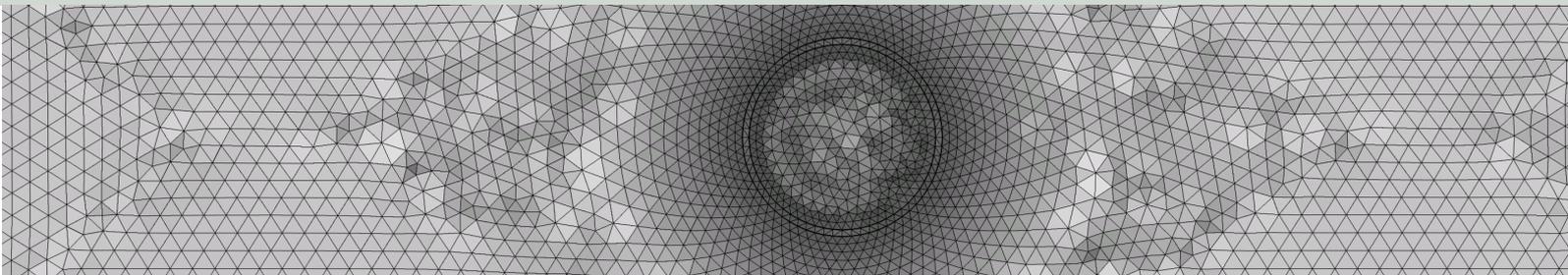




Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

**Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI**  
**Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN**  
**Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN**  
**Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI**



# **Ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke**

## **Expertenbericht**

**im Rahmen der Beurteilung des Vorschlags von mindestens zwei geologischen Standortgebieten pro Lagertyp, Etappe 2, Sachplan geologische Tiefenlager**

**P. Zwicky  
P. Jost**

**Basler & Hofmann AG**

**September 2015**

*Disclaimer:*

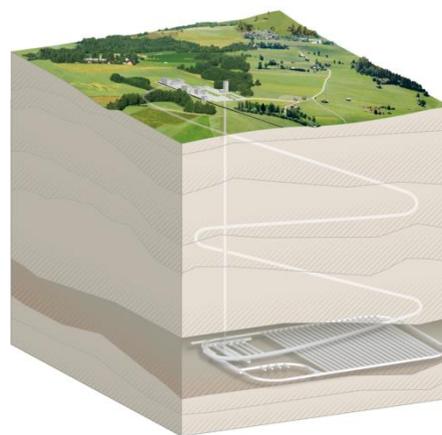
*Die im Bericht dokumentierten Ansichten und Schlussfolgerungen sind diejenigen der Autoren und stimmen nicht notwendigerweise mit denen des ENSI überein.*

# Sachplan Geologische Tiefenlager Etappe 2 Ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke

Prüfbericht

Eidgenössisches  
Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
Industriestrasse 19  
5200 Brugg

—  
Datum  
7. September 2015



## **Impressum**

---

### **Datum**

7. September 2015

---

### **Bericht-Nr.**

3210.350-01

---

### **Verfasst von**

Peter Zwicky

Peter Jost

---

Basler & Hofmann AG  
Ingenieure, Planer und Berater

Forchstrasse 395

Postfach

CH-8032 Zürich

T +41 44 387 11 22

F +41 44 387 11 00

Bachweg 1

Postfach

CH-8133 Esslingen

T +41 44 387 15 22

F +41 44 387 15 00

Titelbild: Modellgraphik ENSI

---

## **Verteiler**

---

Andreas Dehnert, ENSI



# Inhaltsverzeichnis

---

	<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
1.1	<b>Auftrag</b>	<b>2</b>
1.2	<b>Ziel der Überprüfung</b>	<b>2</b>
1.3	<b>Abgrenzung</b>	<b>3</b>
1.4	<b>Berücksichtigte Grundlagen</b>	<b>4</b>
1.5	<b>Vorgehen und Schwerpunkte der Überprüfung</b>	<b>4</b>
1.6	<b>Generelle Würdigung</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Überprüfung und Ergebnisse</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Leitfrage 1: Methodik</b>	<b>5</b>
2.1.1	Vorgehen des Projektanten	5
2.1.2	Beurteilung durch den Prüfingenieur	7
<b>2.2</b>	<b>Leitfrage 2: Einfluss standortspezifischer Risiken</b>	<b>8</b>
2.2.1	Vorgehen des Projektanten	8
2.2.2	Beurteilung durch den Prüfingenieur	9
<b>2.3</b>	<b>Leitfrage 3: Schächte bzw. Rampen als Zugangsvarianten</b>	<b>11</b>
2.3.1	Vorgehen des Projektanten	11
2.3.2	Beurteilung durch den Prüfingenieur	12
<b>2.4</b>	<b>Leitfrage 4: Gefahren und Gefährdungsbilder gemäss SIA 199</b>	<b>13</b>
2.4.1	Vorgehen des Projektanten	13
2.4.2	Beurteilung durch den Prüfingenieur	14
<b>2.5</b>	<b>Leitfrage 5: Gefährdungsannahmen der UVEK-Verordnung</b>	<b>16</b>
2.5.1	Vorgehen des Projektanten	16
2.5.2	Beurteilung durch den Prüfingenieur	17
<b>2.6</b>	<b>Leitfrage 6: Hinweise für Lagerauslegung und -design</b>	<b>18</b>
2.6.1	Vorgehen des Projektanten	18
2.6.2	Beurteilung durch den Prüfingenieur	18
<b>3.</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Gesamtbeurteilung des Prüfingenieurs</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Empfehlungen</b>	<b>19</b>

## **Anhang A**

**Gefahren und Gefährdungsbilder gemäss Empfehlung SIA 199**

## **Anhang B**

**Gefährdungsannahmen gemäss UVEK-Verordnung**

## Zusammenfassung

Sicherheitsbetrachtungen der Nagra

Die Nagra, im Folgenden Projektant genannt, hat ihre Untersuchungen der Etappe 2 des Sachplanverfahrens geologisches Tiefenlager (SGT) abgeschlossen und Anfang 2015 beim Bundesamt für Energie BFE den Vorschlag für die in der Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete eingereicht. Die ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen der Zugangsbauwerke sind Bestandteil der Untersuchungen.

Der Projektant hat mit einem schrittweisen iterativen Vorgehen die möglichen Störfälle analysiert und die Risiken unter Berücksichtigung der zu treffenden Sicherheitsmassnahmen beurteilt. Er kommt dabei zum Schluss, dass die Schutzziele aufgrund der Wahl geeigneter Standortareale und in Verbindung mit der sicherheitsgerichteten robusten Auslegung der Strukturen, Systeme und Komponenten jederzeit gewährleistet werden können.

Überprüfung aufgrund von Leitfragen

Als Grundlage für die behördenseitige Überprüfung dieser Sicherheitsbetrachtungen hat das ENSI sechs Leitfragen formuliert. Im Vordergrund stehen dabei die Sicherheitsfragen, welche für die Kernaufgabe der Etappe 2, die Einengung der Standortgebiete, bedeutend sein können. Die Überprüfung verfolgt das Ziel, die Leitfragen zu diskutieren und zu beantworten.

Prüfergebnis

Der vom ENSI beauftragte Prüfenieur Basler & Hofmann beurteilt die ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke im Rahmen der Etappe 2 des Sachplanverfahrens als stufengerecht. Sie sind nachvollziehbar und erfüllen die Forderungen des ENSI. Sie werden in dem Sinne als vollständig beurteilt, dass die für die Einengung der Standortgebiete massgebenden Störfälle untersucht wurden. Die angewendete Methodik entspricht einem zeitgemässen, sicherheitsgerichteten Vorgehen.

Die in der Etappe 2 erfolgte Einengung auf zwei weiter zu untersuchende Standortgebiete wurde nicht massgeblich durch die hier beurteilten ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke beeinflusst. Es kann allerdings nicht ganz ausgeschlossen werden, dass aufgrund des Informationsstands der Etappe 2 Standortgebiete zurückgestellt wurden, die bezüglich der als massgebend erkannten Gefährdung Wassereintrich weniger gefährdet sind als die ausgewählten Standortgebiete.

Empfehlungen für die weitere Planung

Der Detaillierungsgrad der Störfallanalyse ist in den kommenden Projektphasen zu verfeinern und dem voranschreitenden Wissensstand anzupassen. Dabei muss insbesondere die Gefährdung durch Karstsysteme im Umfeld der Zugangsbauwerke standortspezifisch untersucht werden. Zudem sollen weitere, möglicherweise risikomindernde Konfigurationsvarianten für die Zugangsbauwerke in Betracht gezogen werden.

In der Etappe 3 ist anzustreben, die verschiedenartigen Risiken derart zu charakterisieren, dass sie miteinander vergleichbar werden. In der Gesamtbetrachtung aller Risiken sind auch mutwillige Störungen und Angriffe während des Betriebs einzuschliessen.

## 1. Einleitung

### 1.1 Auftrag

Sachplan  
Geologisches Tiefenlager (SGT)  
Etappe 2

Die Nagra, im Folgenden Projektant genannt, hat Anfang 2015 beim Bundesamt für Energie BFE einen Vorschlag für die in der Etappe 3 des Sachplanverfahrens geologisches Tiefenlager (SGT) weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete eingereicht. Der Projektant kommt in seinen Berichten und Analysen zum Schluss, dass alle sechs Standortgebiete die im Sachplan für Etappe 2 definierten hohen geologischen und sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen. Die Standortgebiete Jura Ost und Zürich Nordost weisen jedoch gemäss der Beurteilung des Projektanten günstigere Bedingungen auf als die vier anderen Standortgebiete Jura-Südfuss, Nördlich Lägern, Südranden und Wellenberg. Er schlägt deshalb diese beiden Gebiete für vertiefte Untersuchungen in Etappe 3 vor.

Gutachten ENSI

Die Dokumente des Projektanten werden vom ENSI und seinen Experten geprüft. In [6] koordiniert das ENSI die Experten, fasst Themenblöcke zusammen und formuliert Leitfragen zu den abgegebenen Dokumenten des Projektanten. Die Leitfragen zur bautechnischen Risikoanalyse und zu den ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke stützen sich auf die vom ENSI in [7] festgelegten Anforderungen. Die einzelnen Expertisen werden Bestandteil des ENSI-Gutachtens zum Vorschlag der Nagra zu den weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebieten im Rahmen des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager.

Expertenmandat  
Basler & Hofmann AG

Im Rahmen dieses Expertenmandates wurde der Arbeitsbericht NAB 14-51 "Ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Untertageanlagen der geologischen Tiefenlager in der Betriebsphase: Vorgaben, Vorgehen und Dokumentation der Ergebnisse" (Dezember 2015) [1] anhand der sechs Leitfragen [6] durch Basler & Hofmann, im Folgenden als Prüffingenieur bezeichnet, überprüft.

### 1.2 Ziel der Überprüfung

Die Überprüfung verfolgt das Ziel, die folgenden Leitfragen gemäss [6] aufgrund der Angaben in [1] bis [5] zu diskutieren und zu beantworten. Im Vordergrund stehen dabei die Sicherheitsfragen, welche für die Standorteinengung bedeutend sind.

Leitfragen

1. Entspricht die im NAB 14-51 angewendete Methodik (Kap. 3 iterative Optimierung der Anlagenauslegung) einem zeitgemässen, sicherheitsgerichteten Vorgehen? Kann die verwendete Methodik auf ein Projekt im vorliegenden Entwicklungsstand (Etappe 2 SGT) zielgerichtet angewendet werden?
2. Lassen sich standortspezifische Risiken ausweisen, welche zu einer schlechteren Bewertung einzelner geologischer Standortgebiete führen können bzw. führen?
3. Ergeben sich aus den im NAB14-51 dargelegten Betriebskonzepten sowie aus den Betrachtungen der Fördermittel (NAB 14-75 bis 14-78) Aspekte, welche gegen Schächte bzw. Rampen als Zugangsvarianten sprechen?
4. Wurden die Gefahren und Gefahrenbilder der Norm SIA 199, sofern diese auf die dargelegte Anlage übertragbar sind, stufengerecht (Etappe 2 SGT entspricht einer Vorstudie; Etappe 3 SGT entspricht der Projektierungsphase) berücksichtigt?

5. Wurden die Gefährdungsannahmen der UVEK-Verordnung [12], sofern diese auf die dargelegte Anlage übertragbar sind, stufengerecht (Etappe 2 SGT entspricht einer Vorstudie; Etappe 3 SGT entspricht der Projektierungsphase) berücksichtigt?
6. Ergeben sich aus den Betrachtungen zum Normalbetrieb sowie zur Störfallbeherrschung Hinweise auf die zukünftige Lagerauslegung bzw. an das Lagerdesign (zum Beispiel doppelte Lüftungsanlage, parallele Zugangsbauwerke, spezifische Distanz des Schacht-/Rampenfusses zu den Lagerkammern etc.)?

**1.3 Abgrenzung**

Zugangsbauwerke

Es wurden nur Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke (Schächte, Rampen, Zugangskonfigurationen) bis auf Lagerebene untersucht. Der eigentliche Lagerbereich des Tiefenlagers (z.B. Hauptlager, Pilotlager, Felslabor), die Oberflächenanlagen, die Transportwege zu den Oberflächenanlagen und die Verbindungsbauelemente zwischen den Zugangsbauwerken sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

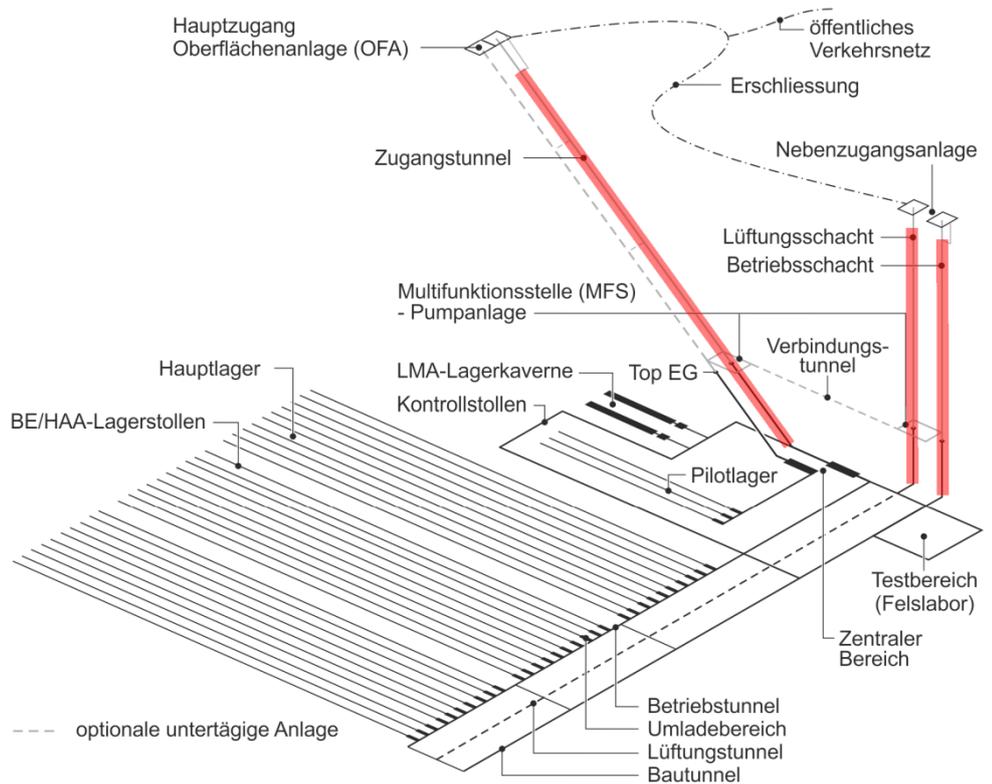


Bild 1: Schema des HAA-Lagers [13], Zugangsbauwerke rot markiert

Betriebsphase

Die ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen betreffen die Betriebsphase der Zugangsbauwerke sowie die Auswirkungen der Betriebsphase auf die Langzeitsicherheit. Die Bauphase, die Beobachtungsphase und die Verschlussphase sind nicht Gegenstand der vorliegenden Prüfung.

Hydrogeologie und Geotechnik  
Lockergestein

Hydrogeologische und geotechnische Abklärungen (geologisches Schichtmodell, Wasserhaltungsrisiken entlang der Zugangsbauwerke, Langzeitstabilität Quartärgeologie, Tektonik, Tiefenlage des Lagers, Auswirkungen infolge Auflockerungsdruck etc.) werden durch weitere Experten geprüft und sind nicht Bestandteil der vorliegenden Prüfung.

#### 1.4 Berücksichtigte Grundlagen

Grundlagen des Projektanten

- [1] Nagra; "Ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Untertageanlagen der geologischen Tiefenlager in der Betriebsphase: Vorgaben, Vorgehen und Dokumentation der Ergebnisse", Arbeitsbericht NAB 14-51, Dezember 2014
- [2] Nagra; "Sicherheitstechnische Betrachtungen zu Schachtförderanlagen für den Zugang zu einem zukünftigen geologischen Tiefenlager", Arbeitsbericht NAB 14-75, 2014
- [3] Nagra; "Sicherheitstechnische Betrachtungen zu Zahnradbahnen für den Zugang zu einem zukünftigen geologischen Tiefenlager", Arbeitsbericht NAB 14-76, 2014
- [4] Nagra; "Sicherheitstechnische Betrachtungen zu Standseilbahnen für den Zugang zu einem zukünftigen geologischen Tiefenlager", Arbeitsbericht NAB 14-77, 2014
- [5] Nagra; "Safety Considerations for a Trackless Transport System (Heavy Load Vehicle) for a Future Geological Repository", Arbeitsbericht NAB, NAB 14-78, 2014

Grundlagen ENSI

- [6] ENSI; "Wegleitung für die Experten des ENSI", Memo, 30. Januar 2015
- [7] ENSI; "Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke in Etappe 2 SGT, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2", ENSI 33/170, Januar 2013
- [8] ENSI; "Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis", Richtlinie G03, April 2009
- [9] ENSI; "Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente", Richtlinie G04, Rev. 1, März 2012

Grundlagen Dritter

- [10] BFE; "Sachplan geologisches Tiefenlager; Konzeptteil", 02. April 2008
- [11] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein; "Erfassen des Gebirges im Untertagbau", Norm SIA 199, 1998
- [12] Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen, 2009

weitere Dokumente

- [13] Nagra; "Bautechnische Risikoanalyse zur Realisierung der Zugangsbauwerke", Arbeitsbericht NAB 14-50, Dezember 2014
- [14] Basler & Hofmann; "Sachplan Geologische Tiefenlager, Etappe 2, Arbeitsbericht NAB 14-50, Bautechnische Risikoanalyse", Prüfbericht 3210.350-01, 2015

#### 1.5 Vorgehen und Schwerpunkte der Überprüfung

Vorgehen

Die Prüfarbeit startete mit der Kick-off Sitzung beim ENSI am 06. Februar 2015. Im Anschluss an diese Sitzung wurden dem Prüffingenieur die Dokumente [1] bis [5] übergeben. Zur Koordination mit den Experten des ENSI wurden zwei Fachsitzungen durchgeführt: am 18.03.2015 und am 15.04.2015 beim ENSI. Eine enge Zusammenarbeit erfolgte auch mit dem Expertenteam, welches die Bautechnische Risikoanalyse [13] prüfte und ihr Prüfergebnis mit [14] dokumentiert hat.

Prüfeschwerpunkte

Mit der Prüfarbeit wurde die Einwirkung eines Wasser- oder Schlamm einbruchs als Gefährdungsbild mit standortspezifischer Ausprägung erkannt. Insbesondere die Gefährdung durch noch nicht erforschte Karstgebiete kann die definitive Standortwahl beeinflussen.

Beiträge Dritter

Die Thematik des vorliegenden Prüfberichts beinhaltet signifikante Schnittstellen zur Hydrogeologie und Geotechnik. Dank interdisziplinärem Austausch mit weiteren Experten konnten wertvolle Synergien genutzt werden. Die Dr. von Moos AG (Dr. Beat Rick, Dr. Martin Vogelhuber) und das Schweizerische Institut für Speläologie und Karstforschung SSKA (Dr. Pierre-Yves Jeannin) haben wichtige Beiträge und Informationen zum vorliegenden Bericht geliefert.

Stufengerechtes Vorgehen

### 1.6 Generelle Würdigung

Das Vorgehen des Projektanten wird als stufengerecht im Sinne des Ziels "Standorteinengung" gemäss den behördlichen Anforderungen für SGT Etappe 2 beurteilt. Die Störfallanalyse ist vollständig und wurde nachvollziehbar dokumentiert. Sie erfüllt die behördlichen Forderungen gemäss ENSI 33/170 [7].

Der Detaillierungsgrad ist in den kommenden Projektphasen zu verfeinern und dem voranschreitenden Wissensstand anzupassen.

## 2. Überprüfung und Ergebnisse

### 2.1 Leitfrage 1: Methodik

*Entspricht die im NAB 14-51 angewendete Methodik (Kap. 3 iterative Optimierung der Anlagenauslegung) einem zeitgemässen, sicherheitsgerichteten Vorgehen? Kann die verwendete Methodik auf ein Projekt im vorliegenden Entwicklungsstand (Etappe 2 SGT) zielgerichtet angewendet werden?*

Iterative qualitative Beurteilung  
der Risiken und Optimierung der  
Auslegung in 5 Schritten

#### 2.1.1 Vorgehen des Projektanten

Für die ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen der Zugangsbauwerke wählt der Projektant ein schrittweises iteratives Vorgehen, bei dem eine Anpassung der Anlagenauslegung mit gleichzeitiger Überprüfung der Sicherheit und bei Bedarf deren gezielter Verbesserung erfolgt. Das Vorgehen mit den fünf Schritten "Anlagenauslegung", "Katalog der auslösenden Ereignisse", "Identifizierung und Umgang mit Störfällen", "Qualitative Beurteilung der Risiken" und "Schlussfolgerungen" ist in Bild 2 schematisch dargestellt.

Für eine systematische Betrachtung der Betriebssicherheit der Untertageanlagen wird die Referenzanlage in Risiko-Homogenbereiche unterteilt. Ein Risiko-Homogenbereich fasst benachbarte Areale des geologischen Tiefenlagers zusammen, die ein in etwa identisches Risikoprofil aufweisen.

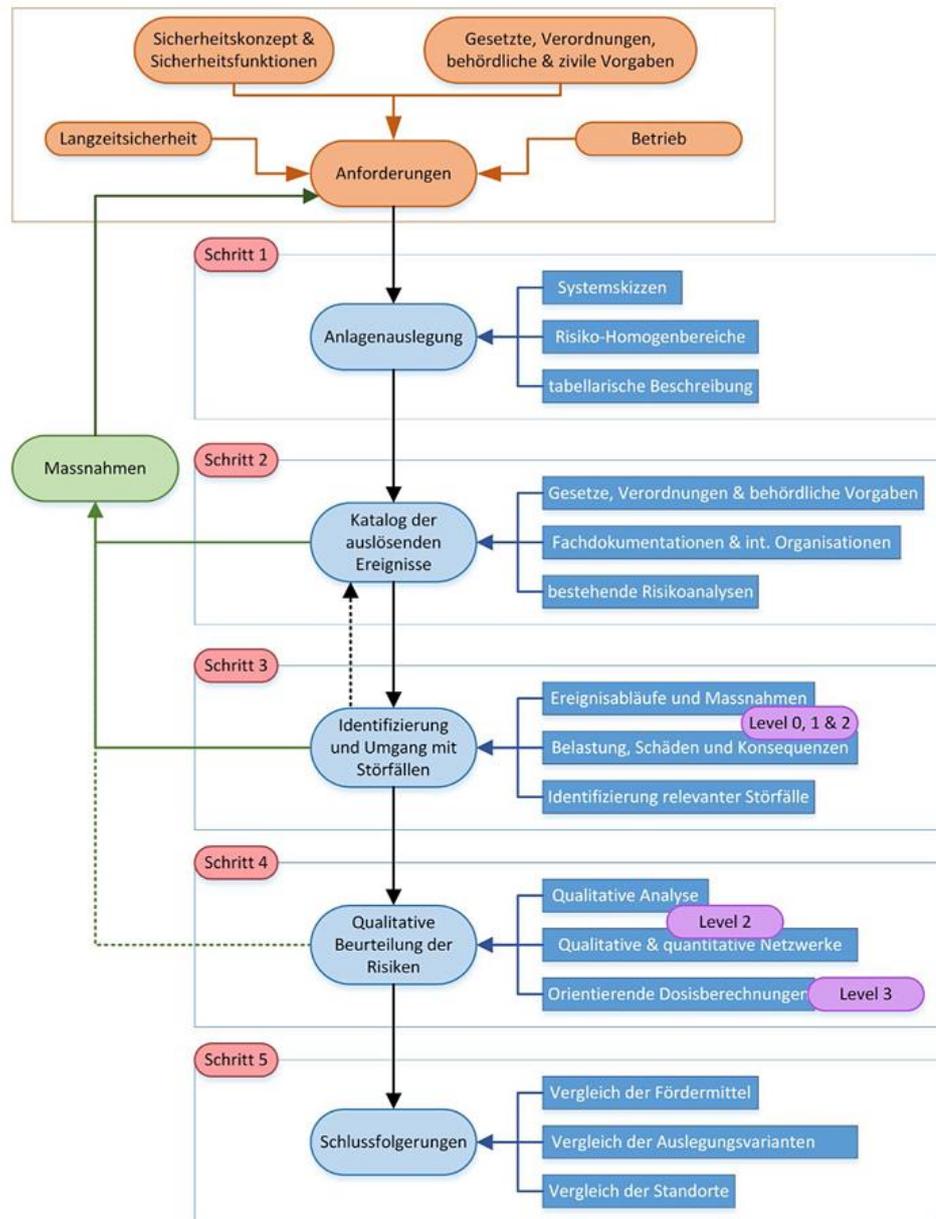


Bild 2:  
Schematische Darstellung des schrittweisen Vorgehens bei den ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen, aus [1]

#### Schadenstypen

Die Beurteilung der Risiken in der Betriebsphase erfolgt qualitativ mit einem iterativen Prozess. Ereignisverhindernde präventive Massnahmen wie auch Massnahmen zur Störfallbewältigung werden gleichwertig in die Beurteilung einbezogen. Es werden die folgenden vier Schadenstypen unterschieden:

- \_ Nukleare Betriebssicherheit und Strahlenschutz
- \_ Personensicherheit, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz während der Betriebsphase
- \_ Auswirkungen der Betriebsphase auf die Langzeitsicherheit
- \_ Auswirkungen der Betriebsphase auf die Umwelt

Methodik ist "state-of-the-art",  
qualitative Risikobeurteilung ist  
stufengerecht

### 2.1.2 Beurteilung durch den Prüflingenieur

Der Prüflingenieur beurteilt die qualitative (beschreibende) Erfassung der Risiken im Rahmen der Etappe 2 des Sachplanverfahrens als stufengerecht. Eine verfeinerte Beurteilung der Risiken wird in der Etappe 3 für die ausgewählten Standortgebiete durchzuführen sein.

Der Beurteilungs- und Optimierungsprozess wird pro Schadenstyp einzeln durchgearbeitet. Innerhalb der einzelnen Schadenstypen werden die themenspezifischen Methoden, Verfahren, Normen etc. korrekt berücksichtigt. Die Beurteilung der Risiken und die Optimierung von Massnahmen innerhalb eines Schadenstyps entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik ("state-of-the-art"). Allerdings sollten die absoluten Aussagen bezüglich der Betriebssicherheit, wie sie in der Zusammenfassung von [1] zu finden sind, z.B. "Eine irreversible Schädigung der relevanten technischen und natürlichen (geologischen) Barrieren während des Einlagerungsbetriebs und bei allfälligen Störfällen ist ausgeschlossen, wodurch auch eine Beeinflussung der Langzeitsicherheit ausgeschlossen werden kann." vermieden bzw. relativiert werden. Mit dem aktuellen Wissensstand sind absolute Aussagen bezüglich Sicherheitsfragen nicht ausreichend belastbar.

In Etappe 3 zu fordern:

- Harmonisierung zwischen den Risikobereichen
- Gesamtbetrachtung "Safety und Security"

In den verschiedenartigen Risikobereichen gelten spezifische normative und regulative Vorgaben, die zu beachten sind. Dementsprechend werden die Risiken nicht nach einheitlichen Kriterien beurteilt und sind nur beschränkt vergleichbar. So enthalten beispielsweise die für den Brandschutz zu berücksichtigenden Normen der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) eher präskriptive Vorschriften, während die in der Störfallverordnung geregelten Risiken probabilistisch beurteilt werden, unter Berücksichtigung der Unsicherheiten. Eine ausgewogene Beurteilung zwischen den einzelnen Disziplinen wird aufgrund dieser Methodikunterschiede erschwert. In der Etappe 3 ist anzustreben, die verschiedenartigen Risiken derart zu charakterisieren, dass sie miteinander vergleichbar werden. Damit können Entscheide zur Variantenwahl auch auf Risikovergleiche abgestützt werden. Zielkonflikte zwischen den Risikobereichen (Massnahmen für die Personensicherheit können beispielsweise die Umwelt belasten) sollen dabei aufgezeigt und gelöst respektive optimiert werden.

Der Prüflingenieur beurteilt die untersuchten Störfällen als vollständig im Sinne der "Safety"-Aspekte. Der Projektant behandelt in [1] keine "Security"-Fragen. Die Sicherheit gegenüber mutwilligen Störungen und Angriffen während des Betriebs wird hier nicht behandelt. Die Security-Risiken unterscheiden sich zwar nicht massgeblich bezüglich des Standortgebiets und beeinflussen somit das Ergebnis der Etappe 2 (Standorteinengung) nicht. Dennoch wird in der Etappe 3 eine Gesamtbetrachtung erforderlich sein, weil auch zwischen Safety- und Security-Schutzziele Konflikte entstehen können.

## 2.2 Leitfrage 2: Einfluss standortspezifischer Risiken

*Lassen sich standortspezifische Risiken ausweisen, welche zu einer schlechteren Bewertung einzelner geologischer Standortgebiete führen können bzw. führen?*

### 2.2.1 Vorgehen des Projektanten

im Kapitel 5 von [1] analysiert der Projektant die Störfälle systematisch und gegliedert nach den vier definierten Schadenstypen. Er führt dabei keine standortspezifische Beurteilung der Risiken durch. Im Kapitel 7.2 von [1] vergleicht er die Standortgebiete im Rahmen der Schlussfolgerungen.

Einwirkungen von innen

Da die Untertageanlagen für jedes mögliche Standortgebiet mit den zugehörigen Standortarealen nach denselben sicherheitsgerichteten Anforderungen erstellt und betrieben werden, ergeben sich aus den Einwirkungen von innen keine standortspezifischen Unterschiede.

Lediglich die Einwirkungen von aussen, das heisst von der Oberfläche und vom Untergrund können sich standortspezifisch unterscheiden.

von der Oberfläche ausgehende äussere Einwirkungen

Als von der Oberfläche ausgehende äussere Einwirkungen werden Überflutung, Rutschung/Murgang, Brand, Explosion, Flugzeugabsturz, Meteorologische Ereignisse und Ausfall von Ver- und Entsorgungseinrichtungen in Betracht gezogen. Für diese Einwirkungen sind standortspezifisch unterschiedliche Gefährdungen zu erwarten. Der Projektant erachtet solche Unterschiede aber nicht als relevant für die Standorteinengung. Er begründet dies damit, dass die Risiken durch geeignete Standortwahl der Oberflächenanlage praktisch ausgeschlossen oder durch Massnahmen beherrscht werden.

vom Untergrund ausgehende äussere Einwirkungen

Auch aus den vom Untergrund ausgehenden äusseren Einwirkungen resultiert nach Einschätzung des Projektanten keine ungünstigere Bewertung einzelner Standortgebiete, und zwar mit den folgenden Begründungen:

*Wassereinbruch:* Für die tiefe Geologie ist das Vorhandensein von stark wasserführenden Karstsystemen oder stark wasserführenden Störungszonen im Korridor für den Zugang nach Untertag ausschlaggebend. Aufgrund der unterschiedlichen geologischen Situation der möglichen Standortgebiete kann das Vorhandensein von wasserführenden Karstsystemen oder Störungszonen variieren. Jedoch ist davon auszugehen, dass bei Erkundungsarbeiten und beim Bau der Zugangsbauwerke wasserführende Karstsysteme oder Störungszonen lokalisiert werden können. Im Anschluss können Massnahmen ergriffen werden, die einen möglichen Wassereinbruch wirksam verhindern. Solche Massnahme sind Gebirgsinjektionen, ein geeigneter Ausbau der Bauten und im Extremfall eine Anpassung der Linienführung der Zugangsbauwerke.

*Erschütterungen (Erdbeben):* Aufgrund der Möglichkeit der Auslegung der baulichen Strukturen gegen Erschütterungen und damit zur Verhinderung der möglichen Folgen

führen allfällige Unterschiede in den erwarteten Erdbebenintensitäten zu keiner relevanten Aussage bezüglich der Eignung der Standortgebiete.

*Versätze:* Grosse Störungszonen mit dem Potenzial für grössere diskrete Verschiebungen werde mit den Zugangsbauwerken nach Untertag durch die Standortwahl bzw. der Linienführung des Zugangs nach Untertag gemieden. Für die zur Diskussion stehenden Standortgebiete bzw. Standortareale gibt es diesbezüglich keine entscheiderelevanten Unterschiede.

*Gaszutritt:* Eine Gefährdung der Sicherheit der Untertageanlagen durch Gaszutritt aus dem umgebenden Gebirge kann für alle Standortgebiete bzw. Standortareale durch eine geeignete Belüftung der Untertageanlagen verhindert werden.

### 2.2.2 Beurteilung durch den Prüfenieur

innere Einwirkungen und von der Oberfläche ausgehende äussere Einwirkungen

Der Prüfenieur beurteilt übereinstimmend mit dem Projektanten und mit dessen Begründung sowohl die inneren Einwirkungen als auch die von der Oberfläche ausgehenden äusseren Einwirkungen als nicht massgebend bezüglich der in der Etappe 2 erarbeiteten Auswahl der Standortgebiete.

Er sieht allerdings für die vom Untergrund ausgehenden äusseren Einwirkungen, insbesondere für den Wasser- oder Schlamm einbruch, mögliche standortspezifische Unterschiede, die letztlich auch die definitive Standortwahl und die konzeptionelle Anordnung der Zugangsbauwerke beeinflussen können.

Wassereinbruch

Wie in [1] aufgezeigt wird, ist die Gefahr eines Wassereinbruchs massgeblich von der geologischen und hydrogeologischen Situation im Standortgebiet abhängig. Mit vorgängigen und baubegleitenden Erkundungsmassnahmen, mit Injektionen, mit Abdichtungsmassnahmen sowie mit angepasster Linienführung der Zugangsrampe kann das Risiko zwar beherrscht werden. Dennoch bestehen nach Ansicht des Prüfenieurs standortspezifische Unterschiede, welche die definitive Auswahl des Standortgebiets beeinflussen können. Wo wasserführende Karstsysteme durchfahren werden müssen haben beispielsweise die Tiefenlage einer Einbruchstelle und damit die Menge und der Druck des angezapften Wassers einen Einfluss auf die Beherrschbarkeit. Gemäss [13] ist mit Wasserdrücken bis zu 60 bar zu rechnen. Wo bisher unbekannte Karstsysteme durch den Eingriff verändert werden, sind die Folgen schwer vorhersehbar. Im ungünstigsten Fall kann eine neue Verbindung eines Karstganges zu einem Vorfluter geschaffen werden, wodurch ein ergiebiger und länger andauernder Wasserzufluss in das Zugangsbauwerk nicht ausgeschlossen werden kann [14].

Schlamm einbruch

Ein Karstgang kann nicht nur mit Wasser sondern auch mit Schlamm gefüllt sein. Er ist dann nur erschwert detektierbar bzw. wirksam injizierbar und kann sich beim Bauvortrieb entleeren. Falls er, verursacht durch die veränderten Fliessbedingungen, erst nach Bauabschluss freigesetzt wird, kann er den Betrieb gefährden.

Der Prüfenieur erachtet es als nicht ganz ausgeschlossen, dass aufgrund des Informationsstands der Etappe 2 Standortgebiete zurückgestellt wurden, die bezüglich

Wasser- oder Schlammereinbruchs weniger gefährdet sind als die ausgewählten Standortgebiete. Dies ist allerdings für das Standortgebiet Nördlich Lägern nicht zu erwarten, da dort die Bergwasserdrücke mit bis zu 60 bar am höchsten eingeschätzt werden.

Mit den geologischen und hydrogeologischen Untersuchungen in der Etappe 3 müssen die Karstsysteme detaillierter erkannt und untersucht werden. Als risikomindernde Massnahmen können auch die im Abschnitt 2.3.2 diskutierten Anordnungen der Zugangsbauwerke "horizontal versetzter Schacht" und "in wasserführenden Schichten ansteigende Rampe" in Betracht gezogen werden. Wo sich das für die Betriebsphase trotz aller Massnahmen verbleibende Risiko als untragbar erweist, müssen die Zugangsbauwerke verlegt oder das Standortareal bzw. im Extremfall sogar das geologische Standortgebiet aufgegeben werden.

Als Grundlage für die definitive Wahl der Standortregion wird schliesslich die Gefährdung durch Karstsysteme in den Rahmen einer Gesamtbetrachtung aller Anforderungen zu stellen sein.

#### Seismische Störungszonen

Der Prüfenieur stimmt der Aussage des Projektanten zu, dass Schäden infolge von Erdbebenerschütterungen durch die bauliche Auslegung und Konstruktion der Zugangsbauwerke vermieden werden können.

Die regionalen Störungszonen sind bekannt. Sie werden mit der Abgrenzung der Lagerperimeter gemieden. Gemäss der bautechnischen Risikoanalyse zur Realisierung der Zugangsbauwerke [13] liegen die Untertagebauwerke in tektonisch wenig gestörten Bereichen: "Es werden keine seismisch kartierbaren Störungen durchfahren, mit Ausnahme der Anfangsstrecke der Rampe Jura Ost und dem obersten Abschnitt von Schacht Süd im Standortgebiet Jura-Südfuss. Aufgrund der vorliegenden Informationen kann davon ausgegangen werden, dass diese Gefährdung mit Massnahmen beherrscht werden kann."

Die Streckenführung der Zugangsbauwerke ist zwar noch nicht bekannt. Aufgrund der weltweit vorhandenen Erfahrungen beim Durchfahren von grösseren Störungszonen darf dennoch geschlossen werden, dass die in den Standortgebieten möglichen potentiellen Versätze bautechnisch beherrschbar sind.

Für die Langzeitsicherheit können auch lokale Störungen im Bereich der Lagerebene wichtig sein. Bei der Platzierung der Lagerfelder wird die Lage und Geometrie von anordnungsbestimmenden Störungszonen berücksichtigt. Die Kartierung solcher Störungszonen war nicht Ziel der geologischen Untersuchungen in Etappe 2 (2D-Seismik). Die 3D-Seismik in Etappe 3 wird dazu genauere Informationen liefern. Die dabei erkannten lokalen Störungszonen werden bei der Platzierung der Lagerstollen berücksichtigt und beeinflussen den Raumbedarf für das Tiefenlager.

### 2.3 Leitfrage 3: Schächte bzw. Rampen als Zugangsvarianten

*Ergeben sich aus den im NAB14-51 dargelegten Betriebskonzepten sowie aus den Betrachtungen der Fördermittel (NAB 14-75 bis 14-78) Aspekte, welche gegen Schächte bzw. Rampen als Zugangsvarianten sprechen?*

#### 2.3.1 Vorgehen des Projektanten

relevante Störfälle und Fördermittel

Der Projektant diskutiert im Kapitel 5.2.3 von [1] die als relevant erkannten Störfälle Flugzeugabsturz mit Kerosinbrand, Fördermittelunfall mit Folgebrand und Wassereinbruch aus Karstsystem oder Störungszone unter besonderer Beachtung der Auswirkungen für die Rampe oder den Schacht als Hauptzugangsbauwerk. Er untersucht für die vier in Betracht gezogenen Fördermittel (Schachtförderanlage, Standseilbahn, Zahnradbahn, Gleislosfördermittel) das Verhalten bei Störfällen, wobei er auch die möglichen Abstürze von Behältern oder Förderkörben berücksichtigt. Daraus zieht er eine Schlussfolgerung hinsichtlich der Sicherheit der Förderung im Schacht oder in der Rampe.

Für die Diskussion der Fördermittel beschreibt er deren Verhalten bei Brand, Kollision, Wassereinbruch, Komponentenversagen und bei menschlichen Fehlhandlungen.

Zusammenfassend kommt er zum Schluss, dass die aus relevanten Störfällen resultierenden Belastungen in ihrer Eintrittshäufigkeit sehr gering und in ihrer Intensität begrenzt sind.

kein entscheidender sicherheitsbezogener Vor- oder Nachteil von Schacht oder Rampe identifiziert

Im Kapitel 7.1 von [1] zieht der Projektant die folgenden Schlussfolgerungen hinsichtlich des Vergleichs von Schacht und Rampe für den Zugang zu den Lagerbereichen:

- \_ Für einen sicheren Betrieb der Zugangsbauwerke sind einerseits die Beherrschung des Wassereintruchs aus der Geologie (Karstsystem und Störungszone) und andererseits die Fördermittel relevant.
- \_ Das Risiko eines grossen Wassereintruchs aus der Geologie wird bestimmt durch die Wahl des Standortes (Standortareal und Lagerperimeter) sowie der Linienführung des Zugangs nach Untertag. Im Vergleich zum Schacht steigt aufgrund der Länge der Rampe die Wahrscheinlichkeit, dass wasserführende Karstsysteme oder Störungszone angetroffen werden. Durch ein geeignetes Explorationsprogramm können jedoch auch bei der Rampe wasserführende Karstsysteme und Störungszone mit genügender Zuverlässigkeit identifiziert und die notwendigen Massnahmen getroffen werden (bei Bedarf im Extremfall Anpassung der Linienführung), welche die Sicherheit während der Betriebsphase sicherstellen. Deshalb ergibt sich aus Sicht der Betriebssicherheit bezüglich Wassereintruchs kein Grund, den Schacht oder die Rampe für den Zugang nach Untertag zu bevorzugen.
- \_ Die Sicherheit der Förderanlagen kann für beide Zugangsoptionen (Schacht und Rampe) gewährleistet werden. Für das Hauptzugangsbauwerk mit der Hauptfunktion der Förderung der Endlagerbehälter und der Materialien für Verfüllung und Versiegelung sind deshalb sowohl der Schacht (Fördermitteloptionen Schachtförderanlage oder Standseilbahn) als auch die Rampe (Fördermitteloptionen Zahnradbahn oder Gleislosförderung) sicherheitstechnisch geeignet.

- \_ Dass der sichere Betrieb für beide Optionen, Schacht und Rampe, gewährleistet werden kann, zeigen auch andere Tiefenlagerprojekte.

### 2.3.2 Beurteilung durch den Prüflingenieur

sicherer Zugang sowohl über Schacht als auch über Rampe möglich

Der Prüflingenieur stimmt der Schlussfolgerung des Projektanten zu, dass der sichere Zugang zum Lagerbereich sowohl über einen Schacht als auch über eine Rampe gewährleistet werden kann. Diese Aussage wird durch die weltweiten Erfahrungen im Bergbau gestützt. Allerdings können bei den beiden Optionen unterschiedliche Einwirkungen Gefahren verursachen, welche mit organisatorischen, betrieblichen oder technischen Massnahmen beherrscht werden müssen:

sicherheitsbezogene Unterschiede bei den Einwirkungen Wassereintrich, Behälterabsturz und bei mutwilligen Angriffen

- \_ Die Gefahr eines Wassereintrichs kann mit zunehmender Länge des Zugangsbauwerks steigen. Insbesondere die Länge der Strecke in den wasserführenden Gesteinsformationen kann diese Gefährdung beeinflussen. Somit kann beim senkrechten Schacht ein Wassereintrich mit geringerer Wahrscheinlichkeit als beim Rampenzugang erwartet werden, vorausgesetzt dass in jedem Fall die optimale Lage des Zugangs an der Oberfläche und in der Tiefe gewählt wird.
- \_ Demgegenüber bietet der Zugang über die Rampe den Vorteil, dass die Linienführung flexibler ist. Sie kann beim Vortrieb angepasst werden, sobald die Gefährdung durch einen potentiellen Wassereintrich erkannt wird. Ausserdem wird das eindringende Wasser im Schacht direkter und schneller zum einschusswirksamen Wirtgestein geführt. Bei der Rampe sind die Aussichten grösser, das Wasser oberhalb des Wirtgesteins abfangen zu können.
- \_ Karstwasser kann sich während des Betriebs auch hinter den Wänden des Schachts oder der Rampe durch Erosion neue Wege schaffen. Die Gefährdung durch "hinterläufige" Wasserführung bis ins Wirtgestein wird beim Schacht aufgrund der kürzeren Wege als höher als bei der Rampe eingeschätzt.
- \_ Die Wirkung des Absturzes bzw. Aufpralls eines Transportgeräts für Lagerbehälter (Förderkorb, Gegengewicht, Transportwagen, ...) steigt mit zunehmendem Neigungswinkel der Zugangsstrecke. Sie ist also beim senkrechten Schacht grösser als beim Schrägschacht und bei der Rampe am kleinsten. Allein mit der Behälterauslegung auf eine Fallhöhe von 10 m kann ein allfälliger Absturz im Schacht nicht beherrscht werden.
- \_ Der Schacht erscheint bei mutwilligen Angriffen gegen das Tiefenlager, zum Beispiel mittels Abwurfs eines Sprengkörpers, verletzbarer.

erhöhte Sicherheit gegen Wassereintrich durch ansteigend geführte Rampe in den potentiell wasserführenden Schichten

Das Standortgebiet Jura-Ost (JO) unterscheidet sich von den andern 5 Standortgebieten in dem Sinne, dass der Zugang zum Tiefenlager vom aktuell vorgeschlagenen Standort der Oberflächenanlage aus nicht über einen Schacht erfolgen kann. Der Zugang über eine Rampe bietet dafür den Vorteil, dass die Rampe in den potentiell wasserführenden Schichten (Karstzonen im Malm oder Dogger) ansteigend geführt werden kann. Allfällig eindringendes Wasser würde somit zur Oberflächenanlage fliessen und nicht direkt in den Lagerbereich gelangen.

Etappe 2 lässt bezüglich des Entscheids "Schacht oder Rampe" die Optionen offen

Grundsätzlich ist die Erschliessung des Lagerbereichs mit dem Hauptzugangsbauwerk bei allen sechs untersuchten Standortgebieten sowohl über einen Schacht als auch über eine Rampe möglich. Dabei wird vorausgesetzt, dass auch beim Standortgebiet

JO durch Verlegen der Oberflächenanlage ein Schachtzugang noch nicht ausgeschlossen ist, falls sich dieser aus den Untersuchungen der Etappe 3 als vorteilhaft und damit als erforderlich erweisen würde. Obwohl bei Schacht und Rampe unterschiedliche Gefährdungen zu beachten sind, haben sie in der Etappe 2 des Sachplanverfahrens keinen entscheidenden Einfluss auf die Einengung der Standortgebiete. Eine weitere Verfeinerung oder Quantifizierung der vom Typ des Hauptzugangsbauwerks abhängigen Risiken wäre somit in Etappe 2 nicht stufengerecht. Der definitive Entscheid, ob der Lagerbereich über einen Schacht oder eine Rampe erschlossen wird, soll also unter detaillierter Betrachtung der sicherheitstechnischen Vor- und Nachteile im Rahmen der Projektierung am gewählten Standort erfolgen.

alternative Gestaltung des Zugangsbauwerks als Schacht mit horizontalem Versatz

Im Rahmen der Überprüfung der bautechnischen Risikoanalyse für die Zugangsbauwerke [13] werden die möglichen Wassereinträge als massgebende Gefährdung während der Erstellung und des Betriebs erkannt und untersucht. Dabei könnte eine alternative Gestaltung des Zugangsbauwerks als Schachtlösung mit horizontalem Versatz vorteilhaft sein. Wenn der Schacht nach dem Durchfahren der potentiell wasserführenden Schichten (Karstzonen) versetzt abgeteuft wird, kann ein direkter Fluss des eindringenden Wassers zum Lagerbereich verhindert werden. Mit einer solchen Lösung kann auch die Gefährdung in der Betriebsphase reduziert werden. Der Projektant hat die versetzte Anordnung des Zugangsschachts zwar schon in Betracht gezogen. Sie wird aber in [1] nicht mehr erwähnt und soll in der Etappe 3 des Sachplanverfahrens als Option offen bleiben.

## 2.4 Leitfrage 4: Gefahren und Gefährdungsbilder gemäss SIA 199

*Wurden die Gefahren und Gefahrenbilder der Norm SIA 199, sofern diese auf die dargelegte Anlage übertragbar sind, stufengerecht (Etappe 2 SGT entspricht einer Vorstudie; Etappe 3 SGT entspricht der Projektierungsphase) berücksichtigt?*

### 2.4.1 Vorgehen des Projektanten

SIA 199 als Grundlagendokument verwendet

Der Projektant beginnt seine Analyse der Störfälle mit einem Katalog der auslösenden Ereignisse, die er auch als Gefährdungsannahmen bezeichnet. Als Hauptquellen verwendet er dazu neben den gesetzlichen und behördlichen Vorgaben auch Unterlagen internationaler Organisationen sowie relevante Projektberichte von vergleichbaren Anlagen (Endlagerprojekte, Bergbau, Tunnelbau). Die Norm SIA 199 führt er im Kapitel 2 "Gesetzliche und behördliche Vorgaben" als Grundlagendokument auf.

SIA 199 regelt die Berücksichtigung äusserer Einwirkungen

Die SIA 199 regelt die Erarbeitung von Grundlagen zur Beschreibung der geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Verhältnisse sowie die Beurteilung des Gebirges bei der Projektierung, Ausführung und Nutzung von bergmännisch zu erstellenden Untertagbauten. Dementsprechend stellen die gemäss dieser Norm zu berücksichtigenden Gefahren für die Anlage äussere Einwirkungen dar.

Ereigniskategorien

Zur Erfassung der Einwirkungen von aussen werden einzelne spezifische und voneinander unabhängige auslösende Ereignisse in Ereigniskategorien

zusammengefasst. Diese Ereigniskategorien und die zugehörige typischen Ereignisse werden als E1 bis E12 charakterisiert. Sie werden bezüglich ihrer Einwirkung ausgehend von der Oberfläche (E1 bis E7) und ausgehend von der Geologie (E8 bis E12) separat aufgeführt.

#### Relevante Störfälle

Für die auslösenden Ereignisse beschreibt der Projektant die resultierenden Belastungen. Er identifiziert daraus die relevanten, vertieft zu betrachtenden Störfälle, für welche er die Schäden sowie die schadenstyp-spezifische Konsequenzen charakterisiert.

#### 2.4.2 Beurteilung durch den Prüfenieur

Der Anhang A zeigt die gemäss der Norm SIA 199 zu berücksichtigenden Gefahren und Gefährdungsbilder. Diese werden in der Tabelle 1 mit der Behandlung durch den Projektanten im Arbeitsbericht [1] verglichen.

Gefahren und Gefährdungsbilder gemäss SIA 199	Entsprechende Ereigniskategorie in [1]
<p><b>Gebirge</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Steinfall, Gesteinsablösung</li> <li>- Auflockerung</li> <li>- Niederbruch</li> <li>- Bergschlag</li> <li>- Verformung des Ausbruchsprofils</li> <li>- Instabilität der Ortsbrust</li> <li>- Tagbruch</li> <li>- Oberflächensetzungen</li> </ul>	<b>E12</b>
<p><b>Wasser</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wassereinbruch (z.B. aus offener Kluft, Karstgang, Störzone)</li> <li>- dauernder Wasseranfall</li> <li>- Versagen der Ausbruchsicherung</li> <li>- Versinterung der Entwässerung</li> <li>- Aggressivität des Wassers</li> <li>- Beeinträchtigung von Oberflächengewässer und Grundwasser</li> <li>- Oberflächensetzungen infolge veränderter Wasserdrücke</li> </ul>	<b>E8</b>



Aggressivität des Grundwassers Dies gilt auch für die in [1] nicht untersuchte Gefährdung der Baustrukturen durch die Aggressivität des Grundwassers. Die Grundwasserqualität ist in Etappe 3 standortspezifisch abzuklären. Nach Einschätzung des Prüferingenieurs kann die in der Etappe 2 erfolgte Standorteinengung durch die Ergebnisse dieser Abklärung jedoch nicht infrage gestellt werden.

Gefährdungen aus Gesteinsschichten unterhalb des Wirtgesteins Die Gefährdung durch Volumenzunahme des unterhalb des Wirtgesteins liegenden Bodens infolge Wasseraufnahme wird in [1] nicht standortspezifisch beurteilt. Ebenfalls wird auf potentielle Verkarstungen des unterhalb des Wirtgesteins liegenden Muschelkalks nicht eingegangen. Nach Ansicht des Prüferingenieurs darf diesbezüglich auf die Etappe 3 verwiesen werden.

## 2.5 Leitfrage 5: Gefährdungsannahmen der UVEK-Verordnung

*Wurden die Gefährdungsannahmen der UVEK-Verordnung [12], sofern diese auf die dargelegte Anlage übertragbar sind, stufengerecht (Etappe 2 SGT entspricht einer Vorstudie; Etappe 3 SGT entspricht der Projektierungsphase) berücksichtigt?*

### 2.5.1 Vorgehen des Projektanten

Katalog der auslösenden Ereignisse, Ereigniskategorien Der Projektant beginnt seine Analyse der Störfälle mit einem Katalog der auslösenden Ereignisse, die er auch als Gefährdungsannahmen bezeichnet. Als Hauptquellen verwendet er dazu neben den gesetzlichen und behördlichen Vorgaben auch Unterlagen internationaler Organisationen sowie relevante Projektberichte von vergleichbaren Anlagen (Endlagerprojekte, Bergbau, Tunnelbau). Die Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [12] wird nebst vielen anderen namentlich als Quelle aufgeführt. Die Gefährdungsannahmen gemäss Art. 4.1a und 4.1b von [12] schliesst der Projektant mit der folgenden Begründung aus seinen Betrachtungen aus: *"Die für Kernanlagen geforderte "Kontrolle der (nuklearen) Reaktivität" und "Kühlung der Kernmaterialien und der radioaktiven Abfälle" ist für die Diskussion der Betriebssicherheit der Untertageanlage nicht von Bedeutung, da die nukleare Reaktivität zuverlässig begrenzt und Kritikalität in jedem Fall ausgeschlossen werden kann sowie die Wärmeleistung der einzulagernden Abfälle zum Zeitpunkt der Einlagerung nach der Zwischenlagerung stark abgeklungen ist. Daher werden diese beiden Schutzziele in diesem Bericht nicht weiter diskutiert."*

Einwirkungen von aussen Zur Erfassung der Einwirkungen von aussen werden einzelne spezifische und voneinander unabhängige auslösende Ereignisse in Ereigniskategorien zusammengefasst. Diese Ereigniskategorien und die zugehörigen typischen Ereignisse werden als E1 bis E12 charakterisiert. Sie werden bezüglich ihrer Einwirkung ausgehend von der Oberfläche (E1 bis E7) und ausgehend von der Geologie (E8 bis E12) separat aufgeführt.

Einwirkungen von innen Für die Einwirkungen von innen werden einzelne spezifische und voneinander unabhängige auslösende Ereignisse in Ereigniskategorien zusammengefasst (E13 bis E18).

relevante Störfälle Für die auslösenden Ereignisse beschreibt der Projektant die resultierenden Belastungen. Er identifiziert daraus die folgenden drei relevanten, vertieft zu betrachtenden Störfälle, für welche er die Schäden sowie die schadenstyp-spezifische Konsequenzen charakterisiert:

- \_ Flugzeugabsturz mit Kerosinbrand
- \_ Förder- und Handhabungsmittelunfall mit anschliessendem Brand
- \_ Wassereintrich aus Karstsystem oder Störungszone

### 2.5.2 Beurteilung durch den Prüflingenieur

In der Tabelle 2 werden die im Anhang B dieses Berichts dargestellten Gefährdungsannahmen gemäss der UVEK-Verordnung mit deren Behandlung durch den Projektanten im Arbeitsbericht [1] verglichen.

Gefährdungsannahme gemäss UVEK-Verordnung	Entsprechende Ereigniskategorie in [1]
<b>Innere Auslöser</b> - Reaktivitätsstörungen - Brand - Überflutung - Komponentenversagen - Fehlhandlungen Personal, fehlerhafte Handhabung - Versagen Betriebssystem - Versagen Sicherheitssystem - Explosion - Absturz schwerer Lasten	- --- - E16 - E18 - E14 - E13 - E14 - E17 - E13, E14
<b>Äussere Auslöser</b> - Erdbeben, Erdbeben - Überflutung - Flugzeugabsturz - Extreme Wetterbedingungen - Blitzschlag - Explosionen - Brand	- E2, E9, E10 - E1, E8 - E5 - E6 - E6 - E4 - E3

Tabelle 2 Gefährdungsannahmen der UVEK-Verordnung und deren Behandlung in [1]

Gefährdungsannahmen gemäss UVEK-Verordnung berücksichtigt, soweit für SGT Etappe 2 relevant

Es ist ersichtlich, dass die Gefährdungsannahmen gemäss UVEK-Verordnung in der Untersuchung des Projektanten berücksichtigt werden, mit Ausnahme der Reaktivitätsstörungen. Die sicherheitstechnische Beherrschung der Reaktivität sowie auch der Wärmeabfuhr aus den Lagerbehältern während der Betriebsphase muss mit dem Rahmenbewilligungsgesuch nachgewiesen werden. Dieser Nachweis hat keinen Einfluss auf die mit der Etappe 2 verfolgte Zielsetzung "Einengung der Standortregionen".

Stufengerecht für Etappe 2 SGT

Für die Beurteilung, ob die Gefährdungen stufengerecht behandelt werden, steht das Kriterium der Einengung der Standortregionen im Vordergrund.

- \_ Die Störfälle mit Ursprung innerhalb der Anlage sind nicht von der Standortregion abhängig. Deren Beherrschbarkeit hat somit keinen Einfluss auf das Ergebnis der Etappe 2 des Sachplanverfahrens.
- \_ Von den Störfällen mit Ursprung ausserhalb der Anlage können vor allem die Ereignisse "Erdbeben, Erdbeben" und "Überflutung (Wasser- oder Schlammeinbruch)" standortspezifische Unterschiede aufweisen. Für deren Beurteilung wird hier auf Kapitel 2.2 verwiesen.

- \_ Auch die Eintretenshäufigkeit eines Flugzeugabsturzes auf ein Zugangsbauwerk kann standortspezifische Unterschiede aufweisen. Gemäss ENSI-Richtlinie G04 ist unabhängig von dieser Häufigkeit eine Störfallanalyse zum Nachweis der Einhaltung des Dosisrichtwerts durchzuführen. Daraus folgt, dass die Zugangsbauwerke gegen Flugzeugabsturz ausgelegt werden müssen und somit diese Gefährdung kein massgebendes Kriterium für die Einengung der Standortregionen darstellt.
- \_ Die UVEK-Verordnung [12] legt die Häufigkeit für die zu bewertenden Störfälle aus Naturereignissen mit  $\geq 10^{-4}$  pro Jahr fest. Die Quantifizierung der Ereignishäufigkeiten ist in der vorliegenden Etappe 2 allerdings noch nicht sinnvoll möglich. Sie soll stufengerecht in der folgenden Etappe 3 des SGT erfolgen.

Der Prüfenieur folgert aus diesen Überlegungen, dass die Gefährdungsannahmen gemäss der UVEK-Verordnung stufengerecht berücksichtigt worden sind.

## 2.6 Leitfrage 6: Hinweise für Lagerauslegung und –design

*Ergeben sich aus den Betrachtungen zum Normalbetrieb sowie zur Störfallbeherrschung Hinweise auf die zukünftige Lagerauslegung bzw. an das Lagerdesign (zum Beispiel doppelte Lüftungsanlage, parallele Zugangsbauwerke, spezifische Distanz des Schacht-/Rampenfusses zu den Lagerkammern etc.)?*

### 2.6.1 Vorgehen des Projektanten

Im Rahmen der Analyse der Störfälle zeigt der Projektant die vorgesehenen sicherheitsgerichteten Massnahmen zur Vermeidung bzw. Beherrschung der Störfälle auf. Er zeigt ein mögliches Massnahmenprogramm auf, welches auf die untersuchten Schadenstypen bezogen ist. Viele der zahlreichen Massnahmen werden direkte Auswirkungen auf die Lagerauslegung haben.

### 2.6.2 Beurteilung durch den Prüfenieur

Aus den vorliegenden Sicherheitsbetrachtungen der Etappe 2 erweist sich die Gefährdung durch einen Wassereintritt, beispielsweise verursacht durch die Lage eines Zugangsbauwerks im Einflussbereich eines Karstsystems, als nicht abschliessend einschätzbar. Ergänzend zu den in [1] aufgezeigten Sicherheitsmassnahmen empfiehlt der Prüfenieur deshalb, die folgenden Konfigurationsvarianten in die Untersuchungen der Etappe 3 einzubeziehen (siehe dazu Kap. 2.3 Leitfrage 3):

- \_ Als alternative Gestaltung des Zugangsbauwerks kann eine Schachtlösung mit horizontalem Versatz vorteilhaft sein. Wenn der Schacht nach dem Durchfahren der potentiell wasserführenden Schichten (Karstzonen) versetzt abgeteuft wird, kann ein direkter Fluss des eindringenden Wassers zum Lagerbereich verhindert werden.
- \_ Im Standortgebiet Jura-Ost (JO) bietet sich die Möglichkeit, das Tiefenlager vom vorgeschlagenen Standort der Oberflächenanlage aus über eine Rampe zu erschliessen, welche in den potentiell wasserführenden Schichten (Karstzonen im Malm oder Dogger) ansteigend geführt wird. Allfällig eindringendes Wasser würde somit zur Oberflächenanlage fliessen und nicht direkt in den Lagerbereich gelangen. Falls mit einer solchen Lösung auch auf Schächte verzichtet werden kann, welche die Karstzonen durchstossen, kann das Risiko eines Wasser- oder Schlammeneintritts in der Betriebsphase praktisch ausgeschlossen werden.

sicherheitsgerichtete  
Massnahmen zur Vermeidung  
bzw. Beherrschung der Störfälle

Empfehlung:  
weitere Konfigurationsvarianten in  
die folgenden Untersuchungen  
einbeziehen

### 3. Schlussfolgerung

#### 3.1 Gesamtbeurteilung des Prüfindgenieurs

Stufengerechte  
Sicherheitsbetrachtungen,  
Methodik ist "state-of-the-art"

Der Prüfindgenieur beurteilt die in [1] dokumentierten ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke im Rahmen der Etappe 2 des Sachplanverfahrens als stufengerecht. Sie sind nachvollziehbar und erfüllen die Forderungen des ENSI gemäss [7]. Sie werden in dem Sinne als vollständig beurteilt, dass die für die Einengung der Standortgebiete massgebenden Störfälle untersucht wurden. Die angewendete Methodik entspricht einem zeitgemässen, sicherheitsgerichteten Vorgehen.

Vertiefung in Etappe 3 mit  
Schwerpunkt "Wassereintrich  
aus Karstsystemen"

Die Bearbeitung der Störfallanalyse wird in der folgenden Etappe 3 vertieft. Die in der Etappe 2 erfolgte Einengung auf zwei weiter zu untersuchende Standortgebiete wurde nicht massgeblich durch die hier beurteilten ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke beeinflusst. Es kann allerdings nicht ganz ausgeschlossen werden, dass aufgrund des Informationsstands der Etappe 2 Standortgebiete zurückgestellt wurden, die bezüglich der geologischen Hauptgefährdung Wassereintrich weniger gefährdet sind als die ausgewählten Standortgebiete. Dies ist für das Standortgebiet Nördlich Lägern nicht zu erwarten, da dort die höchsten Bergwasserdrücke erwartet werden.

#### 3.2 Empfehlungen

vertiefte Untersuchungen in  
Etappe 3 SGT

In den folgenden Projektierungsarbeiten der Etappe 3 werden die hier beurteilten ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke vertieft. Dabei sind aufgrund des vorliegenden Prüfergebnisses die folgenden Gefährdungen besonders zu untersuchen.

- \_ Karstsysteme im Umfeld der Zugangsbauwerke sind zu erkunden. Die daraus resultierende Gefahr eines Wasser- oder Schlammeneintrich ist zu beurteilen. Massnahmen zur Vermeidung bzw. Beherrschung dieses Störfalls sind festzulegen.
- \_ Es soll vermieden werden, dass ein Zugangsbauwerk durch eine regionale seismische Störungszone geführt wird.
- \_ Die verschiedenartigen Risiken sind derart zu charakterisieren, dass sie miteinander vergleichbar werden. Damit soll eine ausgewogene Beurteilung von Gefährdungen aus unterschiedlichen Risikobereichen (z.B. nukleare Sicherheit, Brandschutz, Arbeitssicherheit, Umweltschutz) angestrebt werden.
- \_ In einer Gesamtbetrachtung aller Risiken soll auch die Sicherheit gegenüber mutwilligen Störungen und Angriffen während des Betriebs (Security-Aspekte) eingeschlossen werden.

weitere Konfigurationsvarianten in  
die Untersuchungen der Etappe 3  
einbeziehen

Ergänzend zu den in [1] aufgezeigten Sicherheitsmassnahmen empfiehlt der Prüfindgenieur, die folgenden Konfigurationsvarianten in die Untersuchungen der Etappe 3 einzubeziehen:

- \_ Gestaltung des Zugangsbauwerks als Schachtlösung mit horizontalem Versatz nach dem Durchfahren der potentiell wasserführenden Schichten
- \_ In den potentiell wasserführenden Schichten ausschliesslich ansteigend geführte Rampen, als Zugangs- oder Lüftungsbauwerke im Standortgebiet Jura-Ost.

## Anhang A

### Gefahren und Gefährdungsbilder gemäss Empfehlung SIA 199 [11]

GEBIRGE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steinfall, Gesteinsablösung</li> <li>• Auflockerung</li> <li>• Niederbruch</li> <li>• Bergschlag (Festgestein)</li> <li>• Verformung des Ausbruchprofils</li> <li>• Instabilität der Ortsbrust</li> <li>• Tagbruch</li> <li>• Oberflächensetzungen</li> </ul>
WASSER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wassereinbruch (z.B. aus offener Kluft, Karstgang, Störzone)</li> <li>• dauernder Wasseranfall</li> <li>• Versagen der Ausbruchsicherung bzw. des definitiven Ausbaus infolge Wasserdruck</li> <li>• Versinterung der Entwässerung</li> <li>• Aggressivität des Wassers (Einwirkung auf Beton, Metall, Kunststoff usw.)</li> <li>• Beeinträchtigung von Oberflächengewässern, Grundwasservorkommen sowie von Grundwasser- und Quelfassungen (Versiegen von Quellen, Verunreinigungen usw.)</li> <li>• Oberflächensetzungen infolge Grundwasserabsenkung bzw. Veränderung des Wasserdruckes</li> </ul>
GEBIRGE + WASSER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niederbruch oder Tagbruch infolge Wasserdruck</li> <li>• Instabilität als Folge innerer Erosion</li> <li>• Schlammeinbruch (z.B. aus Störzone, Karstgang)</li> <li>• Instabilität infolge Bodenverflüssigung oder Gesteinsentfestigung (z.B. durch Wasseraufnahme bei tonigen Gesteinen)</li> <li>• Verformungen infolge Änderung des Porenwasserdruckes</li> <li>• Volumen- bzw. Druckzunahme des Bodens bzw. Gesteins infolge Wasseraufnahme (Quellen)</li> </ul>
GAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasexplosion infolge kontinuierlichem oder plötzlichem Zuströmen von Gasen aus dem Gebirge (Gasmuttergestein oder Gasspeichergestein, Ausbläser beim Anfahren einer Kluft, Ausgasung nach Sprengung)</li> <li>• Vergiftung beim Zuströmen giftiger Gase wie H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub></li> <li>• Erstickung infolge Sauerstoffmangel (Abtransport des Sauerstoffs im Wasser, Austritt von Gasen, Oxydation des Gesteins)</li> </ul>
WEITERE GEFÄHRDUNGEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hoher Quarzgehalt (Silikose)</li> <li>• asbesthaltiges Gestein</li> <li>• Rutschungen, Sackungen, Kriechbewegungen, neotektonische Bewegungen</li> <li>• Altlasten</li> <li>• Erschütterungen, Körperschall</li> <li>• Gebirgs- und Wassertemperatur</li> <li>• Radioaktivität</li> <li>• Erdbeben</li> </ul>
GEFÄHRDUNGEN ÜBER TAG (Portale, Installationsplätze usw.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lawinen, Eissturz</li> <li>• Steinschlag, Felssturz</li> <li>• Rutschung, Murgang</li> <li>• Hochwasser, Überflutung</li> <li>• Sturm, Fallwinde</li> </ul>

## Anhang B

### Gefährdungsannahmen gemäss UVEK-Verordnung [12]

#### Art. 4 Gefährdungsannahmen für Störfälle mit Ursprung innerhalb der Anlage

1 Der Gesuchsteller oder der Bewilligungsinhaber hat für folgende Störfälle mit Ursprung innerhalb der Anlage mindestens die jeweils genannten Auswirkungen zu berücksichtigen und zu bewerten:

- \_ a. Reaktivitätsstörungen: Leistungsexkursionen, Bestrahlung;
- \_ b. Brand: heisse Gase, Rauch und Wärmestrahlung;
- \_ c. Überflutung: Staudruck auf Gebäude und Kurzschlüsse in elektrischen Anlagen;
- \_ d. Komponentenversagen: mechanische Einwirkungen auf Bauwerke und Anlageteile;
- \_ e. Fehlhandlungen des Personals: direkte Freisetzung radioaktiver Stoffe, Auslösung von Störfällen sowie Erschwerung der Störfallbeherrschung;
- \_ f. Fehlerhafte Handhabung von radioaktivem Material: Kontamination;
- \_ g. Versagen oder Fehlfunktion von Betriebssystemen: Auslösung von Störfällen;
- \_ h. Versagen oder Fehlfunktion von Sicherheitssystemen: Auslösung von Störfällen und Verletzung der Integrität von Barrieren;
- \_ i. Explosionen: Druckwelle, Wärmestrahlung und Brand;
- \_ j. Absturz schwerer Lasten: Beschädigung von Strukturen oder Komponenten.

2 Er hat bei den Auswirkungen eine Gefährdung durch übergreifende Einwirkungen, insbesondere bei anlageinternen Bränden, Explosionen, Dampfausströmungen und Überflutungen, zu berücksichtigen und zu bewerten.

3 Er hat anzunehmen, dass sich brennbare Stoffe entzünden, sofern diese nicht besonders geschützt sind. In inertisierten Anlagenbereichen ist kein Brand zu unterstellen.

4 Er hat bei der Bestimmung der Gefährdung durch Überflutungen neben dem Inventar der direkt betroffenen Wasser führenden Systeme auch automatische Nachspeisemöglichkeiten zu berücksichtigen.

#### Art. 5 Gefährdungsannahmen für Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage

1 Der Gesuchsteller oder der Bewilligungsinhaber hat für folgende Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage mindestens die jeweils genannten Auswirkungen zu berücksichtigen und zu bewerten:

- \_ a. Erdbeben: Bodenerschütterungen, Bodensetzungen, Erdbeben, Zerstörung in der Nähe befindlicher Anlagen, welche die Sicherheit der Kernanlage gefährden können und Verlust von nicht erdbebenfesten Hilfs- und Versorgungssystemen, Brand und Überflutung;
- \_ b. Überflutung: Flutwellenwirkung auf Gebäude, Eindringen von Wasser in Gebäude und Unterspülung von Gebäuden;

- \_ c. Flugzeugabsturz: durch den Absturz induzierte Erschütterung von Anlageteilen, Treibstoffbrand (inkl. Rauchentwicklung), Explosionen und Trümmerwirkung;
- \_ d. Extreme Wetterbedingungen: Verlust von nicht gegen diese Bedingungen ausgelegten Hilfs- und Versorgungssystemen sowie Druck- und Temperaturbelastung von Gebäuden;
- \_ e. Blitzschlag: Spannungseintrag in elektrische Einrichtungen;
- \_ f. Explosionen: Druck- und Hitzewelle;
- \_ g. Brand: heisse Gase, Rauch und Wärmestrahlung.

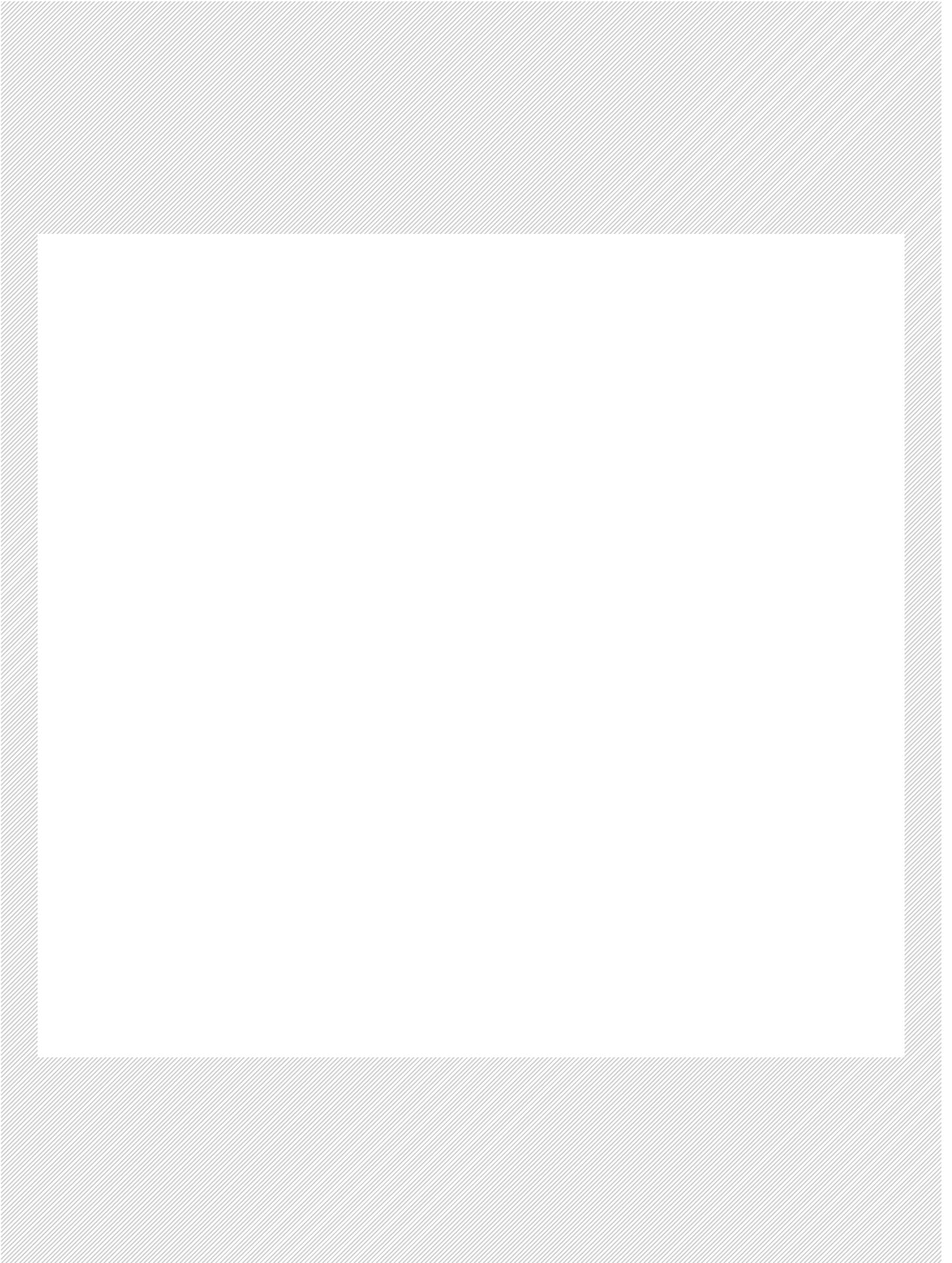
2 Er hat bei den anzunehmenden Auswirkungen eine Gefährdung durch übergreifende Einwirkungen zu berücksichtigen und zu bewerten.

3 Er hat die Gefährdungen aus Störfällen, die durch Naturereignisse ausgelöst werden, insbesondere durch Erdbeben, Überflutung und extreme Wetterbedingungen, mit Hilfe einer probabilistischen Gefährdungsanalyse zu ermitteln. Hierbei sind die aus aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen gewonnenen historischen Daten sowie absehbare Veränderungen der massgebenden Einflussgrössen zu berücksichtigen und zu bewerten.

4 Er hat für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen durch Naturereignisse ausgelöste Störfälle Gefährdungen mit einer Häufigkeit grösser gleich  $10^{-4}$  pro Jahr zu berücksichtigen und zu bewerten.

5 Er hat für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen Flugzeugabsturz den zum Zeitpunkt des Baubewilligungsgesuchs im Einsatz befindlichen militärischen oder zivilen Flugzeugtyp zu berücksichtigen, der unter realistischen Annahmen die grössten Stosslasten auf Gebäude ausübt.







ENSI 33/458

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 56 460 84 00, E-Mail [Info@ensi.ch](mailto:Info@ensi.ch), [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)