abdeckend erfasst, kann aber bezüglich einer potenziellen Gefährdung des Grundwassers zu einer günstigeren Situation führen.

⁶¹ Die Eigenschaften des Baugrunds (z. B. Setzungsempfindlichkeit) sind ein Kriterium bei der Beurteilung der technischen Machbarkeit für die von der Nagra auszuarbeitenden Vorschläge der Standortareale. Die Baugrundeigenschaften werden hier über die Auswirkungen der Fundation auf das Grundwasser nur indirekt berücksichtigt.

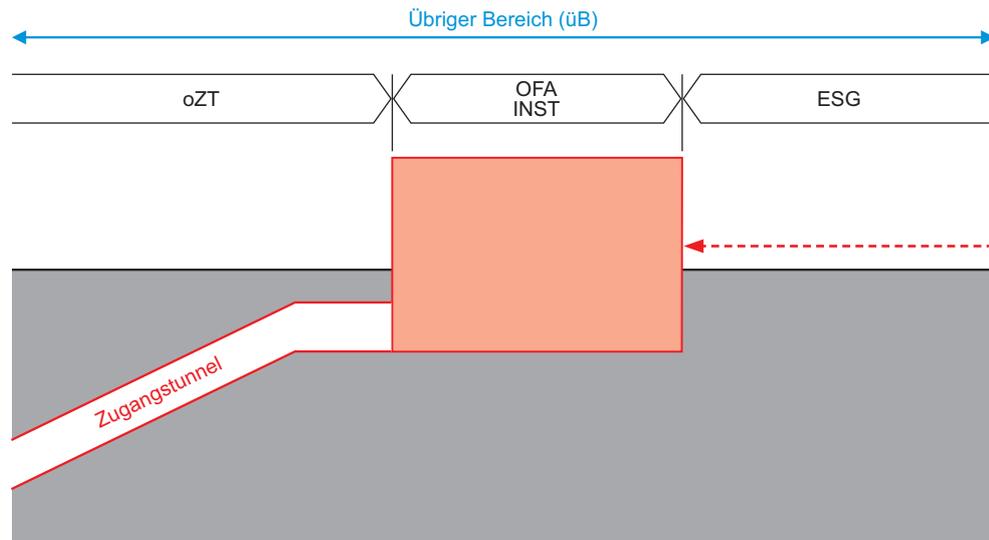


Fig. 6-1: Grundwassersituation Typ A – Bauwerk im übrigen Bereich (üB).
 oZT: Oberflächennaher Zugangstunnel, OFA: Oberflächenanlage, INST: Bauinstallationen, ESG: Erschliessung.

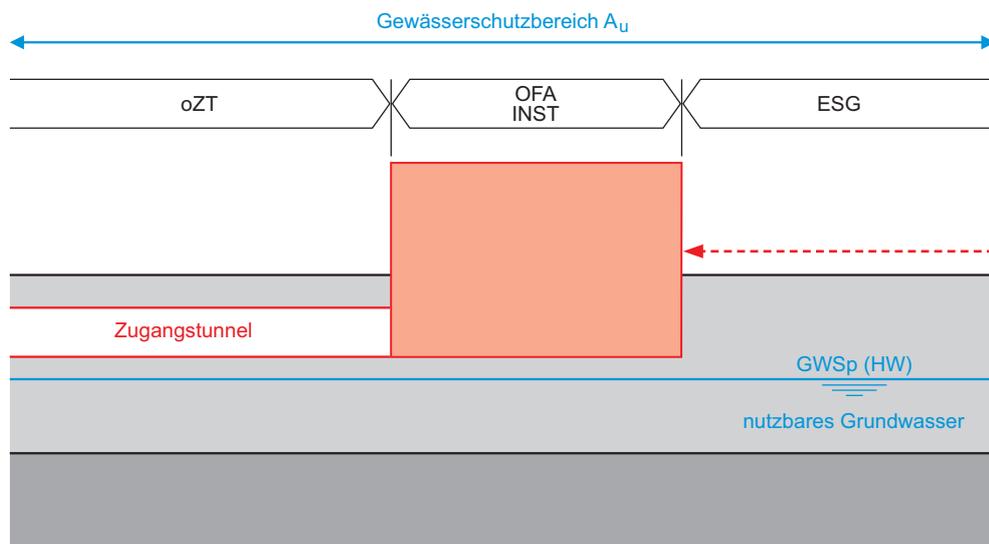


Fig. 6-2: Grundwassersituation Typ B – Bauwerk im Gewässerschutzbereich A_u über dem nutzbaren Grundwasser mit grossem Flurabstand; alle Bauwerksteile liegen deutlich über dem höchstmöglichen Grundwasserspiegel.
 oZT: Oberflächennaher Zugangstunnel, OFA: Oberflächenanlage, INST: Bauinstallationen, ESG: Erschliessung, GWSp (HW): höchstmöglicher Grundwasserspiegel.

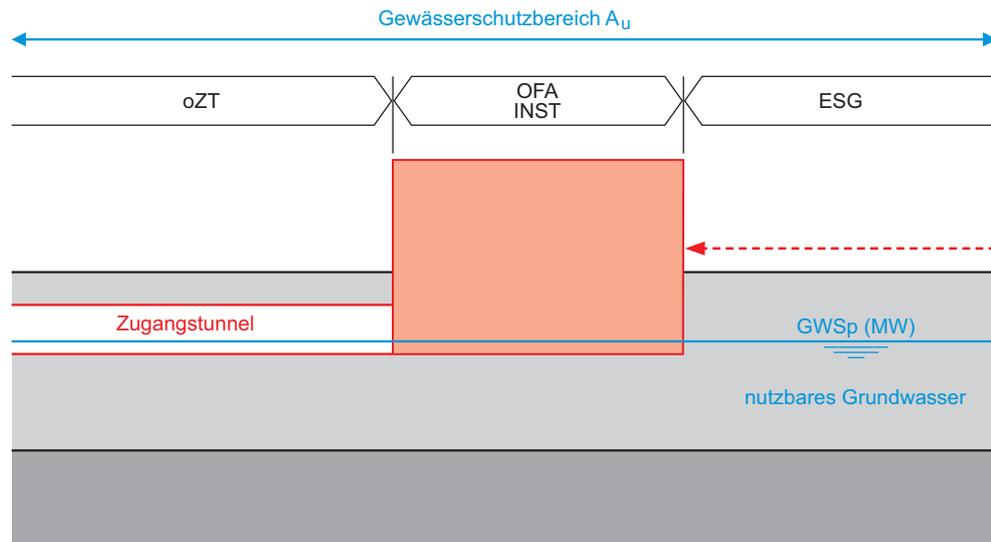


Fig. 6-3: Grundwassersituation Typ C – Bauwerk im Gewässerschutzbereich A_u über dem nutzbaren Grundwasser mit kleinem Flurabstand mit permanenten Bauwerksteilen unter dem mittleren Grundwasserspiegel, ohne mehr als 10 % der Durchflusskapazität des nutzbaren Grundwassers zu beanspruchen.

oZT: Oberflächennaher Zugangstunnel, OFA: Oberflächenanlage, INST: Bauinstallationen, ESG: Erschliessung, GWSp (MW): mittlerer Grundwasserspiegel.

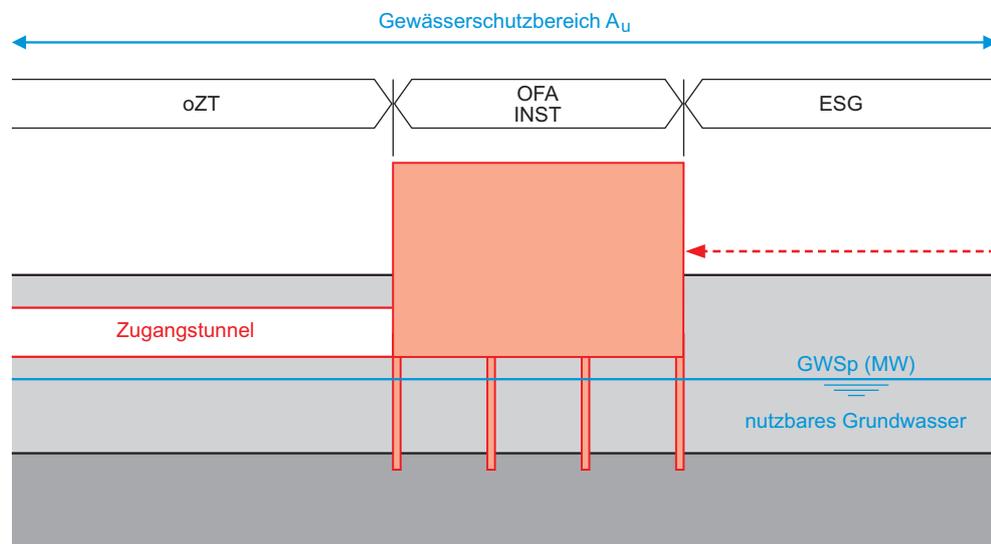


Fig. 6-4: Grundwassersituation Typ D – Bauwerk im Gewässerschutzbereich A_u über dem nutzbaren Grundwasser mit einem Baugrund mit schlechter Tragfähigkeit.

Die für (einzelne) Bauwerksteile erforderlichen baulichen Massnahmen (z. B. Tieffundation, Baugrundverbesserungen) reichen bis unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels, ohne mehr als 10 % der Durchflusskapazität des nutzbaren Grundwassers zu beanspruchen.

ESG: Erschliessung, OFA: Oberflächenanlage, INST: Bauinstallationen, oZT: Oberflächennaher Zugangstunnel, GWSp (MW): mittlerer Grundwasserspiegel.

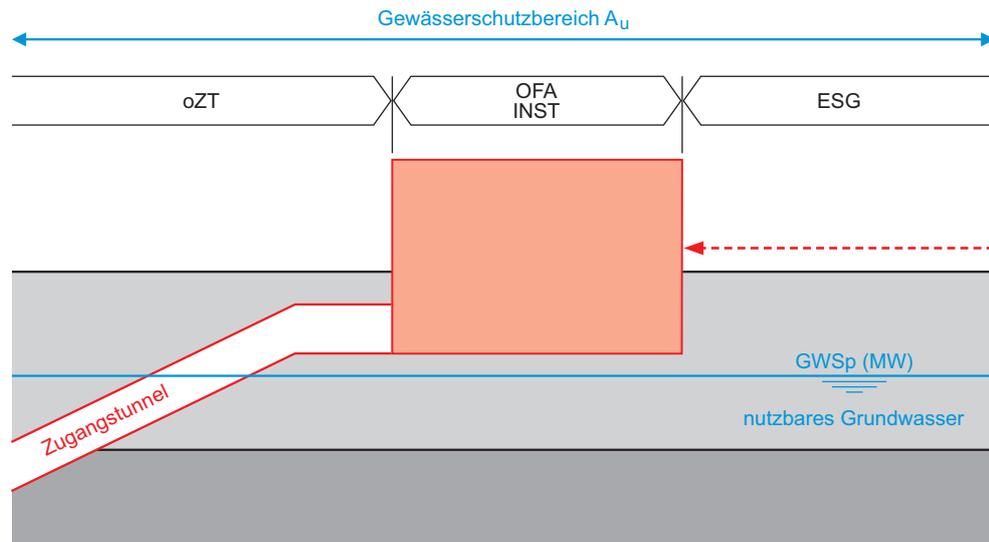


Fig. 6-5: Grundwassersituation Typ E – Oberflächennaher Zugangstunnel durchquert nutzbares Grundwasser im Gewässerschutzbereich A_u , ohne mehr als 10 % der Durchflusskapazität des nutzbaren Grundwassers zu beanspruchen.

ESG: Erschliessung, OFA: Oberflächenanlage, INST: Bauinstallationen, oZT: Oberflächennaher Zugangstunnel, GWSp (MW): mittlerer Grundwasserspiegel.

6.1.3 Vorgehen bei der Beurteilung des Schutzes des Grundwassers

Für die Beurteilung einer potenziellen Beeinträchtigung bzw. Gefährdung des Grundwassers durch Bauten bzw. während der Bauphase im Hinblick auf die Bewilligungsfähigkeit der Oberflächenanlage wird wie folgt vorgegangen:

1. Auswahl der für das Bauwerk bzw. die Bautätigkeiten massgebenden Referenztabellen gemäss "Wegleitung Grundwasserschutz" (BUWAL 2004)
2. Für die Bauwerksteile bzw. Tätigkeiten werden basierend auf der jeweils massgebenden Referenztafel schrittweise folgende Überlegungen angestellt:
 - a. Welche Bauwerksteile und welche Tätigkeiten sind relevant?
 - b. Welche potenziellen Beeinträchtigungen bzw. Gefährdungen können aus den Bauwerksteilen bzw. den Tätigkeiten abhängig von der Grundwassersituation (Typ A bis E) resultieren?
 - c. Welche Massnahmen können umgesetzt werden, um eine Beeinträchtigung bzw. Gefährdung des Grundwassers zu vermeiden bzw. zu begrenzen?
 - d. Wie wird die Bewilligungsfähigkeit bzw. das Gefährdungspotenzial des Grundwassers durch die Bauwerksteile bzw. Tätigkeiten bei Umsetzung dieser Massnahmen beurteilt?

6.1.4 Verwendete Referenztabellen

Insbesondere die nachfolgenden Referenztabellen aus BUWAL (2004) werden für die Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit verwendet:

- Die Referenztafel 'Baustellen' erfasst den Bau und den Rückbau des Gesamtbauwerks, inklusive der dazu notwendigen Bauinstallationen und ist relevant für die Anlagenelemente OFA, oZT und INST.

- Die Referenztabellen 'Abwasseranlagen' und 'Versickerungsanlagen' betreffen den Bau und Betrieb solcher Anlagen und sind relevant für die Anlagenelemente OFA und INST.
- Die Referenztablelle 'Untertagebauten' erfasst Bauten und Bautätigkeiten im Grundwasser und ist relevant für das Anlagenelement oZT.
- Die Referenztablelle 'Deponien, Materiallager, Umschlagplätze und Transportleitungen' berücksichtigt den Aspekt der Deponien und ist relevant für das Anlagenelement INST.
- Die Referenztablelle 'Oberirdische Bauten, Betriebe und Anlagen' erfasst Bauwerke an der Oberfläche (Hochbauten) und deren Foundation, inklusive Bauphase und ist relevant für das Anlagenelement OFA⁶².

In den Referenztabellen in BUWAL (2004) wird die Gefährdung bzw. das Gefährdungspotenzial des Grundwassers nur indirekt erfasst, denn sie geben nur über die Bewilligungsfähigkeit Auskunft. Für die in Tab. 6-1 vorgenommene Bewertung wird eine spezifizierte Tätigkeit bzw. Anlage, die aus hydrogeologischer Sicht unproblematisch ist und für die keine Bewilligung nach GSchV (vgl. Art. 32 bzw. Anh. 4 Ziff. 211) erforderlich ist, als "kein bzw. minimales Gefährdungspotenzial" eingestuft; eine solche, wo eine Bewilligung unter Auflagen erforderlich ist, wird als "relevantes Gefährdungspotenzial" und eine solche, die eine Ausnahmebewilligung erfordert, als "hohes Gefährdungspotenzial" eingestuft.

6.2 Beurteilung der potenziellen Gefährdung des Grundwassers durch Bauten und während der Bauphase

Aufgrund der Referenztabellen und der verschiedenen betrachteten Situationen ergeben sich für den qualitativen und quantitativen Grundwasserschutz grundsätzlich folgende potenzielle Beeinträchtigungen/Einwirkungen bzw. Gefährdungen:

- Verletzung der Deckschicht⁶³
- Verunreinigung des Grundwassers infolge Eintrags wassergefährdender Stoffe⁶⁴
- Wesentliche Verringerung der Durchflusskapazität bzw. des Speichervolumens des nutzbaren Grundwassers infolge von Einbauten⁶⁵ unterhalb des (mittleren) Grundwasserspiegels⁶⁶
- (Dauernde) Grundwasserspiegelabsenkung infolge Drainage
- Qualitative und quantitative Beeinträchtigung des Grundwassers durch dauernde Verbindung von Grundwasservorkommen

⁶² Mit dieser Referenztablelle wird auch die Nutzung von Bauten erfasst (insbesondere die Bedeutung der Versickerung von wassergefährdenden Flüssigkeiten). Der Schutz des Grundwassers vor wassergefährdenden Flüssigkeiten während dem Betrieb wird in Kap. 7 behandelt.

⁶³ Die Deckschicht ist der nicht wassergesättigte Untergrund über dem Grundwasserspiegel (des nutzbaren Grundwassers) mit Ausnahme des Bodens (BUWAL 2004). Gemäss Art. 4 GSchG ist die Deckschicht Teil des unterirdischen Gewässers.

⁶⁴ Die Bedeutung der wassergefährdenden Flüssigkeiten während der Betriebsphase wird in Kap. 7 behandelt.

⁶⁵ Dies betrifft insbesondere permanente Einbauten, temporäre Einbauten während der Bauphase sind von weniger grosser Bedeutung.

⁶⁶ Schon bei Bauwerken, die nur bei höchstmöglichem Grundwasserspiegel teilweise ins Grundwasser reichen und damit gemäss Definition in BUWAL (2004) den Grundwasserleiter des nutzbaren Grundwassers berühren, bestehen Vorbehalte.

Diese potenziellen Beeinträchtigungen bzw. Gefährdungen werden unter Berücksichtigung möglicher Massnahmen wie folgt beurteilt:

- *Verletzung der Deckschicht*: Eine Verletzung der Deckschicht z. B. durch Erstellung einer Baugrube kann beispielsweise während der Bauphase die Sickerstrecke von der Oberfläche bis ins Grundwasser verkürzen, was zu einer Verkleinerung der Rückhaltekapazität des ungesättigten Bereichs für versickernde Flüssigkeiten führen kann. Mit geeigneten Massnahmen kann jedoch eine Versickerung von Flüssigkeiten ins Grundwasser verhindert bzw. auf ein unbedenkliches Ausmass reduziert werden.

Mögliche Massnahmen: Geeignete Anordnung bzw. Auslegung der Baugruben (seitliche Versetzung zum nutzbaren Grundwasser, Erhalt einer genügend mächtigen Deckschicht⁶⁷, Abdichtungen, etc.), geeigneter Umgang mit wassergefährdenden Flüssigkeiten, etc..

- *Verunreinigung des Grundwassers während der Bauphase*⁶⁸: Auf jeder Baustelle werden wassergefährdende Stoffe verwendet. Der Umgang mit diesen Stoffen bildet zwar ein Gefährdungspotenzial, entspricht aber auch dem Stand der Technik. Bezüglich Verunreinigungen des Grundwassers speziell zu beachten sind bauliche Massnahmen im gesättigten Bereich des Grundwassers. Mit geeigneten Massnahmen kann eine Gefährdung des Grundwassers ausgeschlossen werden.

Mögliche Massnahmen: Sorgfaltspflicht, Schulung des Baustellenpersonals, Einbau von dichten Belägen und Randbordüren, Einrichtung von Auffangwannen, Bezeichnung von Waschplätzen, Verwendung von Ölbindemitteln, bei Bedarf Durchführung einer Abwasservorbehandlung (Absetzbecken, Neutralisation), geeignete Bauverfahren, etc..

- *Wesentliche Verringerung von Durchflusskapazität bzw. Speichervolumen des nutzbaren Grundwassers*: Einbauten unter den (mittleren) Grundwasserspiegel verringern den Durchflussquerschnitt und somit auch die Durchflusskapazität. Dies ist beispielsweise bei dichten, bis ins Grundwasser reichenden Bauten bzw. Baugrubenabschlüssen (z. T. temporär) bzw. Tieffundationen (z. B. Pfähle) der Fall. Auch durch Injektionen oder eine Verdichtung des Untergrunds zur Baugrundverbesserung können Durchflusskapazität bzw. Speichervolumen nachhaltig beeinträchtigt werden. Mit technischen Massnahmen können diese Beeinträchtigungen (teilweise) vermieden oder kompensiert werden.

Mögliche Massnahmen: Geeignete Anordnung der Bauwerke bezüglich Grundwasserspiegel des nutzbaren Grundwassers, Wahl geeigneter Bautechniken und Bauabläufe, Umsetzung baulicher Massnahmen (Düker, Materialersatz, etc.), geeignete Dimensionierung und Ausführung von Baugrubenabschlüssen, Optimierung einer allfälligen Wasserhaltung, etc..

- *Grundwasserspiegelabsenkung*: Für Einbauten in den wassergesättigten Bereich ist meistens eine temporäre Grundwasserabsenkung erforderlich, die jedoch nach Bauende wieder wegfällt. Eine dauerhafte und weiträumige Grundwasserspiegelabsenkung als Folge einer bleibenden Baute ist nicht zulässig. Bei Einbauten ins nutzbare Grundwasser ist mit baulichen Massnahmen eine permanente drainierende Wirkung zu verhindern.

⁶⁷ Gemäss Anh. 4 Ziff. 211 GSchV wird bei der Ausbeutung von Kies, Sand und anderem Material im Gewässerschutzbereich A_{II} eine schützende Materialschicht von mindestens 2 m über dem natürlichen, zehnjährigen Grundwasserhöchstspiegel verlangt. Eine Mächtigkeit der Deckschicht von mehr als 2 m über dem natürlichen, zehnjährigen Grundwasserhöchstspiegel kann in Situationen mit erheblichem Flurabstand einfach gewährleistet werden.

⁶⁸ Der Schutz des Grundwassers vor wassergefährdenden Stoffen während des Betriebs der Oberflächenanlage wird in Kap. 7 behandelt.

Mögliche Massnahmen: Vermeiden des Durchbohrens eines Grundwasserstauers, Wahl geeigneter Bauverfahren, wirksame Abdichtung von Bauwerken gegenüber dem Grundwasser, Förderung der Grundwasserneubildung durch Versickerung von gefasstem Dach- und Meteorwasser, etc..

- *Qualitative und quantitative Beeinträchtigung des Grundwassers durch dauernde Verbindung von Grundwasservorkommen:* Eine Veränderung des Grundwassers bezüglich seiner Qualität und Menge kann z. B. bei Bohrungen, Bauten oder Einbauten auftreten, die eine (bleibende) Verbindung zwischen unterschiedlichen Grundwasserstockwerken herstellen.

Mögliche Massnahmen: Vermeiden von möglichen Verbindungen zwischen Oberfläche und Grundwasser unter Umgehung der Deckschicht oder Verbindung verschiedener Grundwasserstockwerke bzw. Vermeidung von hydraulischen Kurzschlüssen, Überwachung durch Monitoring und bei Bedarf Umsetzung von gezielten Massnahmen, etc..

Basierend auf diesen Überlegungen gibt Tab. 6-1 eine zusammenfassende Übersicht, welche Einwirkungen und Gefährdungen für die verschiedenen Grundwassersituationen potenziell relevant sind und wo geeignete Massnahmen vorzusehen sind.

Tab. 6-1: Bedeutung der potenziellen Gefährdungen für die verschiedenen Grundwassersituationen.

O: Keine Einwirkung bzw. Gefährdung kann bei Anwendung der Sorgfaltspflicht und bei Bedarf weiterer Massnahmen ausgeschlossen werden; (O): Einwirkung kann klein gehalten und Gefährdung mit geeigneten Massnahmen ausgeschlossen werden; (X): Einwirkung kann mit geeigneten Massnahmen klein gehalten und Gefährdung je nach Situation ausgeschlossen werden; X: Einwirkung ist trotz Massnahmen relevant und erhebliche Gefährdung kann nicht ausgeschlossen werden (kommt in Tabelle nicht vor).

Einwirkungen und resultierende potenzielle qualitative und quantitative Gefährdungen	Grundwassersituationen				
	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E
1. Verletzung der Deckschicht	O	(O)	(X)	(X)	(X)
2. Eintrag wassergefährdender Stoffe infolge Bau	O	(O)	(X)	(X)	(X)
3. Reduktion Durchflusskapazität und Speichervolumen	O	O	(X)	(X)	(X)
4. Dauerhafte GW-Spiegelabsenkung	O	O	O	O	(X)
5. Beeinträchtigung Grundwasser durch Verbindung von GW-Vorkommen	O	O	(O)	(X)	(X)

Ausgehend von den in Tab. 6-1 aufgeführten Gefährdungen ergeben sich bezüglich der Bewilligungsfähigkeit von Tätigkeiten oder Anlagen nach der Umsetzung der erforderlichen Massnahmen die folgenden drei gewässerschutzrechtlichen Bewilligungskategorien:

- *Keine gewässerschutzrechtliche Bewilligung erforderlich:* Die hydrogeologische Situation der Bauten ist unproblematisch, und es ist nach Art. 19 GSchG keine Bewilligung erforderlich. Es gilt aber – wie auch für alle anderen Situationen – die generelle Sorgfaltspflicht und das Verunreinigungsverbot, um nachteilige Auswirkungen auf die Gewässer zu vermeiden (vgl. GSchG, Art. 3 und Art. 6).
- *Gewässerschutzrechtliche Bewilligung erforderlich, Bewilligungsfähigkeit grundsätzlich gegeben:* Die hydrogeologische Situation der Bauten im Gewässerschutzbereich A_u erfordert aufgrund der Deckschichtverletzung eine Bewilligung gemäss Art. 32 Bst. b GSchV. Die Bewilligungsfähigkeit ist aber grundsätzlich gegeben; die Bewilligung wird gemäss Art. 32 Abs. 4 GSchV erteilt, wenn mit Auflagen und Bedingungen ein ausreichender Schutz der Gewässer gewährleistet werden kann.
- *Gewässerschutzrechtliche Ausnahmegewilligung erforderlich:* Aufgrund der hydrogeologischen Situation der Bauten im Gewässerschutzbereich A_u und wegen permanenter Bauwerksteile unter dem mittleren Grundwasserspiegel des nutzbaren Grundwassers wird eine Ausnahmegewilligung gemäss Anh. 4 Ziff. 211 Abs. 2 GSchV benötigt. Die Bewilligungsfähigkeit ist gegeben, falls die Durchflusskapazität des Grundwassers gegenüber dem unbeeinflussten Zustand um höchstens 10 % vermindert wird und mit Auflagen und Bedingungen ein ausreichender Schutz der Gewässer gewährleistet werden kann.

Die Bauten im wassergesättigten Bereich des nutzbaren Grundwassers können Verdichtungen und Injektionen erfordern, die gemäss Anh. 4 Ziff. 211 Abs. 1 bzw. Abs. 2 GSchV und BUWAL (2004, Referenztabelle Baustellen) zu vermeiden sind. Auch hier kann die Behörde eine Ausnahmegewilligung nach Anh. 4 Ziff. 211 Abs. 1 bzw. Abs. 2 GSchV erteilen, falls mit Auflagen und Bedingungen ein ausreichender Schutz der Gewässer gewährleistet werden kann.

Wird diese Kategorisierung unter Berücksichtigung der Informationen in BUWAL (2004) auf die Resultate in Tab. 6-1 angewandt, ergibt sich die in Tab. 6-2 dargestellte Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit für die verschiedenen Grundwassersituationen, die nachfolgend kurz kommentiert wird.

Tab. 6-2: Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit für die verschiedenen Grundwassersituationen.

Bewilligungsfähigkeit	Grundwassersituationen				
	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E
Keine gewässerschutzrechtliche Bewilligung erforderlich	×				
Gewässerschutzrechtliche Bewilligung erforderlich, Bewilligungsfähigkeit grundsätzlich gegeben		×			
Gewässerschutzrechtliche Ausnahmegewilligung erforderlich			×	×	×

Für die Situation Typ A ist keine Bewilligung gemäss Art. 19 GSchG und Art. 32 GSchV erforderlich. Es gelten jedoch die für alle Situationen verlangte Sorgfaltspflicht und das Verunreinigungsverbot; zudem können anlagespezifische Massnahmen erforderlich sein.

Für die Situation Typ B ist die Verletzung der Deckschicht und der Eintrag von wassergefährdenden Stoffen beim Bau zu beachten. Eine geeignete Auslegung der Tiefbauten (Baugruben, etc.) und der korrekte Umgang mit wassergefährdenden Stoffen auf Baustellen sowie eine fachgerechte Baustellenentwässerung mit Abwasservorbehandlungsanlagen sind Stand der Technik. Bei Wahrung der erforderlichen Sorgfaltspflicht bildet Situation Typ B keine wesentliche Gefährdung für das Grundwasser. Diese Situation ist also grundsätzlich bewilligungsfähig.

Für die Situation Typ C ist eine gewisse (evtl. nur temporäre) Reduktion der Durchflusskapazität des Grundwassers zu erwarten. Um die Verringerung der Durchflusskapazität möglichst klein zu halten, sind spezifisch angepasste Baugrubensicherungen einzusetzen, welche die Durchflusskapazität möglichst wenig einschränken und die nach Erstellung des Bauwerks zumindest teilweise wieder entfernt werden. Bei oberflächennaher Tangierung des Grundwassers kann durch Materialersatz unter der Foundation oder durch den Einsatz von Dükerbauwerken die reduzierte Durchflusskapazität zumindest teilweise wieder kompensiert werden. Die Behörden können Ausnahmen bewilligen, falls die Durchflusskapazität gegenüber dem unbeeinflussten Zustand um höchstens 10 % verringert wird (Anh. 4 Ziff. 211 Abs. 2 GSchV). Weiter sind für Situation C auch die (teilweise) Entfernung der Deckschicht, der mögliche Eintrag wassergefährdender Stoffe sowie – je nach Situation – die Möglichkeit der (temporären) grossflächigen Grundwasserspiegelabsenkung zu beachten. Die Voraussetzungen für die Erteilung einer Ausnahmegewilligung werden voraussichtlich im Einzelfall unter Einhaltung von Bedingungen und Auflagen zum Schutz der Gewässer erreichbar sein.

Für die Situation D sind wegen der baulichen Massnahmen zur Gewährleistung der technischen Machbarkeit neben der (in der Regel beschränkten) Reduktion der Durchflusskapazität des Grundwassers insbesondere der Eintrag von wassergefährdenden Stoffen und die Herstellung von Verbindungen zwischen Grundwasserstockwerken zu beachten. Durch geeignete Baumassnahmen können die Gefährdungen beschränkt werden, indem z. B. bei Tieffundationen Ramm- oder verrohrte Bohrpfähle anstelle von Injektionspfählen eingesetzt werden. Insgesamt können umfangreiche bauliche Massnahmen unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels des nutzbaren Grundwassers gemäss GSchV (Anh. 4 Ziff. 211) nur als Ausnahme mit Auflagen und Bedingungen zum Schutz der Gewässer bewilligt werden.

Für die Situation Typ E sind neben den schon für die anderen Situationen erwähnten Aspekten (Verletzung Deckschicht, Eintrag wassergefährdender Stoffe, grossflächige Grundwasserspiegelabsenkung, Veränderung des unbeeinflussten Grundwassers) die in der Regel (je nach Baugrund) notwendigen Injektionen (z. B. "Jetting") und Verdichtungsarbeiten im wasser gesättigten Untergrund zu beachten, die gemäss BUWAL (2004) nicht zugelassen sind. Die Behörde kann jedoch gemäss GSchV (Anh. 4 Ziff. 211) auch für diese Situation Ausnahmen bewilligen, verbunden mit Auflagen und Bedingungen zum Schutz der Gewässer.

6.3 Fazit

Die für die Beurteilung einer möglichen Beeinträchtigung bzw. Gefährdung des Grundwassers durch Bauten und während der Bauphase massgeblichen Vorgaben sind im Gewässerschutzgesetz (GSchG 1991) und in der zugehörigen Verordnung (GSchV 1998) festgehalten; mit der "Wegleitung Grundwasserschutz" (BUWAL 2004) steht zusätzlich eine Vollzugshilfe zur Verfügung, die es erlaubt, die Bewilligungsfähigkeit zu beurteilen. Die Bedeutung dieser Vorgaben für die Oberflächenanlagen und Bauinstallationen wird in Kap. 6.1 und 6.2 erläutert. Es werden

typische generische Situationen der Oberflächenanlage und seiner Bauwerke bzw. des Standortareals in Bezug zum nutzbaren Grundwasser betrachtet. Geordnet nach Tätigkeiten und Anlagen legt die "Wegleitung Grundwasserschutz" fest, welche Schutzmassnahmen und Nutzungsbeschränkungen jeweils erforderlich sind, damit ein Vorhaben bewilligt werden kann.

Bei der Beurteilung einer möglichen Gefährdung des Grundwassers stehen folgende Aspekte im Vordergrund: Die Verletzung der Deckschicht, der Eintrag von wassergefährdenden Stoffen, eine wesentliche Verringerung der Durchflusskapazität bzw. des Speichervolumens des Grundwassers infolge von (temporären) Einbauten unterhalb des (mittleren) Grundwasserspiegels, die (dauernde) grossflächige Grundwasserspiegelabsenkung infolge Drainage des Grundwassers sowie eine qualitative und quantitative Beeinträchtigung des Grundwassers durch dauernde Verbindung von Grundwasservorkommen. Die Beurteilung erfolgt unter Berücksichtigung möglicher Massnahmen zur Vermeidung oder Beherrschung der Gefährdungen und wird im Folgenden zusammengefasst.

Grundwasserschutzzonen sowie Grundwasserschutzareale wurden als Standorte für die Oberflächenanlage a priori ausgeschlossen (vgl. Nagra 2011 a, b). Alle anderen Situationen werden für die Anordnung der Bauwerke und von Bauinstallationen nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Für die diesbezügliche Beurteilung der Beeinträchtigung bzw. Gefährdung des Grundwassers durch Bauten und während der Bauphase wird von den Referenztabelle in BUWAL (2004) ausgegangen, die unter Berücksichtigung der zu treffenden Schutzmassnahmen (vgl. Art. 31 GSchV) zu folgenden Schlussfolgerungen bezüglich Grundwassergefährdung und Bewilligungsfähigkeit führen:

- Befinden sich die Anlagen und Bautätigkeiten im übrigen Bereich (üB), so sind diese aus hydrogeologischer Sicht unproblematisch, und es ist keine gewässerschutzrechtliche Bewilligung erforderlich. Die allgemeine Sorgfaltspflicht und das generelle Verunreinungsverbot gemäss GSchG ist hier wie auch in allen andern Fällen grundsätzlich zu berücksichtigen.
- Befinden sich die Anlagen und Bautätigkeiten im Gewässerschutzbereich A_u , so ist gemäss GSchV (vgl. Art. 32 bzw. Anh. 4 Ziff. 211) von einer Bewilligungspflicht auszugehen, da durch die Bauarbeiten die Deckschicht des nutzbaren Grundwassers in der Regel verletzt wird⁶⁹. Für Situationen, in denen weder temporäre noch permanente Bauwerke unterhalb des (mittleren) Grundwasserspiegels erstellt werden, werden die Oberflächenanlage und die Bautätigkeiten aber grundsätzlich als bewilligungsfähig beurteilt. Eine solche Situation liegt insbesondere vor bei nutzbarem Grundwasser mit grossem Flurabstand, kombiniert mit einem Baugrund mit guter Tragfähigkeit (keine Notwendigkeit für Tieffundationen bis unter den Grundwasserspiegel).
- Anlagen und Bautätigkeiten im Gewässerschutzbereich A_u , wo gewisse Anlagenteile (z. B. Tieffundationen oder Bauwerksteile) oder Bautätigkeiten (z. B. Bohrpfahlarbeiten, Verankerungen) in den wassergesättigten Bereich des nutzbaren Grundwassers reichen, können gemäss GSchV (Anh. 4 Ziff. 211) als Ausnahme mit entsprechenden Auflagen und Bedingungen bewilligt werden. Voraussetzungen für eine Bewilligung sind z. B. die Verwendung von Baustoffen, welche die Qualität des Grundwassers nicht gefährden, und eine geeignete Auslegung des Bauwerks, sodass die Durchflusskapazität des Grundwassers gegenüber dem unbeeinflussten Zustand um höchstens 10 % vermindert und kein Grundwasser dauerhaft drainiert wird. Diese Voraussetzungen für eine Ausnahmebewilligung

⁶⁹ Im Gewässerschutzbereich A_u sind auch günstigere Situationen bezüglich potenzieller Gefährdung des Grundwassers denkbar, wo alle Bauten im Randgebiet des Gewässerschutzbereichs A_u nicht direkt über nutzbarem Grundwasser liegen (d. h. keine Verletzung der Deckschicht des nutzbaren Grundwassers) und der oberflächennahe Zugangstunnel so liegt, dass er das nutzbare Grundwasser nicht tangiert.

können bei Bauwerken über dem Grundwasser mit grossem Flurabstand, aber mit Baugrund von schlechter Tragfähigkeit und bei Bauwerken über dem Grundwasser mit geringem Flurabstand in der Regel je nach effektiven Standortbedingungen bei Umsetzung entsprechender Massnahmen erfüllt werden.

- Für Anlagen im Gewässerschutzbereich A_u , wo der oberflächennahe Zugangstunnel das nutzbare Grundwasser durchquert, sind je nach lokaler Situation Injektionen, Verdichtungsarbeiten oder Ähnliches als Bauhilfsmassnahmen auch im wassergesättigten Bereich notwendig. Injektionen und Verdichtungsarbeiten im wassergesättigten Bereich des nutzbaren Grundwassers sind zu vermeiden; die Behörde kann gemäss GSchV (Anh. 4 Ziff. 211) nach Prüfung des Einzelfalls bei Vorliegen wichtiger Gründe aber Ausnahmen bewilligen, verbunden mit Bedingungen und Auflagen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Anordnung der Bauwerke und die Ausgestaltung der Bauphase im Gewässerschutzbereich A_u im Bereich des nutzbaren Grundwassers in die Beurteilung eines Standortareals für die Oberflächenanlage und in die Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit der Oberflächenanlage mit einzubeziehen sind. Dabei ist jeweils die konkrete Situation entsprechend den obigen Ausführungen zu berücksichtigen; die hier betrachteten Situationen stellen Vereinfachungen dar, welche für die konkreten Standortareale bei Bedarf zu ergänzen und teilweise auch differenzierter zu beurteilen sind.

7 Schutz des Grundwassers vor wassergefährdenden Flüssigkeiten während dem Betrieb der Oberflächenanlage

7.1 Vorgehen im Hinblick auf eine mögliche Gefährdung des Grundwassers während dem Betrieb

Die Anforderungen zum Schutz des Grundwassers vor wassergefährdenden Flüssigkeiten sind im Gewässerschutzgesetz (GSchG 1991) und in der Gewässerschutzverordnung (GSchV 1998) festgelegt. Mit der Änderung der GSchV im Jahre 2006 wurde die Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten (VWF) aufgehoben und der Bereich des Umgangs mit wassergefährdenden Flüssigkeiten dereguliert. Die GSchV enthält weiterhin die Unterscheidung zwischen Flüssigkeiten, die Wasser in kleinen Mengen verunreinigen können (Flüssigkeiten der Klasse A gemäss BAFU 2009) und anderen wassergefährdenden Flüssigkeiten (Flüssigkeiten, die Wasser in grossen Mengen verunreinigen können; Flüssigkeiten der Klasse B gemäss BAFU 2009). Die Klassierung wassergefährdender Flüssigkeiten richtet sich nach dem entsprechenden BAFU-Hilfsmittel (BAFU 2009).

Gemäss Art. 2 Abs. 2 GSchV gilt die GSchV für radioaktive Stoffe nur, soweit diese Stoffe biologische Wirkungen aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften zur Folge haben; soweit diese Stoffe biologische Wirkungen aufgrund ihrer Strahlung zur Folge haben, gelten die Strahlenschutz- und Kernenergiegesetzgebung.

Für Lagerbehälter mit Flüssigkeiten der Klasse A⁷⁰ mit einem Nutzvolumen von mehr als 2'000 Liter ist im Gewässerschutzbereich A_u gemäss Art. 32 GSchV eine Bewilligung erforderlich. Gemäss GSchV (Anh. 4, Ziff. 211) sind Lagerbehälter mit mehr als 250'000 Liter Nutzvolumen mit Flüssigkeiten der Klasse A im Gewässerschutzbereich A_u nicht zulässig; die Behörde kann aus wichtigen Gründen Ausnahmen gestatten, verbunden mit Bedingungen und Auflagen.

Bei der Beurteilung einer möglichen Gefährdung des Grundwassers durch wassergefährdende Flüssigkeiten in der Betriebsphase der Oberflächenanlage wird dementsprechend wie folgt vorgegangen:

- Auflistung der gemäss heutiger Planung in der Oberflächenanlage vorgesehenen Produktions- und Betriebsmittel sowie der verschiedenen Entwässerungspfade der Oberflächenanlage mit Betrachtung der verwendeten Behandlungsverfahren mit Fokus auf die verwendeten Betriebsmittel und die Beurteilung ihrer Bedeutung als wassergefährdende Flüssigkeiten. Dazu werden im Hinblick auf eine allfällige Behandlung der abzuleitenden Wasser auch die Einleitbedingungen für die verschiedenen Entwässerungspfade betrachtet.
- Auflistung der Stoffe in den angelieferten radioaktiven Abfällen und in den radioaktiven Betriebsabfällen und die Beurteilung ihrer Bedeutung als wassergefährdende Flüssigkeiten. Entsprechend Art. 2 Abs. 2 GSchV werden dazu nur Stoffe betrachtet, welche biologische Wirkungen aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften haben. Die Beurteilung der Bedeutung von Radionukliden aufgrund ihrer Strahlung unterliegt der Strahlenschutz- und Kernenergiegesetzgebung und ist Gegenstand der in Kap. 4 behandelten nuklearen Sicherheit; sie werden nicht zusätzlich auch noch als wassergefährdende Stoffe im Sinne der GSchV beurteilt.
- Ermittlung der Mengen der maximal gleichzeitig in der Oberflächenanlage vorhandenen wassergefährdenden Flüssigkeiten.

⁷⁰ Nachfolgend wird in Anlehnung an BAFU (2009) der Begriff "Klasse A" für "Flüssigkeiten, die Wasser in kleinen Mengen verunreinigen können" verwendet, auch wenn dieser Begriff in der GSchV nicht verwendet wird.

- Klassierung dieser wassergefährdenden Flüssigkeiten (Wassergefährdungsklassen A, B) gemäss BAFU-Hilfsmittel (BAFU 2009).
- Identifikation der in der Oberflächenanlage vorhandenen wassergefährdenden Flüssigkeiten, die gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV 1998) für den Gewässerschutzbereich A_u eine Bewilligung erfordern (d. h. Prüfung, ob die Lagermenge von Flüssigkeiten der Klasse A grösser als 2'000 Liter ist) oder eine Ausnahmegewilligung erfordern (d. h. Prüfung, ob die Lagermenge von Flüssigkeiten der Klasse A grösser als 250'000 Liter ist).
- Bei Bedarf Einschätzung und Beurteilung, ob solche wassergefährdenden Flüssigkeiten auf kleinere Lagermengen (< 2'000 Liter bzw. < 250'000 Liter) reduziert werden können.
- Festlegung von Schutzmassnahmen für die Lagerung von wassergefährdenden Flüssigkeiten.

7.2 Beurteilung der in der Oberflächenanlage vorhandenen Flüssigkeiten

7.2.1 Übersicht

Produktions- und Betriebsmittel sowie Entwässerung der Oberflächenanlage

Gemäss heutiger Planung werden in der Oberflächenanlage etwa 50 Stoffe oder Stoffgemische als Produktions- bzw. Betriebsmittel eingesetzt (s. Tab. A4-1 in Anhang A.4). Von den Produktionsmitteln ist in Zusammenhang mit wassergefährdenden Flüssigkeiten nur Zement zu betrachten. Die Lagerung und Handhabung von Zement und Mörtel erfolgt von der Witterung geschützt als Feststoff. Betonabwasser fällt nur in geringen Mengen an und wird nach einer entsprechenden Vorbehandlung (Absetzbecken, Neutralisationsanlage, evtl. Flockung) in die Schmutzwasserkanalisation abgeleitet.

Von den Betriebsmitteln werden wegen ihrer Einstufung (vgl. Tab. A4-1) folgende Flüssigkeiten hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials in Kap. 7.2.2, 7.2.3 und 7.2.4 behandelt:

- Treibstoffe (Diesel, Benzin)
- Heizöl
- Hydrauliköl, Schmierstoffe / Öle (inklusive Transformatorenöl)

Die Wässer der verschiedenen Entwässerungspfade der Oberflächenanlage (gewerblich-industrielles Abwasser (inklusive vorbehandelte/gereinigte und freigemessene Abwässer aus der kontrollierten Zone), Niederschlagswasser von bebauten oder befestigten Flächen, Bergwasser) werden bei Bedarf entsprechend den Einleitbedingungen vorbehandelt und dann abgeleitet. Die für die Vorbehandlung notwendigen Stoffe sind in den Betriebsmitteln in Tab. A4-1 enthalten, das Wasser der verschiedenen Entwässerungspfade jedoch nicht. Die Vorbehandlung bzw. Einleitung der Abwässer dieser Entwässerungspfade stellt keine besonderen Anforderungen. Einzig Bergwasser könnte für die Vorbehandlung einen erhöhten Aufwand bedeuten und wird deshalb separat diskutiert (vgl. Kap. 7.2.5).

Die in Tab. A4-1 ausgewiesenen kleinen Lagermengen an wassergefährdenden Flüssigkeiten zeigen, dass für die Produktions- und Betriebsmittel auch im Gewässerschutzbereich A_u keine Ausnahmegewilligung erforderlich sein wird. Die Abwässer der verschiedenen Entwässerungspfade enthalten keine relevanten Mengen an wassergefährdenden Flüssigkeiten, sodass weder eine Bewilligung noch eine Ausnahmegewilligung notwendig ist.

Radioaktive Abfälle

Die in den angelieferten radioaktiven Abfällen vorhandenen Stoffe sind in Tab. A1-3 in Anhang A.1 aufgeführt. Die radioaktiven Abfälle liegen in fester Form vor und enthalten keine Flüssigkeiten. Sie sind ausserdem zu jedem Zeitpunkt sicher eingeschlossen und/oder sicher verpackt. Deshalb haben die angelieferten radioaktiven Abfälle keine Bedeutung in Zusammenhang mit der Gefährdung des Grundwassers durch wassergefährdende Flüssigkeiten. Dies gilt auch bei Störfällen, da der direkte Kontakt von Stoffen in den angelieferten radioaktiven Abfällen mit Wasser (z. B. Löschwasser) durch technische Massnahmen (Einschluss der Abfälle) wirksam verhindert bzw. beschränkt wird. Dazu tragen die Transport- und Endlagerbehälter, die Umladezelle und die Eigenschaften der angelieferten Abfälle (Einschluss in Gebindehülle bzw. Hüllrohr) selbst bei. Das im Falle eines Brandes in Löschwasserauffangbecken gesammelte Löschwasser wird jedoch im Sinne einer Vorsichtsmassnahme und insbesondere bei schweren Störfällen vor seiner Abgabe auch auf Radioaktivität hin geprüft.

Die in der Oberflächenanlage anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle (Abluftfilter aus den Umladezellen, Revisions- und Dekontaminationsmaterial, Rückstände aus der Abwasseraufbereitung und evtl. aus der Waschwasseraufbereitung, Abfälle aus einer allfälligen BE-Transportbehälter-Innenreinigungsanlage) enthalten gemäss heutiger Planung keine relevanten Mengen (weniger als 2'000 Liter) an wassergefährdenden Flüssigkeiten im Sinne der Gewässerschutzgesetzgebung.

Bei den in der kontrollierten Zone verwendeten Flüssigkeiten handelt es sich um Wasser, dem in kleinen Mengen Stoffe (z. B. Reinigungs- oder Dekontaminationsmittel) zugemischt sein können⁷¹, die in Tab. A4-1 enthalten sind. Mit der Beurteilung der in Tab. A4-1 ausgewiesenen Stoffe wird auch die Sammlung dieses Wassers in Stapeltanks⁷² abgedeckt. Dasselbe gilt auch für das optional in der kontrollierten Zone verwendete Prozesswasser für eine allfällige BE-Transportbehälter-Innenreinigungsanlage. Auch dort handelt es sich nur um Wasser, dem allenfalls in kleinen Mengen Stoffe zugemischt sein können, die in Tab. A4-1 enthalten sind. Die Gesamtmenge an allenfalls verwendetem Prozesswasser in der kontrollierten Zone beträgt maximal ca. 70 m³, wahrscheinlich aber deutlich weniger.

7.2.2 Treibstoffe (Benzin und Diesel)

In der Oberflächenanlage kann gemäss heutigem Planungsstand auf eine Diesellagerhaltung für die Ersatzstromversorgung, die über eine gewisse Zeit sichergestellt sein muss⁷³, nicht verzichtet werden. Basierend auf der provisorischen Auslegung der geologischen Tiefenlager und der entsprechenden Identifikation der mit Ersatzstrom zu beliefernden Aggregate wird ein Leistungsbedarf von über 2 MW abgeschätzt, der hauptsächlich im angenommenen hohen Strombedarf der Bergwasserpumpen Untertag begründet ist. Daraus ergibt sich eine notwendige Lagermenge von ca. 60'000 Liter Dieseltreibstoff, was für eine Oberflächenanlage im

⁷¹ Die Reinigungs- bzw. Dekontaminationsmittel sind in Tab. A4-1 aufgeführt. Diese werden nur in kleinen Mengen (weit unterhalb dem Schwellenwert von 2'000 Liter) den Flüssigkeiten in der kontrollierten Zone der Oberflächenanlage zugemischt. Das Wasser selber ist in Tab. A4-1 nicht aufgeführt.

⁷² Dabei ist zu beachten, dass das Volumen der Stapeltanks einige wenige m³ beträgt (gemäss heutiger Planung ca. 5 bis 10 m³ pro Behälter, evtl. weiterer Reservebehälter).

⁷³ Gemäss heutiger Planung wird die maximal notwendige Dauer des Betriebs der Ersatzstromanlage ohne Nachlieferung von Treibstoff auf maximal 100 Stunden geschätzt. Gemäss heutiger Planung ist es innerhalb dieser Periode möglich, zusätzlichen Treibstoff zu liefern bzw. anderweitige Massnahmen zu treffen (vgl. diesbezüglich z. B. die Vorgaben zum Stresstest der Kernkraftwerke der EU, wo die Auswirkungen des Verlusts der externen Stromversorgung während 72 Stunden zu untersuchen war (vgl. dazu z. B. ENSI 2011 bzw. ENSREG 2012)).

Gewässerschutzbereich A_u zwar deutlich über dem Schwellenwert für eine Bewilligung von 2'000 Liter, aber deutlich unter der Grenze für eine Ausnahmegewilligung von 250'000 Liter liegt. Die Lagermenge von ca. 60'000 Liter Dieseltreibstoff wird auf mehrere Behälter verteilt.

Die Vorratsmenge an Treibstoffen für Fahrzeuge kann bei Bedarf durch die Realisierung einer Kleinsttankstelle unter den Schwellenwert von 2'000 Liter gesenkt werden.

7.2.3 Heizöl

Auf Heizöl kann verzichtet werden, wenn die Gebäudeheizung mit anderen Energieträgern realisiert wird. Hierzu stehen heute schon verschiedene Alternativen zur Verfügung (Fernwärme, Wärmepumpen, Solarwärme, Wärmeentzug aus dem Bergwasser).

7.2.4 Hydrauliköl, Schmierstoffe und sonstige Öle

Hydrauliköl in Hydraulikaggregaten wird an diversen Stellen in der Oberflächenanlage eingesetzt. Entsprechend dem Stand der Technik werden gemäss heutiger Planung synthetische Öle zum Einsatz kommen⁷⁴. Schliesslich können bei Bedarf auch bei einigen der Anwendungen die Hydraulikantriebe durch Elektroantriebe, Seilzüge, etc. gleichwertig ersetzt werden.

Schmierstoffe und Öle werden an verschiedenen Stellen der Oberflächenanlage verwendet, und sie werden zusätzlich auch in geringer Menge in den Werkstätten und in einem separaten Schmierstofflager gelagert (Gesamtmenge deutlich weniger als 2'000 Liter). Bei Bedarf kann für die meisten Anwendungen auf mineralölbasierte Schmierstoffe verzichtet und synthetische Schmierstoffe eingesetzt werden⁷⁴.

Auf Transformatorenöl kann bei Bedarf ganz verzichtet werden, indem ölfreie Transformatoren eingesetzt werden. Wird trotzdem Transformatorenöl verwendet, muss es nicht in grossen Mengen in der Oberflächenanlage gelagert werden, da es im Bedarfsfall (bei Revisionen) von den entsprechenden Lieferfirmen bereitgestellt und durch diese auch wieder entsorgt wird (Gesamtmenge weniger als 2'000 Liter). Auch bei Transformatorenöl können bei Bedarf synthetische Produkte eingesetzt werden⁷⁴.

7.2.5 Bergwasser

In Übereinstimmung mit den Vorgaben des Gewässerschutzgesetzes (Art. 43 GSchG) ist es das Ziel, die Anlagen Untertag möglichst gut abzudichten und den Zutritt von Bergwasser möglichst vollständig zu verhindern⁷⁵. In Oberflächennähe wird dies weitgehend möglich sein, in grosser Tiefe bei grossem Wasserüberdruck ist es evtl. nicht möglich, eine vollständige Abdichtung zu erzielen. Für die Planung wird deshalb von einem Zutritt von Tiefengrundwasser ausgegangen (Annahme: einige wenige bis einige zehn Liter pro Sekunde). Das anfallende Bergwasser (Drainagewasser aus Anlagen Untertag) ist keine wassergefährdende Flüssigkeit im Sinne der GSchV, und eine einmalige kurz andauernde Leckage von Bergwasser würde zu keiner merklichen Grundwasserbeeinträchtigung führen.

⁷⁴ Die synthetischen Öle sind der Klasse B zugeordnet. Für diese gilt im Gewässerschutzbereich A_u kein Schwellenwert.

⁷⁵ Bei der Planung und dem späteren Bau sowie bei der Überwachung in der Betriebsphase werden dazu auch die Hinweise in der Wegleitung zur Umsetzung des Grundwasserschutzes bei Untertagbauten beachtet (BUWAL 1998).

Für die Einleitung von gefasstem Bergwasser in einen Vorfluter (Fließgewässer) ist nach GSchV eine Bewilligung erforderlich. Dazu müssen die entsprechenden Anforderungen an die Einleitung nach Art. 44 GSchV erfüllt sein. Für die Einleitung sind neben der Wassertemperatur (auch in Bezug auf den Vorfluter) gemäss BUWAL (2004) der pH-Wert, die Trübung und die Salinität von Bedeutung. Weiter sind die fischereirechtlichen Bedingungen gemäss kantonalen Vorgaben⁷⁶ zu beachten (vgl. Art. 8 BGF, BGF 1991). Gemäss den Abschätzungen zur chemischen Zusammensetzung des Bergwassers (Tab. A3-1 in Anhang A.3) können diese Anforderungen, gegebenenfalls mit entsprechenden Massnahmen, eingehalten werden. Eine wichtige Randbedingung bilden dabei auch die Verhältnisse des Vorfluters (Abflussmenge und -regime, Wassertemperatur, Wasserqualität), welche die Bedingungen für die Einleitung des behandelten Bergwassers bestimmen. Durch eine regelmässige Beprobung des Einleitwassers wird sichergestellt, dass die gewässerschutzrechtlichen Einleitbedingungen eingehalten werden. Mögliche Behandlungsmassnahmen sind eine Vorbehandlung bezüglich der chemischen Inhaltsstoffe (Mineralisierung) und ein Ausgleichsbecken zur Absetzung einer möglichen Trübung sowie zur Temperaturanpassung an den Vorfluter. Die möglicherweise notwendigen Betriebsmittel für die Behandlung des Bergwassers sind in Tab. A4-1 aufgeführt (NaOH, HCl, Kalkmilch und diverse Fällungs- und Flockungsmittel); diese unterstehen zwar der StFV, sind jedoch keine wassergefährdenden Flüssigkeiten der Klasse A. Das Bergwasser selber ist in Tab. A4-1 nicht aufgeführt.

7.3 Massnahmen zum Schutz des Grundwassers vor unplanmässig austretenden wassergefährdenden Flüssigkeiten

In der Betriebsphase liegt der Schwerpunkt des Gewässerschutzes auf der Beschränkung der Mengen an wassergefährdenden Flüssigkeiten sowie auf deren sachgemässen Handhabung, inklusive Umschlag und Lagerung. Aus den in Kap. 7.2 diskutierten Gründen wird rund 60'000 Liter Dieseltreibstoff in der Oberflächenanlage gelagert. Die Anlage wird entsprechend dem Stand der Technik und gemäss den behördlichen Vorgaben ausgelegt und betrieben (inkl. Wartung).

Bei der Auslegung der Anlagen und Einrichtungen sowie bei den Arbeitsabläufen wird dem Gewässerschutz eine grosse Bedeutung beigemessen. In Bereichen, in welchen wassergefährdende Stoffe und Flüssigkeiten gelagert, umgeschlagen oder eingesetzt werden, wird mit passiven Massnahmen das Risiko einer Gewässerverunreinigung minimiert. Dazu gehören die Errichtung von Rückhaltebecken, Auffangwannen, doppelwandigen Lagerbehältern, Kontroll-einrichtungen, oberirdischen Lager- und Entladeplätzen auf dichten Bodenplatten mit Auffangwannen, Platzentwässerungen, Abwasservorbehandlungsanlagen, Versiegelung von Böden, Bevorratung von flüssigkeitsbindenden Stoffen (z. B. Ölbindemittel), etc. unter Einhaltung der gesetzlichen und behördlichen Anforderungen sowie im Einklang mit dem aktuellen Stand der Technik.

Redundanzen in den Einrichtungen sowie eine regelmässige Kontrolle und Wartung der entsprechenden Einrichtungen tragen zur Reduktion der Risiken für eine Verunreinigung der Gewässer bei. Zu den Massnahmen gehören die Standardisierung von für die Sicherheit relevanten Arbeitsabläufen sowie eine adäquate Instruktion und Ausbildung des Personals.

Ein Spezialfall stellt allfälliges Löschwasser dar. Die genaue chemische Zusammensetzung von Löschwasser kann im Voraus nicht bestimmt werden. Die angelieferten radioaktiven Abfälle werden wegen ihres Einschlusses keine Kontamination des Löschwassers verursachen; durch

⁷⁶ Im Rahmen der nuklearen Baubewilligung sind keine kantonalen Bewilligungen erforderlich, Das kantonale Recht ist zu berücksichtigen, soweit es das Projekt nicht unverhältnismässig einschränkt (Art. 49 KEG).

eine geeignete Auslegung der Anlage werden die im geologischen Tiefenlager anfallenden radioaktiven Abwässer und Betriebsabfälle sowie das optionale Prozesswasser keine unzulässige Kontamination des Löschwassers verursachen; das Löschwasser soll jedoch im Sinne einer Vorsichtsmassnahme und insbesondere bei schweren Störfällen vor der Ableitung auch auf Radioaktivität geprüft werden.

Durch den Kontakt mit Lagergütern, Brandschutt und Verbrennungsprodukten kann das Löschwasser aber mit verschiedenen Schadstoffen (ohne radioaktive Stoffe) verschmutzt sein. Deshalb werden Löschwasserauffangbecken in der Oberflächenanlage eingerichtet. In unterkellerten Gebäuden kann das Untergeschoss dazu verwendet und entsprechend ausgelegt werden. Vor Abgabe des Löschwassers wird dieses auf Verschmutzung geprüft (im Sinne der Vorsicht auch auf Radioaktivität). Die genauen Massnahmen werden in einem Brandschutzkonzept definiert, wo z. B. auch die Platzentwässerungen mit Gefälle, Randbordüren, Bodenabläufe, etc. festgelegt werden. Im Sinne der Zuverlässigkeit und Robustheit werden soweit möglich passive Systeme verwendet.

Andere aufgefangene Flüssigkeiten werden in der Betriebsabfallbehandlungsanlage fachgerecht entsorgt oder, wenn das dort nicht möglich ist, zu einer fachgerechten Entsorgung ausserhalb der Oberflächenanlage abtransportiert.

7.4 Fazit

Die für die Beurteilung des Schutzes des Grundwassers vor wassergefährdenden Flüssigkeiten massgeblichen Vorgaben sind im Gewässerschutzgesetz (GSchG 1991) und in der zugehörigen Gewässerschutzverordnung (GSchV 1998) festgehalten; die Klassierung der wassergefährdenden Flüssigkeiten richtet sich nach dem entsprechenden BAFU-Hilfsmittel (BAFU 2009). Die Bedeutung dieser Vorgaben für den Betrieb der Oberflächenanlage wird in Kap. 7.1 erläutert.

Die Beurteilung einer möglichen Gefährdung des Grundwassers während des Betriebs der Oberflächenanlage erfolgt unter Berücksichtigung der Art und Menge von wassergefährdenden Flüssigkeiten sowie der Massnahmen zur Vermeidung oder Beherrschung der Gefährdungen und wird im Folgenden zusammengefasst.

Bei der Auswahl der Standortareale für die Oberflächenanlagen werden Standorte in Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzareale in jedem Fall gemieden. Eine Anordnung im Gewässerschutzbereich A_u wird hingegen nicht ausgeschlossen.

Gemäss heutiger Planung werden in der Oberflächenanlage mit Ausnahme von Dieseltreibstoff keine wassergefährdenden Flüssigkeiten in grösseren Mengen (mehr als 2'000 Liter) eingesetzt bzw. gelagert. Für Dieseltreibstoff sind Lagerbehälter mit einer Gesamtmenge von ca. 60'000 Liter für die Ersatzstromanlage in der Oberflächenanlage vorgesehen, und es wird dazu im Gewässerschutzbereich A_u eine Bewilligung (ab 2'000 Liter notwendig) benötigt. Eine Ausnahmegewilligung hingegen wird nicht nötig sein, weil die Gesamtmenge an zu lagerndem Dieseltreibstoff deutlich unter 250'000 Liter liegt.

Die angelieferten radioaktiven Abfälle enthalten keine Flüssigkeiten und sind zu jedem Zeitpunkt eingeschlossen und sicher verpackt. Sie haben deshalb keine Bedeutung als wassergefährdende Flüssigkeiten gemäss GSchV. Dies gilt auch bei Störfällen, da der direkte Kontakt von Stoffen in den Abfällen mit Wasser (z. B. Löschwasser) durch die technischen Massnahmen (Einschluss) wirksam verhindert bzw. beschränkt wird. Auch die in der Oberflächenanlage anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle sowie die Flüssigkeiten in der kontrollierten Zone enthalten keine relevanten Mengen an wassergefährdenden Flüssigkeiten gemäss GSchV

(weniger als 2'000 Liter). Die radioaktiven Abfälle und die Abwässer aus der kontrollierten Zone stellen deshalb im Sinne der Gewässerschutzgesetzgebung keine Gefährdung für das Grundwasser dar.

In Zusammenhang mit dem Untertag trotz möglichst guter Abdichtung anfallenden natürlichen Bergwasser ist zu beachten, dass dieses bei Bedarf vorbehandelt und anschliessend in einen Vorfluter eingeleitet wird. Für die Ableitung des Bergwassers bilden die Verhältnisse im und Eigenschaften des Vorfluters eine wichtige Randbedingung.

Eine geeignete Auslegung der Anlage, der technischen Einrichtungen und der Betriebsabläufe unter Berücksichtigung der gewässerschutzrechtlichen Anforderungen ermöglicht es, die Gefährdung des Grundwassers zu minimieren. Dazu gehören passive (bauliche) Massnahmen, eine Optimierung der Arbeitsabläufe und -einrichtungen sowie eine regelmässige Kontrolle und Wartung der Betriebseinrichtungen und -anlagen. Der Betrieb einer Oberflächenanlage wird aus gewässerschutzrechtlicher Sicht auch im Gewässerschutzbereich A_u grundsätzlich als bewilligungsfähig eingeschätzt.

8 Schlussfolgerungen

Der vorliegende Bericht enthält die Angaben, die es gemäss Auftrag des BFE den zuständigen Bundesbehörden ermöglichen sollen, die Bewilligungsfähigkeit einer Oberflächenanlage für die geologischen Tiefenlager bezüglich Sicherheit und Schutz des Grundwassers beim Bau und Betrieb grundsätzlich zu beurteilen. Die Angaben basieren entsprechend der jetzigen Projektstufe auf modellhaften Vorstudien; sie haben noch nicht den Detaillierungsgrad, wie sie später im Rahmen der schrittweisen Bewilligungsverfahren nach Kernenergiegesetzgebung benötigt werden (vgl. dazu auch die detaillierteren Erläuterungen in Anhang A.5).

Zuerst werden die Oberflächenanlage und die Arbeitsabläufe im Überblick beschrieben. Die eigentlichen Sicherheitsbetrachtungen werden thematisch nach den gesetzlichen und behördlichen Vorgaben gegliedert abgehandelt, und es werden entsprechende Angaben zur Anlage und zu den Arbeitsabläufen geliefert. Es wird unterschieden zwischen nuklearen Aspekten (nukleare Betriebssicherheit und Strahlenschutz) und konventionellen Aspekten (konventionelle Störfälle, Schutz des Grundwassers).

Oberflächenanlage und Betriebsabläufe

In der Oberflächenanlage werden vor allem verfestigte Materialien und Feststoffe gehandhabt. Das in der Oberflächenanlage vorhandene Materialinventar (radioaktive Abfälle, Produktions- und Betriebsmittel) ist überschaubar und gut kontrollierbar. Die Produktions- und Betriebsmittel liegen bezüglich Menge und Gefahrenpotenzial deutlich unter denjenigen von üblichen Gewerbe- und Industrieanlagen.

Für die Handhabung der angelieferten radioaktiven Abfälle und der Produktionsmittel sowie für den Umgang mit den in der Anlage anfallenden Betriebsabfällen sind einfache Betriebsabläufe mit kleinem Durchsatz vorgesehen. Alle Arbeitsschritte lassen sich gut überwachen. Die sicherheitstechnisch wichtigen Systeme werden wo möglich als "fail safe" ausgelegt. Die Stromversorgung wichtiger Systeme ist durch redundante Systeme gewährleistet.

Bei der Oberflächenanlage bzw. ihren Betriebsabläufen handelt es sich um Einrichtungen bzw. um Prozesse, die grösstenteils bereits in verschiedenen anderen Betrieben auch in der Schweiz vorhanden sind. Die Erfahrung zeigt, dass die Betriebsabläufe zuverlässig und sicher funktionieren. Die mit den radioaktiven Abfällen durchzuführenden Handhabungsschritte sind Stand der Technik und werden routinemässig seit vielen Jahren in bestehenden kerntechnischen Anlagen im In- und Ausland angewendet. Dies gilt auch für die Behandlung der in der Anlage in kleinen Mengen anfallenden (radioaktiven) Betriebsabfälle. Auch die Stilllegung und der Rückbau der Oberflächenanlage werden als zuverlässig und sicher durchführbar eingestuft.

Nukleare Sicherheit und Strahlenschutz während des Betriebs der Oberflächenanlage

Für die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sind die Begrenzung der Strahlenexposition und der Einschluss der radioaktiven Stoffe massgebend. Dazu ist einerseits eine geeignete Abschirmung der Strahlung vorzusehen, und andererseits ist durch Einschluss eine für die Sicherheit relevante Verschleppung von Kontamination und Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt zu vermeiden. Dies gilt für den Normalbetrieb und auch für Störfälle.

Die Abschirmung der Direkt- und Streustrahlung wird durch die angelieferten Abfälle selber (Verpackung), die Transport- und Endlagerbehälter sowie die Gebäudestrukturen und bei Bedarf durch temporäre Massnahmen erreicht. Während des Umlads der Abfallgebinde bzw. der BE bei geöffneten Behältern übernimmt die Umladezelle die notwendige zusätzliche Abschirmwirkung.

Eine Kontamination der Anlage (ausserhalb der Umladezelle) und unzulässige Abgaben von radioaktiven Stoffen an die Umwelt werden durch die Annahmebedingungen für die angelieferten radioaktiven Abfälle und die technische Auslegung der Umladezellen mit Filtern und Schleusen zusammen mit der Einrichtung einer kontrollierten Zone zuverlässig verhindert.

Massnahmen gegen unbefugte Einwirkungen Dritter (z. B. Sabotage) sind bei der Anlagenauslegung und bei der Gestaltung der Betriebsabläufe entsprechend den behördlichen Vorgaben umzusetzen.

Bezüglich Störfälle kann mit einer geeigneten Standortwahl für bestimmte Ereignisse grossen Gefährdungspotenzialen durch Einwirkungen von aussen ausgewichen werden. Verbleibenden Gefährdungen von aussen und Einwirkungen von innen wird unter Berücksichtigung der Barrierenwirkung der angelieferten Abfälle (fest und schlecht dispergierbar, eingeschlossen), der Transport- und Endlagerbehälter sowie durch eine geeignete Auslegung der Anlage und der Betriebsabläufe begegnet.

Das Nuklidinventar der in der kontrollierten Zone anfallenden radioaktiven Stoffe und radioaktiven Betriebsabfälle ist im Vergleich zu dem der angelieferten Abfälle klein. Die Handhabung dieser Stoffe und Abfälle erfolgt so, dass es im Normalbetrieb, aber auch bei Störfällen zu keiner unzulässigen Freisetzung kommen kann.

Gemäss heutigem Planungsstand wird es an einem geeigneten Standort bei geeigneter Auslegung der Anlage und Betriebsabläufe möglich sein, die Dosisgrenzwerte im Normalbetrieb und auch bei Störfällen deutlich zu unterschreiten. Auch bei sehr seltenen Störfällen ist aufgrund der Auslegungsmassnahmen mit keiner erheblichen Freisetzung von Radioaktivität an die Umwelt zu rechnen. Es wird davon ausgegangen, dass somit in der Umgebung der Anlage auf Notfallschutzmassnahmen verzichtet werden kann.

Insgesamt wird die Oberflächenanlage bezüglich nuklearer Sicherheit und Strahlenschutz als sicher und grundsätzlich als bewilligungsfähig eingeschätzt.

Schutz bezüglich konventioneller Störfälle

Von den für den Betrieb des geologischen Tiefenlagers notwendigen Produktions- und Betriebsmitteln liegen gemäss heutiger Planung nur wenige Stoffe über der Mengenschwelle gemäss Störfallverordnung. Dabei handelt es sich um Zement, Natronlauge und Salzsäure, die einfach und zuverlässig gehandhabt und transportiert werden können. Mit geeigneten Massnahmen sind auch bei einer Betriebsstörung bzw. bei einem Störfall nur minimale Konsequenzen zu erwarten. Weitere Stoffe in den Transportbehältern für die radioaktiven Abfälle und für Abschirmungen haben wegen ihrer festen Form bezüglich Störfälle keine Bedeutung. Die radioaktiven Abfälle unterstehen der Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung und fallen nicht unter die Störfallverordnung und stellen bezüglich konventioneller Störfälle keine besondere Gefährdung dar.

Insgesamt wird der Betrieb der Oberflächenanlage bezüglich konventioneller Störfälle aus heutiger Sicht als sicher und bewilligungsfähig eingestuft.

Schutz des Grundwassers beim Bau der Anlage und bezüglich Bauten im Grundwasser

Grundwasserschutzzonen bzw. Grundwasserschutzareale werden als Standorte für die Oberflächenanlage in jedem Fall gemieden.

Verschiedene bei Standortarealen mögliche Grundwassersituationen wurden analysiert. Bei der Wahl der Standortareale ist anzustreben, dass bei Anordnung der Oberflächenanlage und der Bauinstallationen im Gewässerschutzbereich A_u weder temporäre noch permanente Bauwerke unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels erstellt werden müssen. Situationen im Gewässerschutzbereich A_u mit grossem Flurabstand und gutem Baugrund werden bedeutend günstiger beurteilt als solche mit kleinem Flurabstand oder solche, wo wegen ungünstiger Baugrundverhältnisse Tieffundationen bis unterhalb des Grundwasserspiegels notwendig sind. Falls sich die Möglichkeit von Standortarealen im übrigen Bereich (üB) anbietet, hat dies den Vorteil, dass bei Beachtung der gewässerschutzrechtlichen Vorgaben eine Beeinträchtigung bzw. Gefährdung des Grundwassers unabhängig von der diesbezüglichen Auslegung der Oberflächenanlage und von Bautätigkeiten ausgeschlossen werden kann.

Für Grundwassersituationen, bei welchen temporäre oder permanente Bauten unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels erstellt werden müssen, können die Anlagen nur mit entsprechenden Massnahmen als Ausnahme bewilligt werden. Situationen, wo beispielsweise der oberflächennahe Zugangstunnel unter dem mittleren Grundwasserspiegel liegt, sind nicht zulässig; die Behörde kann Ausnahmen mit Auflagen bewilligen, falls die Durchflusskapazität des Grundwassers gegenüber dem unbeeinflussten Zustand um höchstens 10 % vermindert und kein Grundwasser dauerhaft drainiert wird.

Schutz des Grundwassers vor wassergefährdenden Flüssigkeiten während dem Betrieb der Oberflächenanlage

Gemäss heutiger Planung werden in der Oberflächenanlage keine wassergefährdenden Stoffe in grösseren Mengen (mehr als 2'000 Liter) eingesetzt bzw. gelagert mit Ausnahme von Dieseltreibstoff, wo Lagerbehälter mit einer Gesamtmenge von rund 60'000 Liter für die Ersatzstromanlage vorgesehen sind und im Gewässerschutzbereich A_u eine Bewilligung benötigen. Eine Ausnahmebewilligung hingegen wird nicht nötig sein, weil die Gesamtmenge an Dieseltreibstoff deutlich unter 250'000 Liter liegt.

Die angelieferten radioaktiven Abfälle sind fest und enthalten keine wassergefährdenden Flüssigkeiten und sind auch im Störfall (z. B. beim Einsatz von Löschwasser) vor dem direkten Kontakt mit Wasser geschützt. Die radioaktiven Abfälle bilden im Sinne der Gewässerschutzgesetzgebung keine Gefährdung für das Grundwasser.

Eine geeignete Auslegung der Anlage, der technischen Einrichtungen und der Betriebsabläufe unter Berücksichtigung der gewässerschutzrechtlichen Anforderungen ermöglicht es, die Gefährdung des Grundwassers zu minimieren. Der Betrieb einer Oberflächenanlage wird deshalb aus gewässerschutzrechtlicher Sicht auch im Gewässerschutzbereich A_u grundsätzlich als bewilligungsfähig eingeschätzt.

Schlussfolgerung

Die Resultate der standortunabhängigen Betrachtungen zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers auf Stufe Vorstudie zeigen, dass bei der Wahl geeigneter Standortareale und bei geeigneter Auslegung der Oberflächenanlage und der Betriebsabläufe sowie bei Verwendung geeigneter Annahmebedingungen für die einzulagernden radioaktiven Abfälle die nukleare und konventionelle Sicherheit sichergestellt werden kann. Eine Gefährdung des Grundwassers während Bau und Betrieb der Anlagen kann vermieden werden. Eine Oberflächenanlage stellt bei geeigneten Bedingungen auch im Gewässerschutzbereich A_u keine besondere Gefährdung für das Grundwasser dar. Die Anforderungen gemäss Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung sowie gemäss Umweltschutz- und Gewässerschutzgesetzgebung können erfüllt werden. Die Oberflächenanlage wird bezüglich Sicherheit und Schutz des Grundwassers grundsätzlich als bewilligungsfähig eingestuft.

Die Projektunterlagen werden im Rahmen der zukünftigen Bewilligungsverfahren unter Berücksichtigung der standortspezifischen Bedingungen stufengerecht konkretisiert und durch die zuständigen Behörden geprüft.

9 Referenzverzeichnis

- ABCN-Einsatzverordnung (2010): Verordnung über die Organisation von Einsätzen bei ABC- und Naturereignissen vom 20. Oktober 2010 (Stand am 1. Januar 2013). SR 520.17.
- ADR (1957): Europäisches Übereinkommen vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (Stand 1. Januar 2013). SR 0.741.621.
- ADR Bd. 1 (1957): "Besondere Vorschriften für die einzelnen Klassen". Bd. 1, Anlage A, Kap. 2.2. des Europäischen Übereinkommens über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse [European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road] (ADR) abgeschlossen am 30. September 1957, Stand am 1. Januar 2013. SR 0.741.621.
- BAFU (2006): Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung (StFV). Liste mit Stoffen und Zubereitungen. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BAFU (2008): Handbuch I zur Störfallverordnung – Vollzugshilfe für Betriebe mit Stoffen, Zubereitungen oder Sonderabfällen. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BAFU (2009): Klassierung wassergefährdender Flüssigkeiten. Stand: 9. März 2009. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BAFU (2010a): Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung (StFV). Liste mit Stoffen und Zubereitungen. Korrekturen und Ergänzungen zum Umwelt-Vollzug UV-0611-D. Stand: 10. Dezember 2010. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BAFU (2010b): Sonderabfälle gemäss LVA mit Mengenschwellen nach StFV. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BFE (2008): Sachplan geologische Tiefenlager. Konzeptteil. Bundesamt für Energie BFE, Bern.
- BFE (2012a): Auftrag für einen Bericht zu generischen Sicherheitsbetrachtungen. Brief (Anschreiben) des BFE/UVEK an die Nagra vom 16.11.2012.
- BFE (2012b): Generische Sicherheitsbetrachtungen für die Bau- und Betriebsphase einer Oberflächenanlage. Anlage zu BFE (2012a).
- BFE (2013): Mitteilung des BFE bezüglich Klärung der Frage, ob eine Oberflächenanlage (Kernanlage) in den Geltungsbereich der StFV fallen kann (e-mail vom 14.01.2013).
- BGF (1991): Bundesgesetz über die Fischerei vom 21. Juni 1991 (Stand: 1. August 2010), SR 923.0
- BUWAL (1998): Wegleitung zur Umsetzung des Grundwasserschutzes bei Untertagebauten. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- BUWAL (2004): Wegleitung Grundwasserschutz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

- CLP (2008): Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006. <http://echa.europa.eu/de/regulations/clp/legislation>
- ECHA (2011): Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis der EU. Europäische Chemikalienagentur (ECHA). <http://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/cl-inventory-database>
- EKKB AG – Ersatz Kernkraftwerk Beznau AG (2008): Sicherheitsbericht Ersatz Kernkraftwerk Beznau, TB-042-RS080021 – v02.00, Dezember 2008.
- ENSI (2007): Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle, ENSI Richtlinie B05, 12.02.2007. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- ENSI (2009): Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, ENSI Richtlinie G03, 02.04.2009. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- ENSI (2010a): Strahlenschutzziele für Kernanlagen, ENSI Richtlinie G15, 08.11.2010. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- ENSI (2010b): Gutachten des ENSI zum Rahmenbewilligungsgesuch der EKKB AG – Neubauprojekt Ersatzkernkraftwerk Beznau. ENSI 16/10. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- ENSI (2011): EU Stress Test Swiss National Report – ENSI Review of the Operators' Reports. ENSI-AN-7798 v. 31.12.2011. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- ENSI (2012): Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente. ENSI Richtlinie G04, 01.03.2012. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- ENSI (2013): Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke in Etappe 2 SGT. ENSI 33/170. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- ENSREG (2012): Peer review report – Stress tests performed on European nuclear power plants. Vers. 12i v. 25.04.2012. European Nuclear Safety Regulators Group ENSREG, Stress Test Peer Review Board.
- ESK (2013): Stellungnahme der Entsorgungskommission vom 14.03.2013: ESK-Stresstest für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland. Teil 1: Anlagen der Brennstoffversorgung, Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle, Anlagen zur Behandlung bestrahlter Brennelemente. RSK/ESK-Geschäftsstelle beim Bundesamt für Strahlenschutz, Bonn.
- GSchG (1991): Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. August 2013). SR 814.20.

- GSchV (1998): Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand am 1. August 2011). SR 814.201.
- HSK (1995a): Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes, HSK Richtlinie HSK-R-07, Juni 1995. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- HSK (1995b): Gutachten zum Gesuch der ZWILAG Zwischenlager Würenlingen AG um Erteilung der Bewilligung für Bau und Betrieb des Zentralen Zwischenlagers für radioaktive Abfälle, HSK Dezember 1995. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- IAEA (2002): External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series, No. NS-G-3.1, Vienna.
- IAEA (2003): Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series, No. NS-R-3, Vienna.
- ICRP (2007): The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37/2-4.
- KEG (2003): Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 (Stand 1. Januar 2009). SR 732.1.
- KEV (2004): Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (Stand 1. Mai 2012). SR 732.11.
- Nagra (2008a): Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen. Nagra Tech. Ber. NTB 08-01. Nagra, Wetztingen.
- Nagra (2008b): Modellhaftes Inventar für radioaktive Materialien MIRAM 08. Nagra Tech. Ber. NTB 08-06. Nagra, Wetztingen.
- Nagra (2011a): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung. Genereller Bericht. Nagra Tech. Ber. NTB 11-01. Nagra, Wetztingen.
- Nagra (2011b): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung. Beilagenband. Nagra Tech. Ber. NTB 11-01. Nagra, Wetztingen.
- NFSV (2010): Verordnung über den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen (Notfallschutzverordnung, NFSV) vom 20. Oktober 2010 (Stand am 1. Januar 2013). SR 732.33.
- RVOG (1997): Regierungs- und Verwaltungsorganisationsgesetz (RVOG) vom 21. März 1997 (Stand am 1. April 2012). SR 172.010.
- Safeguardsverordnung (2012): Safeguardsverordnung vom 21. März 2012 (Stand am 1. Januar 2013). SR 732.12.
- SDR (2002): Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR) vom 29. November 2002 (Stand am 1. Januar 2013). SR 741.621.

StFV (1991): Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV) vom 27. Februar 1991 (Stand am 1. April 2013). SR 814.012.

StSG (1991): Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (Stand 1. Januar 2007). SR 814.50.

StSV (1994): Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 (Stand 1. Januar 2013). SR 814.501.

UVEK (2005): Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen vom 18. Oktober 2005 (Stand am 1. Januar 2010). SR 814.610.1.

UVEK (2008): Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien (Stand am 1. Mai 2008). SR 732.112.1.

UVEK (2009): Verordnung des UVEK vom 17. Juni 2009 über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (Stand 1. August 2009). SR 732.112.2.

Anhang A Grundlagentabellen

A.1 Informationen zu den radioaktiven Abfällen

Tab. A1-1: Gesamtzahl der angelieferten Abfallgebinde und Brennelemente (BE, HAA, LMA und SMA) gemäss MIRAM (Stand 2012), inklusive Angabe des Gebindetyps sowie der Art der Fixierung bzw. des Einschlusses der radioaktiven Stoffe.

In der Tabelle wird von den Abfällen aus den heute in Betrieb stehenden Kernkraftwerken sowie von den MIF-Abfällen für eine Sammelperiode bis 2050 ausgegangen. Das aktuelle modellhafte Inventar der radioaktiven Materialien (MIRAM) berücksichtigt neu auch Reserven für eine mögliche Anpassung der Freigrenzen. Dies führt zu einer Erhöhung der Abfallmengen. Die Veröffentlichung des aktualisierten modellhaften Inventars ist in Vorbereitung.

In den Zahlen enthalten sind auch die in den geologischen Tiefenlagern anfallenden radioaktiven Abfälle (Betriebsabfälle, Stilllegungsabfälle; konditioniert).

Das Gebindespektrum umfasst 100 l / 200 l-Fässer, Betoncontainer BC (1 m³ und 1.2 m³), Gussbehälter Mosaik-II (1.3 m³), Stahlzylinder (Zyl) 1 l – 200 l, 180 l-Stahlkokillen, Betoncontainer KC-T12 (4.5 m³), GC-T24 (16 m³), LC1 (26 m³), LC2 (14.3 m³) und Brennelemente BE.

Die Fixierung kann in Zement, Bitumen, Polystyrol oder Glas erfolgen; der vollständige Einschluss kann in Zylinder bzw. Kokillen (dicht eingeschweisst), in Gussbehälter (dicht verschlossen) oder in einem metallischen Hüllrohr (dicht eingeschweisst) erfolgen.

Die mit Zement, Bitumen oder Polystyrol verfestigten Abfälle sind in eine Gebindehülle verpackt.

M-II: Mosaik-II, U/MA: unverfestigt/mittelaktiv, HA: hochaktiv

Verfestigung/ Einschluss	100 l	200 l	BC	M-II	Zyl	180 l	KC-T12	GC-T24	LC1	LC2	BE
Zement		49'358	293				3'356	7	1'050	1'043	
Bitumen		2'506	24								
Polystyrol	2'785	1'062									
Glas bzw. U/MA						601 ¹⁾					
Glas HA						646 ¹⁾					
dicht verschlossen				949 ²⁾	7'690 ³⁾						10'765 ⁴⁾

1) In Edelstahl-Kokille dicht verschweisst

2) In Gussbehälter dicht verschlossen

3) In metallischem Zylinder dicht verschweisst

4) In metallischem Hüllrohr dicht verschweisst

Tab. A1-2: Anzahl und Volumen der einzulagernden Endlagerbehälter (BE, HAA, LMA und SMA) gemäss MIRAM (Stand 2012).

Die Endlagerbehälter umfassen Betoncontainer (LC1, LC1-BNF, LC2, LC2-MA-25, LC-MA-20, GC-T24, KC-T12) und metallische Behälter für die BE und HAA.

Die in Tab. A1-1 aufgeführten Abfallgebinde und Brennelemente werden in der Oberflächenanlage in diese Endlagerbehälter verpackt.

In der Tabelle wird von den Abfällen aus den heute in Betrieb stehenden Kernkraftwerken sowie von den MIF-Abfällen für eine Sammelperiode bis 2050 ausgegangen. Das aktuelle modellhafte Inventar der radioaktiven Materialien (MIRAM) berücksichtigt neu auch Reserven für eine mögliche Anpassung der Freigrenzen. Dies führt zu einer Erhöhung der Abfallmengen. Die Veröffentlichung des aktualisierten modellhaften Inventars ist in Vorbereitung.

In den Zahlen enthalten sind auch die in den geologischen Tiefenlagern anfallenden radioaktiven Abfälle (Betriebsabfälle, Stilllegungsabfälle; konditioniert und in Endlagerbehälter verpackt).

Endlagerbehälter	Volumen [m ³]	Anzahl	Gesamtvolumen [m ³]
LC1	26	2'876	74'776
LC1-BNF	21.65	42	910
LC2	14.3	1'043	14'915
LC2-MA-25	14.3	122	1'745
LC2-MA-20	11.9	7	84
GC-T24	16	7	112
KC-T12	4.5	3'395	15'278
HAA-Behälter	2.26	323	730
BE-Behälter	4.63	1'629	7'543
Total		9'444	116'093

Tab. A1-3: Stoffe in den angelieferten radioaktiven Abfällen gemäss MIRAM (Stand 2012).

Neben dem Gesamtinventar und dessen Aufschlüsselung in die Abfallkategorien SMA, ATA und HAA werden auch die in der Oberflächenanlage (OFA) zeitweilig gelagerten (maximalen) Massen angegeben. Diese wurden aufgrund einer realistischen Anlieferungslogistik für ein Kombilager ermittelt. Die Angaben decken auch die (maximalen) Massen im SMA- bzw. HAA-Lager ab.

Für die in der Tabelle aufgeführten Stoffe wurden die inhärenten Gefahren gemäss GHS-Einstufung ermittelt (CLP 2008, ECHA 2011). Dabei wurden brandfördernde Eigenschaften, die nur bei reinen Feststoffen resp. im flüssigen Zustand auftreten, nicht berücksichtigt, da diese so nicht auftreten. In Anlehnung an die Störfallverordnung (StFV 1991) wurden daraus Quasi-Mengenschwellen abgeleitet, welche mit den in der Oberflächenanlage zeitweilig gelagerten (maximalen) Massen verglichen wurden. Die gelb markierten Stoffe liegen über den jeweiligen Quasi-Mengenschwellen, könnten also störfallrelevant sein.

Tab. A1-3: (Fortsetzung)

ID-Nr.	Stoffe	Massen total [kg]	SMA [kg]	ATA [kg]	HAA [kg]	Masse in OFA [kg]
1	Aktivkohle	23'810	23'810			12'930
2	Aluminium / -legierungen	333'620	324'670	6'210	2'740	9'230
3	Aluminiumoxid / -hydroxide	107'670	106'810		860	34'850
4	Ammoniumchlorid	310	310			50
5	Ammoniumnitrat	140		140		140
6	Antimon	7	7			7
7	Asbest	33'800	33'800			4'310
8	Asche	70'580	70'580			5'660
9	Bariumsulfat	7		7		7
10	Baumwolle	15'330	15'330			3'890
11	Benzylalkohol	470	470			270
12	Berlinerblau	1'310	1'310			1'190
13	Beryllium	88	88			60
14	Berylliumoxide	65	65			65
15	Bitumen	259'470	259'450	20		43'180
16	Blei / -legierungen	2'804'510	2'804'060	450		118'110
17	Bor(III)oxide	67'270	67'270			27'510
18	Borcarbid	4'780	4'780			1'900
19	Butyldiglykol	470	470			270
20	Cadmium	80	68	12		22
21	Chrom / -legierungen	1	1			1
22	Chrom(III)nitrat	42		42		27
23	Chrom(III)oxid	2	2			2
24	Diethanolamin	81'930	81'540	390		1'440
25	Diethylenglykol	110	110			30
26	EDTA	4'210	4'210			1'080
27	Eisen / -legierungen (Stähle)	58'101'790	57'565'330	348'310	188'150	808'000
28	Eisen(II)chlorid	240	240			40
29	Eisen(II)nitrat	23		23		23
30	Eisen(II)sulfat	3'580	3'580			550
31	Eisen(III)oxide / -hydroxide	118'242	118'240	2		12'240
32	Epoxyphenollack	13'810	13'340	470		4'660
33	Ethylenglykol	830	830			160
34	Formaldehyd	25'190	25'070	120		440
35	Gips	14'940	14'900	40		6'630
36	Glas	437'520	211'770	21'120	204'630	27'950
37	Gluconsäure	37'970	37'750	220		680
38	Gold	121	1	120		65
39	Graphit	129'790	129'770	20		21'530
40	Gummi	66'980	63'100	3'880		11'000
41	Hafnium	2'400	2'400			670
42	Harnstoff	54'630	54'360	270		960
43	Hexamethylentetramin	210		210		210
44	Isopropanol	80	80			10
45	Kalium(hydrogen)karbonate	3'030	3'030			500

Tab. A1-3: (Fortsetzung)

ID-Nr.	Stoffe	Massen total [kg]	SMA [kg]	ATA [kg]	HAA [kg]	Masse in OFA [kg]
46	Kaliumchlorid	440	440			70
47	Kaliumnitrat	1'450	1'430	20		230
48	Kaliumnitrit	340	340			60
49	Kaliumoxid	1	1			1
50	Kaliumsulfat	60	60			60
51	Kalk	15'730	15'720	10		500
52	Kalzium	1	1			1
53	Kalzium(hydrogen)phosphate	4'280	3'850	430		630
54	Kalziumchlorid	730	730			120
55	Kalziumnitrat	780		780		510
56	Kalziumoxalat	70	70			10
57	Keramik	108'850	103'260	5'590		7'220
58	Kies	11'886'630	11'875'640	10'990		320'270
59	Kobalt / -legierungen	125	125			70
60	Kunststoffe: Melaminharze	2'110	2'110			30
61	Kunststoffe: Methylmethacrylate	61'990	58'600	3'390		32'990
62	Kunststoffe: Nylon	400	400			180
63	Kunststoffe: Polycarboxylate	6'160	6'160			80
64	Kunststoffe: Polyester	107'440	107'440			32'120
65	Kunststoffe: Polyethylen (PE)	4'950	4'750	200		750
66	Kunststoffe: Polypropylen (PP)	4'251	4'250	1		1'150
67	Kunststoffe: Polystyrol (PS)	1'169'350	1'169'350			58'180
68	Kunststoffe: Polyvinylchlorid (PVC)	827'530	817'290	10'240		43'090
69	Kunststoffe: undifferenziert	178'700	177'420	1'280		30'160
70	Kupfer / -legierungen	1'797'930	1'797'670	260		512'150
71	Laurylaminpolyethylenglykoläther	11'220	11'170	50		200
72	Ligninsulfonate	370	370			20
73	Luft	1'310	460	30	820	160
74	Magnesium / -legierungen	320	320			160
75	Magnesiumlegierung Mg 97 %, Th 3 %	21'000	21'000			21'000
76	Magnesiumoxid	3	3			3
77	Mangan(IV)oxid	37	37			37
78	Melamin / Formaldehyd-Sulfonate	320	320			60
79	Messing	88'885	88'880	5		11'800
80	Methanol	3'410	3'410			870
81	Naphtalinsulfonate	15'140	14'810	330		2'820
82	Natrium(hydrogen)phosphate	47'950	47'930	20		15'960
83	Natriumkarbonat	60'270	60'270			11'490
84	Natriumchlorid	23'920	23'920			6'890
85	Natriumdimethyldithiocarbamat	220	220			220
86	Natriumfluorid	3'480	3'480			1'240
87	Natriumhydroxid	10'690	10'690			2'300
88	Natriumnitrat	8'210	8'210			2'920
89	Natriumsulfamat	910	910			522

Tab. A1-3: (Fortsetzung)

ID-Nr.	Stoffe	Massen total [kg]	SMA [kg]	ATA [kg]	HAA [kg]	Masse in OFA [kg]
90	Natriumsulfat	36'950	36'950			12'630
91	Nickel / -legierungen	33'470	7'100	11'460	14'910	3'420
92	Nickeloxid / -hydroxide	1'860	1'860			1'860
93	Niob	1	1			1
94	NTA	2'110	2'110			1'100
95	Öle	140	140			50
96	Palmitinsäure	390	390			100
97	Plutoniumoxide / -hydroxide	31'920		30	31'890	1'310
98	Sand	19'953'010	19'786'720	166'290		422'600
99	Schamotte	81'920	81'920			65'620
100	Schlacke PA ZWILAG	3'198'410	3'198'410			499'970
101	Silber	6'480	4'370	2'110		1'060
102	Silberchlorid	590	590			560
103	Silberiodid	25	25			25
104	Silbernitrat	20		20		20
105	Silikate	3'070	3'070			1'080
106	Silikate - amorph	208'350	207'190	1'160		2'100
107	Spalt- / Aktivierungsprodukte Kernbrennstoff (Oxide)	199'410		2'010	197'400	8'250
108	Steinwolle	270'530	270'530			38'530
109	Sulfaminsäure	13	1	12		13
110	Tantal	280	280			280
111	Tenside	3'040	3'040			570
112	Thorium	37	27	10		15
113	Thoriumoxid	162	160	2		150
114	Titan	1	1			1
115	Titanhydrid	5	5			5
116	Titanoxid	1	1			1
117	Ton	76'280	76'280			15'580
118	Tributylphosphat (TBP)	1'244	1'240	4		90
119	Uran	12'270	8'960	3'310		12'270
120	Uranoxide / -hydroxide	2'575'330	370	1'570	2'573'390	147'190
121	Vermiculit	29'200	29'200			12'971
122	Wasser	11'280	11'280			1'590
123	Weinsäure	5		5		5
124	Weisskalkhydrat	20'340	20'340			5'300
125	Wolfram / -legierungen	1'042	1'040	2		260
126	Zellulose	99'140	78'890	20'250		43'990
127	Zementstein / Beton	88'838'730	88'618'540	220'190		142'030
128	Zeolithe	1'936'510	1'924'090	12'420		19'270
129	Zink	31'790	30'920	870		2'200
130	Zinkoxid / hydroxid	10'170	10'170			1'280
131	Zinksulifd	140	140			100
132	Zinn / -legierungen	26	1	25		26
133	Zirkonium / -legierungen	1'183'910	79'260	217'870	886'780	61'870
134	Zirkoniumoxid	940	940			400

A.2 Informationen zu den Transporten in der Betriebsphase

Tab. A2-1: Transportgut und Anzahl Transporte zur HAA-Oberflächenanlage (Richtwerte).

A = Anlieferung; R = Rückschub

Transportgut / Komponenten		Anzahl Transporte pro Jahr (Richtwert)	
		Erschliessung über Schiene (Züge)	Erschliessung über Strasse (Lastwagen)
Transportbehälter beladen mit BE oder HAA	A	5 – 9	15 – 25
Vorgefertigte Endlagerbehälter für BE und HAA	A	25	100
Leere Transportbehälter	R	5 – 9	15 – 25
Vorgefertigte Bentonitauflager und Bentonitgranulat	A	65	420
Transportbehälter beladen mit LMA ¹⁾	A	30	180
Komponenten für Verfüllmörtel (v. a. Sand, Bindemittel) ¹⁾	A	10	80
Diverse Verfüll- / Versiegelungsmaterialien (kompaktierter Bentonit, Bentonit-Sandgemische, Schotter)	A	20	200
Vorgefertigte Lagercontainer aus Beton für LMA ¹⁾	A	10	90
Betriebsmittel (Treibstoffe, Ersatzteile)	A		~ 10
Betriebsabfälle ²⁾	R		~ 10
Diverse Materialien für betrieblichen und baulichen Unterhalt	A/R		~ 10
Total pro Jahr (Anlieferung der grossen Mengen; exkl. Personenwagen)	A/R	< 130 *	< 800

¹⁾ Diese Transporte erfolgen nicht gleichzeitig mit den übrigen Transporten

²⁾ Exklusive Rückstände aus Bergwasserhaltung und Materialbewirtschaftung sowie radioaktive Betriebsabfälle, die zur Konditionierung zu einer Drittfirma transportiert werden

* Zusätzlich < 40 Transporte per Lastwagen

Quelle: Nagra (2011a)

Tab. A2-2: Transportgut und Anzahl Transporte zur SMA-Oberflächenanlage (Richtwerte).

A = Anlieferung; R = Rückschub

Transportgut / Komponenten		Anzahl Transporte pro Jahr (Richtwert)	
		Erschliessung über Schiene (Züge)	Erschliessung über Strasse (Lastwagen)
Transportbehälter beladen mit SMA	A	60	240
Komponenten für Verfüllmörtel (v. a. Sand, Bindemittel)	A	60	535
Diverse Versiegelungsmaterialien (kompaktierter Bentonit, Bentonit-Sandgemische, Schotter)	A	10	85
Vorgefertigte Lagercontainer aus Beton für SMA	A	35	240
Betriebsmittel (Treibstoffe, Ersatzteile)	A		~ 10
Betriebsabfälle ¹⁾	R		~ 10
Diverse Materialien für betrieblichen und baulichen Unterhalt	A/R		~ 10
Total pro Jahr (Anlieferung der grossen Mengen; exkl. Personenwagen)	A/R	< 165 *	< 1130

¹⁾ Exklusive Rückstände aus Bergwasserhaltung und Materialbewirtschaftung sowie radioaktive Betriebsabfälle, die zur Konditionierung zu einer Drittfirma transportiert werden

* Zusätzlich < 40 Transporte per Lastwagen

Quelle: Nagra (2011a)

A.3 Informationen zur Bergwasserzusammensetzung

Tab. A3-1: Modellhafte Zusammensetzung von Bergwasser.

Die Datengrundlage bildet die Nagra-Datenbank für Malm- und Tertiärwässer.

Modellwasser		Niedrig mineralisiert	Moderat mineralisiert	Höher mineralisiert
Wassertyp		Ca-Na-Mg- HCO_3^- - (SO_4)	<u>Na-Cl</u> -(SO_4)	<u>Na-Cl</u> -(SO_4)
Parameter	Einheit			
pH		7.5	8.1	8.0
Na	[mg/kgH ₂ O]	65	1'170	2'960
K	[mg/kgH ₂ O]	5	4,7	50
Mg	[mg/kgH ₂ O]	27	16,2	116
Ca	[mg/kgH ₂ O]	65	37	226
Cl	[mg/kgH ₂ O]	9	1'590	4'090
SO ₄	[mg/kgH ₂ O]	74	252	1'340
HCO ₃	[mg/kgH ₂ O]	404	235	400
Mineralisationsbereich ¹⁾	[mg/kgH ₂ O]	0 – 1'000	1'000 – 4'000	4'000 – 11'000
DOC	[mg/kgH ₂ O]	2	5	110
F	[mg/kgH ₂ O]	7.5 (4*)	7.5 (6*)	7.5 (4*)
NH ₄	[mg/kgH ₂ O]	1	5	7
Ba	[mg/kgH ₂ O]	0.1	0.5	2
Sr	[mg/kgH ₂ O]	0.4	5	15
H ₂ SiO ₃	[mg/kgH ₂ O]	10	15	20
Mn tot	[mg/kgH ₂ O]	0.2	0.4	0.8
Fe tot	[mg/kgH ₂ O]	5	5	20
As tot	[mg/kgH ₂ O]	0.03	0.06	0.06
Ni	[mg/kgH ₂ O]	0.03	0.03	0.05
Cu	[mg/kgH ₂ O]	0.03	0.03	0.05
Zn	[mg/kgH ₂ O]	0.03	0.03	0.05
Ra-226	[mBq/kgH ₂ O]	< 0.5	20	200
TDS	[mg/kgH ₂ O]	654	3'330	9'320

¹⁾ Mineralisationsbereich = Mineralisation der Tiefenwässer, die für die Ermittlung der Spurenstoffgehalte verwendet wurden

* Realwässer sind bei 7.5 mg/l F übersättigt. In Klammern die maximale F-Konzentration, die in den konkreten Wässern gelöst sein kann.

A.4 Informationen zu den Produktions- und Betriebsmitteln sowie den Transportbehältern

Tab. A4-1: Produktions- und Betriebsmittel in der Oberflächenanlage eines Kombilagers und Mengenschwellen gemäss StfV sowie deren Beurteilung als wassergefährdende Flüssigkeiten.

Die Endlagerbehälter, deren Materialien nicht unter die StfV fallen, sind hier nicht aufgeführt. In der Tabelle nicht aufgeführt sind auch das Wasser der verschiedenen Entwässerungspfade (inkl. Bergwasser) sowie das Wasser in der kontrollierten Zone. Die Bedeutung dieser Wässer für konventionelle Störfälle bzw. als wassergefährdende Flüssigkeiten wird über die in der Tabelle ausgewiesenen, den Wässern teilweise zugemischten Stoffe erfasst.

Die Angaben sind abdeckend für die Mengen in der Oberflächenanlage (OFA) des SMA- bzw. HAA-Lagers.

Gelb markiert: Stoffe, welche die Mengenschwelle gemäss StfV überschreiten.

Orange markiert: Stoffe, die aufgrund ihrer Menge und Wassergefährdung eine Bewilligung erfordern, wenn die OFA im Gewässerschutzbereich A_v erstellt wird.

In der Tabellenkolonne "Massen [kg]" bedeuten:

(in Pos. x): Die entsprechende Stoffmenge ist in der Lagermenge der Stoff-Position x enthalten. Beispiel: die Mörtelmenge ist in der angegebenen Zementmenge enthalten.

Kleinm. = Kleinmengen, nicht genau bezifferbar

n.v. = nicht vorgesehen. Allenfalls als Alternativ-Betriebsstoff denkbar, aber zur Zeit nicht so geplant.

(alternativ) = evtl. benötigte Stoffe, deren Verwendung noch sehr unsicher ist, und deren allfällige Lagermenge zur Zeit noch nicht bestimmt werden kann.

Nr.	OFA-Betriebsstoffe	Massen	Störfallverordnung (StfV)		Wassergefährdende Flüssigkeiten (GSchV)	
			Mengenschwelle [kg]	Bemerkungen	Klasse	Bemerkungen
		[kg]				
Produktionsmittel						
1	Zement	460'000	200'000	aufgrund Einstufung als reizend (4 Silos à 80 m ³)	-	
2	Sand	290'000	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StfV	-	
3	Mörtel	(in Pos. 1)	200'000	aufgrund Einstufung als reizend	-	
4	Fliessmittel	Kleinm.	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StfV	B	
5	Verzögerungsmittel	Kleinm.	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StfV	B	
6	Luftporenbildner	Kleinm.	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StfV	B	
7	Beschleuniger	Kleinm.	200'000	aufgrund Einstufung als reizend	B	
8	Bentonit	~ 300'000	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StfV	-	

Tab. A4-1: (Fortsetzung)

Nr.	OFA-Betriebsstoffe	Massen [kg]	Störfallverordnung (StFV)		Wassergefährdende Flüssigkeiten (GSchV)	
			Mengenschwelle [kg]	Bemerkungen		
Betriebsmittel						
9	Natronlauge	5'000	2'000	Annahme: $\geq 2\%$, als ätzend eingestuft	B	
10	Salzsäure	5'000	2'000	Annahme: $\geq 25\%$, als ätzend eingestuft	B	
11	Deionat	5'000	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV	-	
12	Salpetersäure	500	2'000	Annahme: $\geq 5\%$	B	
13	Schwefelsäure	500	2'000	Annahme: $\geq 15\%$	B	
14	Phosphorsäure	500	2'000	Annahme: $\geq 20\%$	B	
15	Kalkmilch (Calciumhydroxidlösung)	500	200'000		B	
16	Fällungs-, Flockungsmittel: Polyacrylamid	n.v.	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV	-	
17	Fällungs-, Flockungsmittel: Eisen(III)chlorid	500	2'000		-	
18	Fällungs-, Flockungsmittel: TMT 15	500	20'000	aufgrund mögl. Einstufung als gesundheitsschädlich	-	
19	Schmierstoffe	500	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV	B	Klasse A, falls Mineralölbasiert
20	Öle	500	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV	B	Klasse A, falls Mineralölbasiert
21	Hydrauliköl	3'000	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV	B	Klasse A, falls Mineralölbasiert
22	Transformatoröl	n.v.	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV, evtl. ölfreie Transformatoren	B	Klasse A, falls Mineralölbasiert
23	Reinigungsmittel (Detergenzien)	1'000	200'000	aufgrund Einstufung als reizend	B	
24	Lösungsmittel (Reinigung)	500	2'000	aufgrund Einstufung als gewässergefährdend	A	
25	Dekontaminationsmittel W-Oxo	500	200'000	Mischung als reizend eingestuft	B	

Tab. A4-1: (Fortsetzung)

Nr.	OFA-Betriebsstoffe	Massen [kg]	Störfallverordnung (StFV)		Wassergefährdende Flüssigkeiten (GSchV)	
			Mengenschwelle [kg]	Bemerkungen		
Betriebsmittel						
26	Dekontaminationsmittel DEKOWET	500	2'000	Mischung als ätzend eingestuft	B	
27	Dekontaminationsmittel Elpolux CNS	500	2'000	Mischung als ätzend eingestuft	B	
28	Dekontaminationsmittel IBELL Ex	500	200'000	Mischung als reizend eingestuft	B	
29	Ethylenglykol	Kleinm.	20'000		B	
30	Farben	Kleinm.	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV	B	
31	Schweissgase (Acetylen)	200	5'000	ca. 20 Flaschen à 50 Liter	-	
32	Helium	Kleinm.	-	Stoffe und Zubereitung ohne Mengenschwelle	-	
33	Stickstoff	Kleinm.	-	Stoffe und Zubereitung ohne Mengenschwelle	-	
34	Sauerstoff	Kleinm.	20'000		-	
35	Argon	Kleinm.	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV	-	
36	Wasserstoff	Kleinm.	5'000		-	
37	Löschmittel (Schaum)	Kleinm.	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV	-	
38	Löschmittel (Ölbindemittel)	Kleinm.	-	weder Stoff noch Zubereitung im Sinne der StFV	-	
39	Diesel	60'000	500'000	für Ersatzstromerzeugung (unverzichtbar)	A	Bewilligung erforderlich (> 2'000 l; A _{II})
40	Benzin	2'000	200'000	bei Bedarf Verzicht auf betriebseigene Tankstelle	A	Bewilligung erforderlich (> 2'000 l; A _{II})
41	Heizöl	100'000	500'000	bei Bedarf ersetzbar durch alternative Heizsysteme	A	Bewilligung erforderlich (> 2'000 l; A _{II})
42	evtl. Kältemittel: Ammoniak	n.v.	2'000		-	Klasse A, als wässrige Lösung
43	evtl. Kältemittel: CO ₂	(alternativ)	-	Stoffe und Zubereitung ohne Mengenschwelle	-	
44	evtl. Kältemittel: Rx	(alternativ)	-	diverse Kältemittel denkbar	-	

Tab. A4-2: Zusammensetzung von Transportbehältern für BE bzw. HAA.

Materialinventar eines Transportbehälters für BE/HAA	
Material	Masse [kg]
Harz (H: 4 %, B: 1 %, C: 21 %, Al: 19 %, Zn: 2 %, O: 53 %)	8'960
C-Stahl	80'050
Edelstahl	7'400
Aluminium	7'000
Kupfer	600

A.5 Informationen zur stufengerechten Konkretisierung der Projekte im Rahmen der verschiedenen Bewilligungsschritte nach Kernenergiegesetzgebung

Mit der Rahmenbewilligung werden gemäss Art. 14 KEG festgelegt:

- der Bewilligungsinhaber
- der Standort
- der Zweck der Anlage
- die Grundzüge des Projektes
- die maximal zulässige Strahlenexposition für Personen in der Umgebung der Anlage
- für geologische Tiefenlager zudem:
 1. Kriterien, bei deren Nichterfüllung ein vorgesehener Lagerbereich wegen fehlender Eignung ausgeschlossen wird
 2. der vorläufige Schutzbereich

Für das Rahmenbewilligungsgesuch (für das SMA- und das HAA-Lager ca. 2020) sind deshalb gemäss Art. 23 und Art. 62 KEV die nachfolgend aufgelisteten Unterlagen einzureichen. Dazu ist das Projekt (auch für die Oberflächenanlage) entsprechend zu konkretisieren.

- der Sicherheits- und der Sicherungsbericht, aus denen hervorgehen:
 1. die Standorteigenschaften
 2. der Zweck und die Grundzüge des Projektes. Als Grundzüge des Projekts gelten die ungefähre Grösse und Lage der wichtigsten Bauten sowie bei Lagern für Kernmaterialien oder radioaktive Abfälle die Kategorien des Lagergutes und die maximale Lagerkapazität
 3. die voraussichtliche Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage⁷⁷
 4. die wichtigen personellen und organisatorischen Angaben
 5. bei geologischen Tiefenlagern zudem die Langzeitsicherheit

⁷⁷ Dies betrifft den quellenbezogenen Dosisrichtwert für den Normalbetrieb und Störfälle mit einer Eintretenshäufigkeit $\geq 10^{-2}$ pro Jahr, dessen Festlegung sich an ENSI G15 (ENSI 2010a) orientiert. Auch für seltenere Ereignisse ($< 10^{-2}$ pro Jahr) ist gemäss heutiger Planung für das Rahmenbewilligungsgesuch keine quantitative Störfallanalyse vorgesehen (vgl. ENSI 2010b).

- der Umweltverträglichkeitsbericht
- der Bericht über die Abstimmung mit der Raumplanung
- das Konzept für die Stilllegung bzw. für die Beobachtungsphase und den Verschluss
- der Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle
- ein Bericht mit folgenden Angaben:
 - a. ein Vergleich der zur Auswahl stehenden Optionen hinsichtlich der Sicherheit des geplanten Tiefenlagers
 - b. eine Bewertung der für die Auswahl des Standorts ausschlaggebenden Eigenschaften
 - c. die Höhe der Kosten

Die detaillierten Festlegungen zur Oberflächenanlage erfolgen im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs (für das SMA-Lager ab 2030 und für das HAA-Lager ab 2045, vgl. auch Nagra 2008a) mit folgenden Anforderungen an die Unterlagen bzw. die Konkretisierung des Projekts (Art. 24 bzw. Anh. 4 KEV):

- Gesamtanlage (Anlagenkonzepte/Auslegungsgrundlagen)
 - Sicherheitsbericht und probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) für die Baubewilligung
 - Konzepte der Gesamtanlage
 - Gefährdungsspezifikationen
 - Dispositionspläne für die Gesamtanlage
 - anzuwendende Regelwerke
 - Konzepte für die Instandhaltung und die Alterungsüberwachung
- Auslegungsgrundlagen und vorläufige Sicherheitsanalyse
 - Definition der Störfälle und Sicherheitsgrenzwerte
 - Definition der wichtigen Rahmenbedingungen
 - Analyse der auslegungsbestimmenden Betriebszustände und Störfälle und deren Auswirkungen auf die Anlage und Umgebung
- Bautechnik (Auslegungsgrundlagen)
 - Klassierung der Bauwerke
 - Umsetzung der Gefährdungsspezifikationen in Ingenieurparameter
 - Baugrundeigenschaften
 - Konzept Grundwasserschutz
 - Auslegungsgrundlagen
 - Anforderungen an Abschirmwände
- Systemtechnik (Konzepte)
 - Systemklassierung, Systemkonzepte
 - vorläufige Systemspezifikationen
 - Systemschaltpläne
 - Funktionsschemata
 - Komponentenlisten (mechanisch und elektrisch)
- Maschinenteknik (Auslegungsgrundsätze)
 - anzuwendende Regelwerke und Bauvorschriften
 - konstruktive Ausbildung
 - Werkstoffwahl für Hauptkomponenten

- Elektro- und Leittechnik (Grundlagen elektrische Ausrüstung)
 - anzuwendende Technik bei Hauptkomponenten und Leittechnik
 - Strangzuordnung
 - Auslegungsgrundlagen der 1E-Komponenten
 - Qualifikationsverfahren für Einzel- und Serienteile
- Strahlenschutz, Abfallbewirtschaftung, Notfallschutz (Auslegungskriterien und Konzepte)
 - Konzepte für radiologische Zonen, Abschirmung, Umgebungsüberwachung, Raum-, System- und Emissionsüberwachung, Notfallschutz und Abwasser
 - Abfallkonditionierverfahren
 - Zwischenlagerung von Abfällen
- Sicherung (Auslegungsgrundlagen, Sicherungskonzept)
 - Bedrohungsanalyse
 - Projektunterlagen (Situationsplan, Baupläne, Bauprogramm, etc.)
 - Grundlagen für Sicherungszonen, Verlauf der Sicherungsschranken, Zutritt und Fluchtwege
 - Grundlagen für die Sicherung während der Bau- und der Betriebsphase
 - Sicherungsorganisation (Führung und Kommunikation, Ausrüstung und Bewaffnung)
 - Aus- und Weiterbildung

Weitere Konkretisierungen erfolgen im Rahmen der ersten Baufreigabe bzw. der Freigabe der Auslegungsspezifikationen, bei weiteren Baufreigaben (Gebäude bzw. Gebäudeteile), Herstellungsfreigaben sowie bei Montagefreigaben.

Anschliessend folgen die Betriebsbewilligung (für das SMA-Lager ab 2035 und für das HAA-Lager ab 2050, vgl. auch Nagra 2008a) und die Freigabe der Inbetriebnahme und des Dauerbetriebs.