

Vergleichende Analyse der tschechischen Endlagerkriterien

Gutachten im Auftrag der Landesregierungen von
Oberösterreich und Niederösterreich

Darmstadt,
21.07.2017

Mit redaktionellen Korrekturen vom 28.03.2018

Autorinnen und Autoren

Dipl.-Geol. Stefan Alt
Dipl.-Ing. Beate Kallenbach-Herbert
Dr.-Ing. Veronika Ustohalova

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
Zusammenfassung	7
1. Veranlassung	9
2. Überblick über das tschechische Endlagerverfahren	10
2.1. Akteure	10
2.2. Aktuelle Gesetzgebung und zentrale Anforderungen an die Endlagerung	11
2.2.1. Atomgesetz und zugehörige Erlasse	11
2.2.2. Entsorgungskonzept für radioaktive Abfällen und abgebrannte Brennelemente	12
2.3. Das grundsätzliche Endlagerkonzept in Tschechien	12
2.4. Bisheriger Ablauf des Auswahlprozesses in Tschechien	13
2.4.1. Die Suche nach Endlagerstandorten in den Jahren 1990 - 2001	13
2.4.2. Neustart der Suche nach Endlagerstandorten in den Jahren 2002 - 2009	14
2.4.3. Fortsetzung der Standortsuche 2009 - 2017	15
2.4.4. Aktuelle Planung für die nahe Zukunft	16
3. Etappen der Standortauswahl in Tschechien	18
3.1. Etappe 1 - Konzeption und Planung	18
3.2. Etappe 2 - Bewertung der Standortgebiete	20
3.3. Etappe 3 - Charakterisierung der Standortgebiete	25
3.3.1. Projekt Geobariéra	25
3.3.2. Vorbereitungen zu vertieften geologischen Erkundungen	26
3.3.3. Projekt „Moldanubikum“ zu Standortoptionen in der Nähe der Kernkraftwerke	27
4. Aktueller Stand des Auswahlverfahrens	28
4.1. Der mittelfristige Forschungs- und Entwicklungsplan 2015 - 2025	28
4.1.1. Hauptuntersuchungsbereiche	29
4.1.2. Nationale und internationalen Projektvorhaben	30
4.2. Einordnung des Kriterien-Leitfadens	31
4.2.1. Dokumentversionen	31
4.2.2. Zweckbestimmung und Stellung im Verfahren	31
4.2.3. Methodik	32
4.2.4. Diskurs zum Kriterien-Leitfaden innerhalb der „Arbeitsgruppe zum Dialog über das geologische Endlager“ (PS)	33

4.3.	Wesentliche Inhalte und Ziele des Kriterien-Leitfadens	34
5.	Endlagerverfahren in Finnland, Schweden, Schweiz und Deutschland	37
5.1.	Finnland	37
5.1.1.	Das finnische Standortauswahlverfahren	37
5.1.2.	Geologische Standortauswahlkriterien	42
5.1.3.	„Umweltbezogene“ Standortauswahlkriterien	44
5.2.	Schweden	45
5.2.1.	Das schwedische Standortauswahlverfahren	45
5.2.2.	Standortauswahlkriterien im schwedischen Verfahren	46
5.3.	Schweiz	49
5.3.1.	Das Schweizer Standortauswahlverfahren	49
5.3.2.	Kriterien im Auswahlverfahren	49
5.4.	Deutschland	52
5.4.1.	Das deutsche Standortauswahlverfahren	52
5.4.2.	Geowissenschaftliche Ausschlusskriterien	53
5.4.3.	Geowissenschaftliche Mindestanforderungen	53
5.4.4.	Geowissenschaftliche Abwägungskriterien	54
5.4.5.	Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien	54
6.	Gesamtbewertung	56
6.1.	Bewertung übergeordneter Aspekte	56
6.1.1.	Geplante Vorgehensweise im tschechischen Standortauswahlverfahren	56
6.1.2.	Das tschechische Endlagerkonzept	58
6.1.3.	Die Sicherheitsphilosophie	59
6.1.4.	Informationsqualität	60
6.2.	Bewertung der im Kriterien-Leitfaden der SÚRAO angesprochenen „Anforderungen, Eignungsindikatoren und Kriterien“	60
6.2.1.	Grundanforderungen ((SÚRAO 2015d), Kap. 2)	61
6.2.2.	Design-bezogene Indikatoren ((SÚRAO 2015d), Kap. 5)	62
6.2.2.1.	Machbarkeit der Untertageanlagen ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.1)	62
6.2.2.2.	Machbarkeit der Übertageanlagen ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.2)	63
6.2.2.3.	Kosten ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.3)	64
6.2.3.	Sicherheitsbezogene Indikatoren und Kriterien ((SÚRAO 2015d), Kap. 6)	64
6.2.3.1.	Langzeitsicherheit ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2)	64
6.2.3.2.	Betriebssicherheit ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.4)	68

6.2.4.	Umweltbezogene Indikatoren ((SÚRAO 2015d), Kap. 7), sozioökonomische Aspekte und Akzeptanzfragen ((SÚRAO 2015d), Kap. 8)	69
6.3.	Fazit	70
7.	Literaturverzeichnis	72
8.	Anhang	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	27 Standortgebiete, Stand 1991 (Kříž et al. 1991) mit Ergänzung um weitere zwei Regionen (Nr. 30/31) nach (Woller et al. 1998)	19
Abbildung 3-2:	Konzept zum schrittweisen Vorgehen bei der Standortauswahl nach (Piskač et al. 2003)	21
Abbildung 3-3:	Gebiete mit voraussichtlich günstigen geologischen Bedingungen	22
Abbildung 3-4:	Standortvorschlag von (Piskač et al. 2003) mit Eingrenzung durch SÚRAO	25
Abbildung 4-1:	Standortoptionen 2016	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Phasen/Zwischenziele der geologischen Endlagerung	12
Tabelle 8-1:	Überblick über Standortgebiete im Verlauf des Auswahlverfahrens, Etappe 1 und 2	77
Tabelle 8-2:	Beispiel einer tabellarischen Bewertung von Standortmerkmalen für neun Standortoptionen	78

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Tschechischer Name	Englische oder deutsche Erklärung
ČEZ	České energetické závody	Tschechischer Energieversorger (CEZ Group)
ČBÚ	Český báňský úřad	Tschechische Bergbaubehörde
ČGS (ČGÚ)	Česká geologická služba (ehem. Český geologický ústav)	Staatlicher geologischer Dienst in Tschechien
CVUT Prag	České vysoké učení technické v Praze	Technische Universität Prag
DIAMO	DIAMO, státní podnik Stráž pod Ralskem	DIAMO Staatsbetrieb (Uranbergbau und Uranerz-Aufbereitung)
IAEA		International Atomic Energy Agency
ICRP		International Commission for Radiation Protection
NAGRA		Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
MH	Ministerstvo hospodářství České republiky	Ehem. Wirtschaftsministerium der Tschechischen Republik 1992 - 1996
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky	Ministerium für Industrie und Handel
MŽP	Ministerstvo životního prostředí České republiky	Umweltministerium
PS	Pracovní skupina pro dialog o hlubinném úložišti	Working Group on Dialog on Deep Geological Repository
PÚZZK	Průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kury	Untersuchungsgebiet für „spezifische Eingriffe in die Erdkruste“
PVP Bukov	Podzemní výzkumné pracoviště Bukov	Untertagelabor Bukov
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost České republiky	State Office for Nuclear Safety of the Czech Republic
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů	Radioactive Waste Repository Authority
ŠKODA JS a.s.	ŠKODA Jaderné strojírenství a.s.	ŠKODA kerntechnischer Maschinenbau
ÚJV Řež	ÚJV Řež, a. s. - Ústav jaderného výzumu Řež	Nuclear Research Institute Řež
WATRP		Waste Management Assessment and Technical Review Program of IAEA
ZUPA	zájmové území povrchového areálu	In der Fläche ausgewiesenes Interessengebiet

Zusammenfassung

Im Auftrag der Landesregierungen von Niederösterreich und Oberösterreich hat das Öko-Institut den aktuellen Stand des tschechischen Auswahlverfahrens für ein Endlager für im Wesentlichen hoch radioaktive Abfälle mit Fokus auf die dort angewendeten Kriterien analysiert.

Zentrales Dokument der Prüfung war der von SÚRAO 2015 für die aktuelle Phase der Standortauswahl veröffentlichte Kriterien-Leitfaden. Um den Kontext richtig abzubilden, werden die maßgeblichen Akteure, der gesetzliche Rahmen und das tschechische Endlagerkonzept beschrieben. In die Recherche wurden neben englischsprachigen Veröffentlichungen auch tschechische Original-Quellen einbezogen. Als Vergleichsbasis wurden die Standortauswahlverfahren in Finnland, Schweden, der Schweiz und Deutschland in Bezug auf die dort genannten Kriterien berücksichtigt.

Das tschechische Endlagerkonzept zielt auf ein Endlager im kristallinen Wirtsgestein und verweist im Kern auf ähnliche Konzepte wie in Skandinavien. Es übernimmt aber hinsichtlich der Behältertechnologie für hoch radioaktive Abfälle das Konzept eines auf Stahl basierenden Containers aus der Schweiz, welches für ein Endlager in Tongestein konzipiert wurde. Inwieweit das tschechische Konzept hinsichtlich der Gewährleistung der Langzeitsicherheit vergleichbar ist mit dem skandinavischen Konzept und den dort vorgesehenen Kupferbehältern, bleibt unklar.

Die im tschechischen Standortauswahlverfahren verfolgte Sicherheitsphilosophie zielt, anders als z.B. in Deutschland, nicht (erkennbar) darauf ab, den im Hinblick auf die Sicherheit *bestmöglichen* Standort zu finden. Stattdessen werden Standorte bei Einhaltung der Sicherheitsanforderungen als *geeignet* und damit sicherheitstechnisch gleichwertig angesehen. Diese können dann unter nicht-sicherheitsbezogenen Gesichtspunkten miteinander verglichen und hierarchisiert werden.

Die Standortauswahl in Tschechien hat eine Vorgeschichte, die Anfang der 1990er Jahre beginnt. Aktuell stehen insgesamt neun Standortoptionen in der Diskussion, von denen sechs aus dem bisherigen Auswahlverfahren hervorgegangen sind. Drei weitere Standortoptionen im Umfeld einer ehemaligen Uranmine und der beiden tschechischen Kernkraftwerksstandorte wurden in den vergangenen Jahren zusätzlich in die Auswahl aufgenommen und werden derzeit mit geprüft.

Die tschechischen Endlagerkriterien dienen im derzeitigen Prozess der weiteren Eingrenzung der bereits vorausgewählten Optionen auf letztlich zwei Standortgebiete. Diese Eingrenzung soll bis 2020 erfolgen. Der Kriterien-Leitfaden enthält hierzu eine thematisch abdeckende Aufzählung an Indikatoren und Kriterien für eine Standortauswahl. Die Schwierigkeiten liegen vor allem in ihrer Anwendung und Gewichtung bei der Bewertung der vorhandenen Standortoptionen. Die zentralen, auf die Langzeitsicherheit ausgerichteten Merkmale sollen im derzeitigen Kenntnisstand, ohne unmittelbare Informationen aus den jeweiligen Endlagerbereichen, weitgehend anhand oberflächennaher Erkenntnisse, generischer Annahmen und standortfremder Analogieschlüsse abgeschätzt werden. Ob ein weiterer Kenntnisgewinn im Sinne der angekündigten, aber noch nicht durchgeführten Erkundungsmaßnahmen bis zum Jahr 2020 gelingen kann, scheint aus heutiger Sicht zumindest sehr fraglich. Wenn der geringe standortspezifische Kenntnisstand dazu führt, dass die sicherheitsbezogenen Standortmerkmale nicht weiter differenziert werden und die Standorte deshalb als gleich gut geeignet angesehen werden, können die nicht sicherheitsbezogenen Ausschlusskriterien einen unzulässig großen Einfluss auf die Standortauswahl erlangen. Eine sicherheitsbasierte Standortauswahl wäre in diesem Fall nicht gewährleistet.

Für den weiteren Verlauf sind aus unserer Sicht folgende Anforderungen an das tschechische Standortauswahlverfahren zu stellen:

- Nachweis, dass das Zusammenspiel der technischen Barrieren (Supercontainer und Bentonitbuffer) mit einem kristallinen Wirtsgestein zu einer mindestens gleichwertigen Langzeitsicherheitsprognose führen kann wie das skandinavische Endlagerkonzept.
- Durchführung standortbezogener Erkundungsprogramme vor einer weiteren Eingrenzung der Standortoptionen mit dem Ziel einer begründbaren Differenzierung der Standortoptionen nach sicherheitlichen Merkmalen.
- Klares Bekenntnis zum Primat der Sicherheit, klare Regelung zum sicherheitsgerichteten Umgang mit Interessens- bzw. Zielkonflikten.
- Klare Regelung der nachrangigen Bedeutung und Anwendung nicht-sicherheitsbezogener Indikatoren und Kriterien.

Für das weitere Engagement der Landesregierungen von Niederösterreich und Oberösterreich im tschechischen Standortauswahlverfahren ist es daher empfehlenswert, die tschechische Argumentation bei der weiteren Eingrenzung der Standortoptionen darauf hin zu prüfen, dass die Standortoptionen primär nach sicherheitlichen Merkmalen eingestuft werden und dass nicht unmittelbar auf die Endlagersicherheit bezogene Kriterien und Indikatoren explizit nachrangig herangezogen werden. Ferner ist zu empfehlen, die zur standortbezogenen Bewertung verwendeten Daten daraufhin zu prüfen, ob sie tatsächlich standortspezifisch gewonnen wurden und als Grundlage für eine qualifizierte Bewertung geeignet sind.

1. Veranlassung

Für die im Betrieb der tschechischen Kernkraftwerke entstehenden hoch radioaktiven Abfälle wird in Tschechien nach einem Standort für ein Endlager gesucht, in dem geschätzte 10.000 tSM an abgebranntem Kernbrennstoff endgelagert werden sollen. Die Standortauswahl hat zuletzt zu einer Anzahl von sieben potenziellen Endlagerstandorten geführt, von denen sechs Standorte, ebenso wie die beiden tschechischen Kernkraftwerkstandorte, nur wenige 10er km von der österreichischen Grenze und den dortigen Bundesländern Oberösterreich und Niederösterreich entfernt liegen. Derzeit werden in Tschechien weitere Überlegungen angestellt mit dem Ziel, diese Auswahl noch im Jahr 2017 um zwei weitere potenzielle Standorte in unmittelbarem Umkreis um Dukovany und Temelín zu ergänzen. In den Folgejahren soll die Auswahl dann auf zunächst zwei Standorte eingeeengt werden. Einer dieser Standorte soll bis 2025 als nationaler Endlagerstandort benannt werden, das Endlager selbst etwa im Jahr 2065 in Betrieb gehen.

Aufgrund der Grenznähe der in der Auswahl befindlichen Standorte ergibt sich aus Sicht der Regierungen von Oberösterreich und Niederösterreich eine Betroffenheit ihrer Bundesländer von potenziellen grenzüberschreitenden Auswirkungen des zukünftigen Endlagers. Sie haben daher ein unmittelbares Interesse an einer unter dem Primat der Sicherheit durchgeführten Standortsuche in Tschechien.

Vor diesem Hintergrund haben die Regierungen von Ober- und Niederösterreich das Öko-Institut e.V. mit einer vergleichenden Analyse der tschechischen Endlagerkriterien beauftragt. SÚRAO hat diesbezüglich im Mai 2015 ein Dokument (SÚRAO 2015a) mit Kriterien für die Standortauswahl veröffentlicht, das Grundlage der Analyse sein sollte. Im Juli folgte eine formal angepasste Version (SÚRAO 2015c). Das Dokument liegt auch in einer offiziellen englischen Übersetzung vor (SÚRAO 2015d), die wir primär für unsere Analyse verwendet haben.

Unsere Recherchen haben ergeben, dass die Bewertung des Kriterien-Leitfadens auch seine Einordnung in den Verfahrenskontext des tschechischen Standortauswahlverfahrens erfordert. Zu diesem Zweck haben wir ergänzend auch tschechische Original-Quellen herangezogen. Das nachfolgende Gutachten widmet sich in Kapitel 2 zunächst den am Prozess der Standortauswahl beteiligten nationalen Akteuren, dem gesetzlichen Rahmen sowie dem zugrunde gelegten Endlagerkonzept und vollzieht den bisherigen Ablauf der Standortauswahl in Tschechien nach. Kapitel 3 behandelt die in den bisherigen Etappen der Standortwahl verwendeten Kriteriensätze.

In Kapitel 4 wird der aktuelle Stand des tschechischen Standortauswahlverfahrens anhand der hierfür zentralen Dokumente beleuchtet. Kapitel 5 verweist als Vergleichsbasis auf ähnliche Prozesse in Finnland, Schweden, Deutschland und der Schweiz, bevor in Kapitel 6 eine Gesamtbewertung der tschechischen Endlagerkriterien vorgenommen wird.

2. Überblick über das tschechische Endlagerverfahren

2.1. Akteure

Unmittelbare an der Standortsuche beteiligte Akteure in Tschechien sind

- SÚRAO¹: als Verfahrensträger und Genehmigungsinhaber verantwortlich für den Betrieb sämtlicher Entsorgungsanlagen für radioaktive Abfälle inklusive der bereits bestehenden oberflächennahen Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Im Auftrag der tschechischen Regierung führt SÚRAO die Standortauswahl für das Endlager für hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente durch. SÚRAO ist eine staatliche Organisation unter der Kontrolle des Ministeriums für Industrie und Handel (MPO). Die Aufgaben und die Finanzierung von SÚRAO sind im Atomgesetz (ACT No. 263/2016 (Czech Parliament 2016)) definiert.
- SÚJB²: für alle kerntechnischen Anlagen und damit verbundenen Aktivitäten zuständige Regulierungs- und Genehmigungsbehörde. Die Befugnisse und die Zuständigkeiten des SÚJB sind im Atomgesetz (früher ACT No. 18/1997 Coll. (Czech Parliament 1997) bzw. aktuell ACT No. 263/2016 Coll. (Czech Parliament 2016)) spezifiziert. Das SÚJB ist eine unabhängige staatliche Behörde, hat einen eigenständigen Haushalt und ist unmittelbar dem tschechischen Premierminister unterstellt.
- Ministerium für Industrie und Handel (MPO): erstellt und aktualisiert das tschechische Entsorgungskonzept für abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfällen, und nimmt die nationalen Berichtspflichten gegenüber der Europäische Union wahr.
- Umweltministerium (MŽP): zeichnet für Fragen der Umweltverträglichkeit zuständig.
- Finanzministerium (MF): verwaltet die Finanzen im Zusammenhang mit Entsorgung radioaktiver Abfälle in einem Nuklearfond.
- ČEZ (Czech Power Company): ist als Betreiber der Kernkraftwerke zur Bildung von Rückstellungen für den Nuklearfonds (u.a. zur Finanzierung der Errichtung des Endlagers) verpflichtet³.
- Soweit zuständig, z.B. zu Fragen der Raumplanung oder des Bergrechts, werden nachgeordnete Behörden (Baubehörde, Bergbaubehörde) in das Verfahren einbezogen.
- „Arbeitsgruppe zum Dialog über das geologische Endlager“ (PS⁴): Sie wurde 2010 ins Leben gerufen mit dem Ziel, mehr Transparenz in den Prozess der Standortauswahl zu bringen und die Beteiligung der Öffentlichkeit zu verbessern (PS 2015a). Mitglieder sind SÚJB und SÚRAO, MPO und MŽP, Vertreter des tschechischen Parlaments, Vertreter der betroffenen Gemeinden und NGOs⁵, sowie Fachexperten und ein Rechtsexperte. Seit 2015 ist die ursprünglich unabhängige Arbeitsgruppe als Beratungsgremium dem Regierungsrat für Energie- und Rohstoffstrategie der Tschechischen Republik untergeordnet. Die Vertreter des NGO-Verbands Zelený Kruh haben ihre Mitgliedschaft in der PS Ende 2016 aufgekündigt. Begründet haben sie dies damit,

¹ SÚRAO (Správa úložišť radioaktivních odpadů, <https://www.surao.cz/en>)

² SÚJB (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, SÚJB, <https://www.sujb.cz/en/>)

³ <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/czech-republic.aspx>

⁴ PS (Pracovní skupina pro dialog o hlubinném úložišti, PS, <https://www.surao.cz/en/dgr/working-group-for-dialogue-on-the-deep-geological-repository>)

⁵ vertreten sind bzw. waren: Zelený Kruh (Verband tschechischer ökologischer NGOs, <http://www.zelenykruh.cz/en/>), OS Zachovalý kraj (Bürgervereinigung einer betroffenen Gemeinde, <https://www.zachovalykraj.cz/>), Calla (<http://calla.cz/index.php?lang=eng>, Mitglied im Verband Zelený kruh)

dass das MPO und die Vertreter der staatlichen Organe die Vorschläge der Arbeitsgruppe weitgehend ignorieren.

- In den Prozess der Standortauswahl sind heute außerdem verschiedene technisch-wissenschaftliche Institutionen involviert. ÚJV Řež⁶ leistet Forschungs- und Ingenieurarbeiten und ist u.a. im Untertagelabor PVP Bukov aktiv. Das staatliche Bergbauunternehmen DIAMO⁷ arbeitet auf dem Gebiet der Sanierung der Hinterlassenschaften des tschechischen Uranbergbaus, aber auch im Bereich der Kernbrennstoffversorgung. Gegenwärtig ist DIAMO in verschiedene Projekte zur geologischen Analyse im Rahmen der Standortauswahl und in den Aufbau des Untertagelabors PVP Bukov involviert. Der tschechische geologische Dienst ČGS⁸ unterstützt SÚRAO als geowissenschaftlicher Kompetenzträger im Standortauswahlprozess und ist selbstverständlich ebenfalls im Untertagelabor PVP Bukov involviert. Die Fakultät für Bauwesen der Universität Prag (CVUT Prag) beteiligt sich u.a. an Versuchen im Technikums-Maßstab im sogenannten Mock-Up Josef zur Erprobung der Bohrlochlagerung.

2.2. Aktuelle Gesetzgebung und zentrale Anforderungen an die Endlagerung

2.2.1. Atomgesetz und zugehörige Erlasse

Befugnisse und Zuständigkeiten der Institutionen wurden im tschechischen Atomgesetz (ACT No. 18/1997 Coll. vom 24 Januar 1997, (Czech Parliament 1997)) festgelegt, das am 1. Januar 2017⁹ durch ein novelliertes Atomgesetz ersetzt wurde (ACT No. 263/2016 Coll. vom 14. Juli 2016, (Czech Parliament 2016)). Mit der Atomgesetznovelle traten auch neue Erlasse in Kraft, unter anderem der Erlass No. 378/2016 Coll. (SÚJB 2016b) über die Standortsuche nuklearer Anlagen in Tschechien, welcher den bis dato geltenden Erlass 215/1997 Coll ersetzt. Dies ist insofern von Bedeutung, als der unserer Prüfung zugrunde gelegte Kriterien-Leitfaden (SÚRAO 2015d) aus dem Jahr 2015 stammt, bezüglich des novellierten Rechtsrahmens also einer Aktualisierung bedürfen wird.

Die Behandlung radioaktiver Abfälle und der Rückbau kerntechnischer Anlagen sind Gegenstand des Erlasses No. 377/2016 Coll. (SÚJB 2016a). Hier werden u.a. die Lagerung und Entsorgung sowie die Stilllegung von Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle geregelt.

Der Erlass No. 378/2016 (SÚJB 2016b) zur Standortsuche definiert in § 18 Anforderungen an Untersuchungsumfang und Methoden für die Beurteilung des potenziellen Endlagerstandortes. Ausschlaggebend sind demnach die Transport- und Rückhalte-mechanismen im Wirtsgestein unter Berücksichtigung der erforderlichen technischen Barrieren. Der Erlass konkretisiert die Anforderungen an die grundlegenden Charakteristiken von Standort und Gesteinseigenschaften. Der Vorgängererlass 215/1997 Coll (SÚJB 1997) hatte die Grundanforderungen in Form von Ausschlusskriterien und Abwägungskriterien behandelt, diese sind im aktuellen Erlass No. 378/2016 (SÚJB 2016b) als solche nicht mehr vorhanden, sondern werden in Form von Grundanforderungen in einzelnen Paragraphen festgelegt.

⁶ ÚJV Řež, a. s (Ústav jaderného výzumu Řež, <http://www.ujv.cz/en/>)

⁷ DIAMO, state enterprise, Stráž pod Ralskem, <http://www.diamo.cz/en/>

⁸ ČGS (Česká geologická služba, <http://www.geology.cz/extranet/vav/environmentalni-technologie/radioaktivni-odpady>)

⁹ im Rahmen der Umsetzung der Richtlinie 97/43/Euratom des Rates vom 25. Juni 2009

2.2.2. Entsorgungskonzept für radioaktive Abfällen und abgebrannte Brennelemente

Das tschechische Entsorgungskonzept¹⁰ beschreibt Zuständigkeiten und Strategien bei der nuklearen Entsorgung inklusive der geologischen Endlagerung. Das zuständige Ministerium MPO hat die erste Version des Konzepts im Mai 2002 veröffentlicht (MPO 2002), in 2014 erfolgte eine Aktualisierung (MPO 2014), die aber noch nicht endgültig verabschiedet ist. Das Konzept definiert das Entsorgungsziel, nennt Meilensteine bis zum Jahr 2025 und gibt einen Ausblick bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Obwohl das Verfahren zur endgültigen Verabschiedung noch nicht abgeschlossen wurde, berufen sich sämtliche nach 2014 veröffentlichten Dokumente auf die dort festgelegten Zwischenziele, die in der aktuellen Fassung wie folgt formuliert werden (Tabelle 2-1):

Tabelle 2-1: Phasen/Zwischenziele der geologischen Endlagerung

No.	Objective	Milestone/ Responsible
8	To ensure the safe storage of SNF, HLW and LILW not acceptable at near-surface repositories until the commissioning of the deep geological repository.	Continuously/ producers, SÚRAO
9	To select at least 2 suitable candidate locations for DGR construction and submitting the result together with the positions of the communities concerned to the Government for approval.	2020/SÚRAO
10	To develop, approve and manufacture transportation-storage containers for vitrified waste from the reprocessing of SNF from the LVR-15 research reactor.	2022/producers
11	To develop the design and safety documentation required for the issuance of a decision on the final site (with community consent) and submission of an application for land protection at the selected site.	2025/SÚRAO
12	Commencement of the construction of an underground laboratory at the final site.	2030/SÚRAO
13	Commencement of the construction of the deep geological repository.	2050/SÚRAO
14	Commencement of deep geological repository operation.	2065/SÚRAO

Quelle: (MPO 2014)

2.3. Das grundsätzliche Endlagerkonzept in Tschechien

Das tschechische Endlagerkonzept sieht die Endlagerung abgebrannter Brennelemente sowie sonstiger radioaktiver Abfälle, die nicht den Anforderungen der bestehenden oberflächennahen Endlager entsprechen, in einem kristallinen Wirtsgestein in einer Tiefe von ca. 500 m vor. Radioaktive Abfälle sollen in Betoncontainern in Lagerkammern endgelagert werden. Im mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsplan (SÚRAO 2015b) ist als Grundlage für die Endlagerplanung eine Schätzung der einzulagernden Abfallmengen enthalten: 12.000 t an abgebrannten Brennelementen (mit rd. 7.700 t SM), etwa 1 m³ hochradioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen aus Forschungsreaktoren und etwa 4.300 t schwach- und mittelradioaktive Abfälle sollen im zukünftigen Endlager untergebracht werden. Für abgebrannte Brennelemente ist eine Endlagerung vertikal in Bohrlöchern oder horizontal in sog. Supercontainern vorgesehen.

¹⁰ engl.: Concept of Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management in the Czech Republic

Unter dem „Supercontainer“ wird ein Stahlcontainer verstanden, der sich in einem Bentonitmantel befindet. Der eigentliche Stahlcontainer ist zweilagig aufgebaut: die äußere Ummantelung besteht aus Kohlenstoffstahl, die innere aus rostfreiem Edelstahl¹¹. Hierbei fällt auf, dass keine dickwandigen Kupferbehälter vorgesehen sind, wie sie bei den fortgeschrittenen Endlagerkonzepten im Kristallin in Schweden und Finnland Anwendung finden. Das Konzept des „Supercontainers“ ist eigentlich typisch für Endlagerkonzepte in Tonstein, bei denen das Wirtsgestein maßgeblich zur langfristigen Rückhaltung von Radionukliden beiträgt. In Kristallin hat die Integrität des Behälters über lange Zeiträume aufgrund der zu unterstellenden Wechselwirkung mit Grundwasser eine höhere Bedeutung, weshalb hier die Verwendung korrosionsstabilerer Kupferbehälter den Stand von Wissenschaft und Technik darstellt.

2.4. Bisheriger Ablauf des Auswahlprozesses in Tschechien

2.4.1. Die Suche nach Endlagerstandorten in den Jahren 1990 - 2001

Bis zum Ende der 1980er Jahre bestand die Entsorgungsstrategie für abgebrannte Brennelemente in Tschechien in der Rückgabe zur Entsorgung an die damalige Sowjetunion, von wo auch die unbestrahlten Brennelemente geliefert wurden (ČSKAE 1987). Eine Verpflichtung zur Rück- oder Übernahme von Abfällen aus der Sowjetunion war damit nicht verbunden. Daher war die Frage eines geologischen Endlagers für hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente in der damaligen Tschechoslowakei zunächst von untergeordneter Bedeutung. Erst mit dem Zerfall des Ostblocks 1989 und der 1991 folgenden Aufhebung des Abkommens über die Rückgabe der abgebrannten Brennelemente an die Sowjetunion ergab sich die Notwendigkeit eines nationalen geologischen Endlagers.

In der Zeit zwischen 1991 und 1993 wurde die Problematik im Rahmen des Vorhabens ÚSP RVT A 01-159-812 („Optimalizace systému zneškodňování RAO“ - Optimierung des Systems zur Entsorgung radioaktiver Abfälle) im nationalen Kontext erörtert. An dieses Vorhaben knüpfte 1993 ein weiteres staatliches Projekt zur Vorbereitung eines Endlagers an. Das Projekt wurde durch den sog. „Rat der Sechs“ (MH, MPO, MŽP, SÚJB, ČEZ, ÚJV Řež) gesteuert und durch ÚJV Řež koordiniert.

Arbeiten zur Identifizierung potentiell geeigneter Regionen wurden schwerpunktmäßig seit 1991 durch den damaligen geologischen Landesdienst (ČGÚ) durchgeführt. Das ČGÚ hat ausgehend von regional-geologischen Informationen und vorhandenen geologischen Karten des tschechischen Territoriums zunächst 27 geeignete Gebiete benannt. Diese Gebiete (siehe Abbildung 3-1 in Kap. 3.1 und Tabelle 8-1 im Anhang) umfassten neben Kristallingesteinen verschiedener Ausprägung auch ein sedimentäres Mergelsteinvorkommen (vgl. auch Abbildung 3-3 in Kap. 0). Die wesentlichen Ergebnisse sind in (Kříž et al. 1991) zusammengefasst.

Weitere Folgeprojekte befassten sich ebenfalls mit der Auswertung geologischer Unterlagen und waren eingebettet in eine umfangreiche geologische Landesaufnahme (z.B. in (ČGÚ 1997-99). Auf dieser Basis wurden Kristallinformationen als prioritäre Wirtsgesteinsoptionen identifiziert.

Ein Standort im Melechovský Massiv bei Dolní Město wurde für repräsentative Materialuntersuchungen und Methodenentwicklungen im kristallinen Wirtsgesteinstyp ausgewählt. In diesem Zusammenhang wurde 1992 erstmals auch die Expertise der schwedischen SKB einbezogen. Diese geologischen Untersuchungen liefen bis 2006 (ČGS 2011).

¹¹ Broschüre Hlubinné úložiště, SÚRAO 2016, <https://www.SÚRAO.cz/data/original/files/pr/brozury/brozura-hlubinne-uloziste-2016.pdf>, s.a.: <https://www.SÚRAO.cz/data/original/files/dgr/deep-geological-repository-project-design.pdf>

1993 war der Stand der tschechischen Endlagerforschung erstmals Gegenstand einer Review-Mission der IAEA im Rahmen des damaligen „Waste Management Assessment and Technical Review Program“ (IAEA-WATRP 1998). Mitglieder des Peer-Review-Teams waren Vertreter aus Frankreich, Deutschland, Schweden, der Schweiz und den Vereinigten Staaten. Das Team hat vor allem Empfehlungen hinsichtlich der Anpassung des Regelwerks, einer klaren Zuordnung der Zuständigkeiten und der Einbindung der Öffentlichkeit formuliert.

Die Veröffentlichung der IAEA Leitlinie „Siting of Geological Disposal Facilities - A Safety Guide“. (Safety Series No. 111-G-4.1. (IAEA 1994a) wurde in Tschechien zum Anlass genommen, den Standortauswahlprozess formal einer dieser Leitlinie entsprechenden Struktur anzupassen.

Die seit 1994 vom „Rat der Sechs“ gesteuerte Fortsetzung der geologischen Untersuchungen unter der Federführung von ÚJV Řež basierte ein weiteres Mal im Wesentlichen auf der Auswertung von Archivdaten¹². Die Arbeit knüpfte an (Kříž et al. 1991) und deren Folgeprojektvorhaben an. Ziel war es, die bis dato getroffene Auswahl weiter einzuengen. Hierbei hat sich die Ansicht verfestigt, dass sich in Tschechien ausschließlich plutonische (granitoide) Kristallinvorkommen des Böhmisches Massivs für ein Endlager eignen würden. Insgesamt wurden zwölf Regionen mit granitischen Gesteinen und eine Region mit einem ultrabasischen Gesteinsvorkommen für eine weitere Analyse ausgewählt. Im Ergebnis empfahlen die Autoren acht Standortgebiete zur weiteren Analyse (Woller et al. 1998; SÚRAO 2004b).

Die Ergebnisse dieser Bewertung wurden erst in 2001 einer breiteren Öffentlichkeit, insbesondere den betroffenen Kommunen, zugänglich. Weil die bis dahin durchgeführten Arbeiten kaum in der Öffentlichkeit diskutiert wurden, und weil die Bekanntmachung vor allem über die Medien erfolgte, stieß die Vorgehensweise auf massiven öffentlichen Protest. SÚRAO musste daraufhin eine vollständige Überarbeitung veranlassen. In dieser erneuten Bewertung sollte eine komplexe Analyse der geologischen Randbedingungen unter Berücksichtigung gesetzlicher Anforderungen an die Standortauswahl nuklearer Anlagen und unter Abwägung möglicher Interessenskonflikte, sozio-ökonomischer Aspekte und örtlicher Infrastruktur durchgeführt werden (Piskač et al. 2003).

2.4.2. Neustart der Suche nach Endlagerstandorten in den Jahren 2002 - 2009

Die von SÚRAO veranlasste Revision der Standortauswahl ist in (Piskač et al. 2003) beschrieben. Unter Verweis auf das tschechische Atomgesetz sollte im Abwägungsprozess ein Primat von Anforderungen der kerntechnischen Sicherheit und des Strahlenschutzes gegenüber anderen Anforderungen gelten (SÚRAO 2004a). In Anlehnung an den IAEA Safety Guide 111-G-4.1. (IAEA 1994a) wurden neben geowissenschaftlichen Kriterien auch Interessens- oder Zielkonflikte, sozio-ökonomische Aspekte sowie Anforderungen der Infrastruktur einbezogen. In einem abgestuften Verfahren wurden in der ersten Vorauswahl elf Standortgebiete ausgewählt und nach Bewertung der Vor- und Nachteile zwei Varianten der Eingrenzung auf 8“+1“ bzw. „6+1“¹³ Standortgebiete vorgeschlagen.

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen des nationalen Entsorgungskonzepts für radioaktive Abfälle (MPO 2002). In diesem Entsorgungskonzept wurden auch Ablauf und Meilensteine der Standortauswahl für das geologische Endlager konkretisiert. Demnach war vorgesehen, bis zum Jahr 2015 zwei Standorte auszuwählen und aus diesen bis 2025 den endgültigen Standort festzulegen. Diese Zeitpunkte wurden später aufgrund von Verzögerungen im Auswahlverfahren ange-

¹² Woller et al. 1998: „Kritická rešerše archivovaných geologických informací („Kritische Recherche archivierter geologischer Informationen“)

¹³ siehe diesbezüglich Kap. 3.2

passt und dabei die Eingrenzung auf die zwei verbleibenden Standortoptionen zunächst auf das Jahr 2018 verschoben.

Im Jahr 2003 hat SÚRAO im Projekt Geobariéra (Geobariéra 2006) erstmals konkrete Studien zur vorläufigen Bewertung und Charakterisierung von Standortgebieten veranlasst, hierbei wurden oberflächliche bzw. oberflächennahe geologische Erkundungsmaßnahmen an sechs potenziell als geeignet angesehenen Standortgebieten begonnen. Alle sechs Standortgebiete¹⁴ wiesen granitische Gesteinsformationen auf. Begründet wurde die Konzentration auf diesen Gesteinstyp mit einer Fokussierung der fachlichen und finanziellen Ressourcen auf das für tschechische Verhältnisse vielversprechendste Endlagerkonzept. Die Auswahl der sechs Standorte sollte offiziell keine prinzipielle Ablehnung anderer Standorte bedeuten, vielmehr wurde ein Rückgriff auf zurückgestellte Standorte offen gelassen.

2004 fand ein zweites IAEA Peer Review mit Vertretern aus Deutschland, Finnland, Frankreich und der Schweiz statt (SÚRAO 2004b). Die seit dem vorangegangenen Peer Review 1994 gemachten Fortschritte wurden anerkannt, es wurde aber auch darauf hingewiesen, dass sich das Standortauswahlverfahren nach wie vor in einer frühen Phase befinde. Es wurden einige Empfehlungen hinsichtlich der technischen Aspekte des Endlagerkonzepts und des zukünftigen Sicherheitsnachweises ausgesprochen. Zu den technischen Aspekten der Standortauswahl wurden keine Anmerkungen formuliert. (SÚRAO 2004a).

Der andauernde Protest der betroffenen Öffentlichkeit führte schließlich zu einem fünfjährigen Moratorium, beginnend im Jahr 2004. Lediglich die Auswertung der im Rahmen des Projektes Geobariéra erzielten Ergebnisse wurde noch bis 2005 fortgesetzt. Im Zusammenhang mit dem Moratorium hat SÚRAO den Fokus weiterer Tätigkeiten zunächst auf den Kommunikationsprozess mit der Öffentlichkeit gerichtet¹⁵. Neue Informationsunterlagen wurden veröffentlicht und Informationsveranstaltungen für die betroffenen Gemeinden durchgeführt (IPPA 2012).

2.4.3. Fortsetzung der Standortsuche 2009 - 2017

Nach der Beendigung des Moratoriums in 2009 wurden MPO und SÚRAO von der Regierung mit der Fortsetzung der Standortsuche für das geologische Endlager beauftragt. Zu den bereits im Projekt Geobariéra als vielversprechend angesehenen sechs Standortgebieten wurden zwei weitere in die engere Auswahl einbezogen: Boletice (ein Truppenübungsplatz) und Kraví hora (in der Nähe von Rožná, der letzten damals noch in Betrieb befindlichen Uranmine Mitteleuropas, vgl. Abbildung 4-1 in Kap. 4.2.2). Boletice hat sich aber nach ersten Untersuchungen als geologisch ungeeignet erwiesen und wurde daher nicht weiter als Option verfolgt. Insofern waren zu diesem Zeitpunkt also sieben Standorte in der engeren Wahl.

Zur Bewertung der geologischen Verhältnisse waren im nächsten Schritt oberflächenbasierte geologische Erkundungsmaßnahmen zur Ermittlung der Ausdehnung potenziell geeigneter geologischer Strukturen vorgesehen. Für diese und die danach folgenden Untersuchungen mit Tiefbohrungen ist nach tschechischem Recht eine gesonderte Genehmigung des Umweltministeriums MŽP für „spezifische Eingriffe in die Erdkruste“ (PÚZZK) im jeweiligen Untersuchungsgebiet erforderlich (Kališová 2016). Die Erkundungsarbeiten sollten vom Staatsbetrieb DIAMO durchgeführt werden. In seinem Vorhabenplan für den Zeitraum ab 2012 (SÚRAO 2011) hat SÚRAO den ersten Schritt der Eingrenzung auf vier Standorte auf den Zeitraum nach 2016 verschoben, die Auswahl

¹⁴ Lodhéřov, Budišov, Blatno, Božejovice, Pačejov, Rohozná

¹⁵ Mehrere Europäische Forschungsprojekte sollten die Realisierung von Partizipationsprozessen in Endlagerverfahren in Osteuropa unterstützen: die Wesentlichen waren Argona (Laufzeit 2006 – 2009, http://cordis.europa.eu/pub/fp6-auratom/docs/argona-final-full-report_en.pdf), IPPA (Laufzeit 2011 - 2013, <http://www.ippaproject.eu/>)

von letztlich zwei Standorten auf den Zeitraum nach 2018. Als wesentlicher Grund der Behinderung wurde die ablehnende Haltung der meisten der betroffenen Gemeinden genannt.

In Abstimmung mit MPO sollten die weiteren Untersuchungen daher zunächst auf Kraví Hora konzentriert werden, wo die Verhandlungen mit den betroffenen Gemeinden auf Zustimmung stießen. Vor allem aufgrund der dortigen, mittlerweile zur Schließung vorgesehenen Uranmine und der Erfahrungen des Staatsbetriebs DIAMO als Betreiber dieser Mine gilt dieser Standort offenbar als gute Gelegenheit. Trotz des fehlenden Einverständnisses der anderen betroffenen Gemeinden hat SÚRAO 2013 außerdem auch für die sechs anderen Standortoptionen Anträge zur Festlegung als Untersuchungsgebiet für die oberflächenbasierte Erkundung und Eingriffe in den Untergrund (PÚZZK) gestellt (Kališová 2016). Dieser Schritt hat erneut Widerspruch in den betroffenen Gemeinden hervorgerufen und die Zusammenarbeit zwischen SÚRAO und den betroffenen Gemeinden belastet.

Das Umweltministerium (MŽP) hat 2015 der Festlegung der sieben beantragten Untersuchungsgebiete zugestimmt und Genehmigungen erteilt (Slovák 2016). Die Genehmigung war bis Ende 2016 befristet. Einige Gemeinden haben gegen diese Entscheidung rechtliche Schritte eingeleitet. Unabhängig davon hat SÚRAO mit vorbereitenden Arbeiten begonnen, ein wichtiger Bestandteil waren dabei Maßnahmen zur Werbung um Akzeptanz wie die Präsentation der vorgesehenen Arbeiten in der Öffentlichkeit.

Einer von SÚRAO beantragten Verlängerung der Genehmigung hat das Umweltministerium aufgrund von Formfehlern allerdings nicht zugestimmt. Die bis Ende 2016 durchgeführten Tätigkeiten umfassten Forschung, Monitoring, Geländeerkundung und Probenahmen. Außerdem wurden standortspezifische geowissenschaftliche Modelle aufgebaut. Durch die Ablehnung der Genehmigungsverlängerung mussten weitere Arbeiten zunächst verschoben werden (SÚRAO 2017a).

Bereits in 2015 hat SÚRAO mit der Betrachtung zweier weiterer Regionen begonnen, die in unmittelbarer Nachbarschaft der Kernkraftwerksstandorte Dukovany und Temelín liegen und die bisher nicht Gegenstand des Standortauswahlprozesses waren (SÚRAO 2016a). In beiden Fällen wird mit dem bereits weit entwickelten Kenntnisstand zur Standortgeologie argumentiert, der auf die Errichtung der Kernkraftwerke zurückgeht. Nach Ansicht von SÚRAO ergibt sich aus dem vorhandenen Kenntnisstand eine den bereits ausgewählten Optionen ähnliche grundsätzliche Eignung. Als weiteres Argument wird die im Umfeld der Kernkraftwerke zu erwartende Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber nuklearen Entsorgungsprojekten angeführt. Diese Argumentation erinnert an Beispiele aus Finnland (s.a. Kap. 5.1) und Schweden (s.a. Kap. 5.2), wo die dortigen Kernkraftwerksstandorte frühzeitig mit ähnlich pragmatischen Begründungen als Standortkandidaten in den Abwägungsprozess aufgenommen wurden und letztlich die Auswahl des Endlagerstandorts bestimmt haben.

2.4.4. Aktuelle Planung für die nahe Zukunft

Nach wie vor sind vertiefte Untersuchungen in den sieben derzeit ausgewählten Standortgebieten Březový potok, Čertovka, Čihadlo, Horka, Hrádek, Magdaléna und Kraví hora geplant¹⁶. Dabei sollen zunächst oberirdische geologische Untersuchungen durchgeführt werden. Hierzu gehören u.a. erneute Kartierungen, hydrogeologische Untersuchungen und in situ-geophysikalische Messungen.

Parallel hierzu laufen geologische Untersuchungen der zusätzlichen Standorte in der Nähe der Kernkraftwerke Temelín und Dukovany (SÚRAO 2016a). Hierzu werden wiederum vor allem die

¹⁶ s.a: <https://www.surao.cz/hlubinne-uloziste/zkoumane-lokality>

bereits existierenden geowissenschaftlichen Daten ausgewertet und ergänzende Geländeuntersuchungen durchgeführt. Im Fall einer positiven Einschätzung werden auch hier Anträge auf die Festlegung als Untersuchungsgebiet gestellt. Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist, dass sich die Leiterin der Regulierungsbehörde SÚJB erst im Dezember 2016 fachöffentlich und unabhängig von der laufenden Prüfung dafür ausgesprochen hat, dass das tschechische Endlager am besten in der Nähe eines der Kernkraftwerke in Temelín oder Dukovany platziert wäre (NE 2016).

In ihrem mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsplan (SÚRAO 2015b)¹⁷ kündigt SÚRAO die Durchführung standortspezifischer Erkundungsprogramme an, die bis 2020 zur Eingrenzung der Optionen auf zwei Standorte führen sollen. Die beiden letzten Standorte sollen bis 2024 vertieft untersucht werden, um letztlich einen der beiden als Standort für die Realisierung des Endlagers und den zweiten als Reserveoption vorschlagen zu können.

SÚRAO hat außerdem angekündigt, die internationale Kooperation auf dem Gebiet der Endlagerforschung zu intensivieren. Neben der Zusammenarbeit mit der französischen ANDRA wurden entsprechende Memoranden oder Kooperationsverträge mit der finnischen POSIVA und der italienischen SOGIN unterzeichnet. Weitere Kooperationen bestehen mit der schwedischen SKB.

In einer Pressemitteilung vom Juli 2016 hat SÚRAO außerdem angekündigt, die zuletzt als nicht prioritär eingeschätzten Standortgebiete Borohrádek, Opatovice-Silvánka, Lodín-Nový Bydžov und Teplá (vgl. Abbildung 3-4) erneut prüfen zu wollen¹⁸. Die drei erstgenannten Standorte liegen östlich von Prag und damit im zentralen bzw. nördlichen Bereich des tschechischen Territoriums, während sich der Standort Teplá im Westen nahe der deutsch-tschechischen Grenze befindet. Diese in zweiter Linie zu prüfenden Standorte gelten als Ersatzlösungen, wenn aus den derzeitigen potentiellen Standorten kein endgültiger Standort ausgewählt werden sollte. Inwieweit diese Prüfung, deren erste Ergebnisse in der Pressemitteilung für Ende 2016 angekündigt wurden, stattgefunden hat, und mit welchem Ergebnis, ist aus den derzeit verfügbaren Unterlagen nicht ersichtlich, jedenfalls finden sich über die zitierte Pressemitteilung hinaus hierzu keine weiteren Dokumente.

¹⁷ SÚRAO 2015b, Kap. 5, S. 35

¹⁸ <https://www.surao.cz/tiskove-zpravy/clanek-275-alternativy-pri-hledani-vhodne-lokality-a-projekt-moldanubikum>

3. Etappen der Standortauswahl in Tschechien

Seit 2004 wird in Tschechien, in Anlehnung an den IAEA Safety Guide Nr. 111-G-4 1 (IAEA 1994a)¹⁹, der Standortauswahlprozess in vier Etappen gegliedert:

1. Konzeption und Planung
2. Bewertung von Standortgebieten
3. Charakterisierung von Standortgebieten
4. Auswahl des Standortes.

Der Standortauswahlprozess befindet sich gegenwärtig nach Ansicht der SÚRAO in Etappe 3. Etappe 4 ist noch nicht erfolgt. In den folgenden Kapiteln werden Methoden und Kriterien der einzelnen Etappen 1 bis 3 der tschechischen Standortauswahl dargestellt.

3.1. Etappe 1 - Konzeption und Planung

Etappe 1 umfasst nach tschechischer Lesart den Zeitraum zwischen 1991 und 1998. Die Standortauswahl in diesem Zeitraum basierte ausschließlich auf der Betrachtung geologischer Aspekte. Potentielle Standortgebiete sollten anhand geeigneter geologischer Bedingungen identifiziert werden. Die erste Auswahl (Kříž et al. 1991) führte zu 27 potenziell geeigneten Standortgebieten (s. Abbildung 3-1). In den verfügbaren Unterlagen sind weder die Kriterien noch die Vorgehensweise oder eine standortbezogene Begründung der Auswahl dokumentiert.

Im Anschluss an diese erste Auswahl begann zunächst eine standortunabhängige Grundlagenforschung zum Wirtsgesteinstyp Kristallin am Teststandort im Melechovský-Massiv (vgl. Kap. 2.4.1). Die Ergebnisse sollten eine wissenschaftliche Grundlage für die weitere Konkretisierung der geologischen Kriterien bei der Standortauswahl bieten. U.a. wurden Transporteigenschaften des Gesteins untersucht und die daraus gewonnenen Daten in einem späteren generischen Referenzprojekt (hypothetischer Endlagerstandort, (Skopový et al. 1999)) und seiner Aktualisierung in 2012 (UJV 2012) genutzt. Der damalige geologische Dienst ČGU entschied sich seinerzeit auf Empfehlung der schwedischen SKB dafür, für Materialuntersuchungen am Kristallingestein keinen der potentiellen Standorte zu nutzen, um durch die Forschungsarbeiten bedingte Störungen der dortigen Gesteinsformationen zu vermeiden. Das Forschungsprojekt im Melechovský-Massiv wurde 1993 gestartet und in 2010 abgeschlossen. Am Teststandort wurden in dieser Zeit Bohrungen niedergebracht und strukturenologische, geophysikalische, geochemische und hydrologische Untersuchungen durchgeführt (Procházka V. 2010).

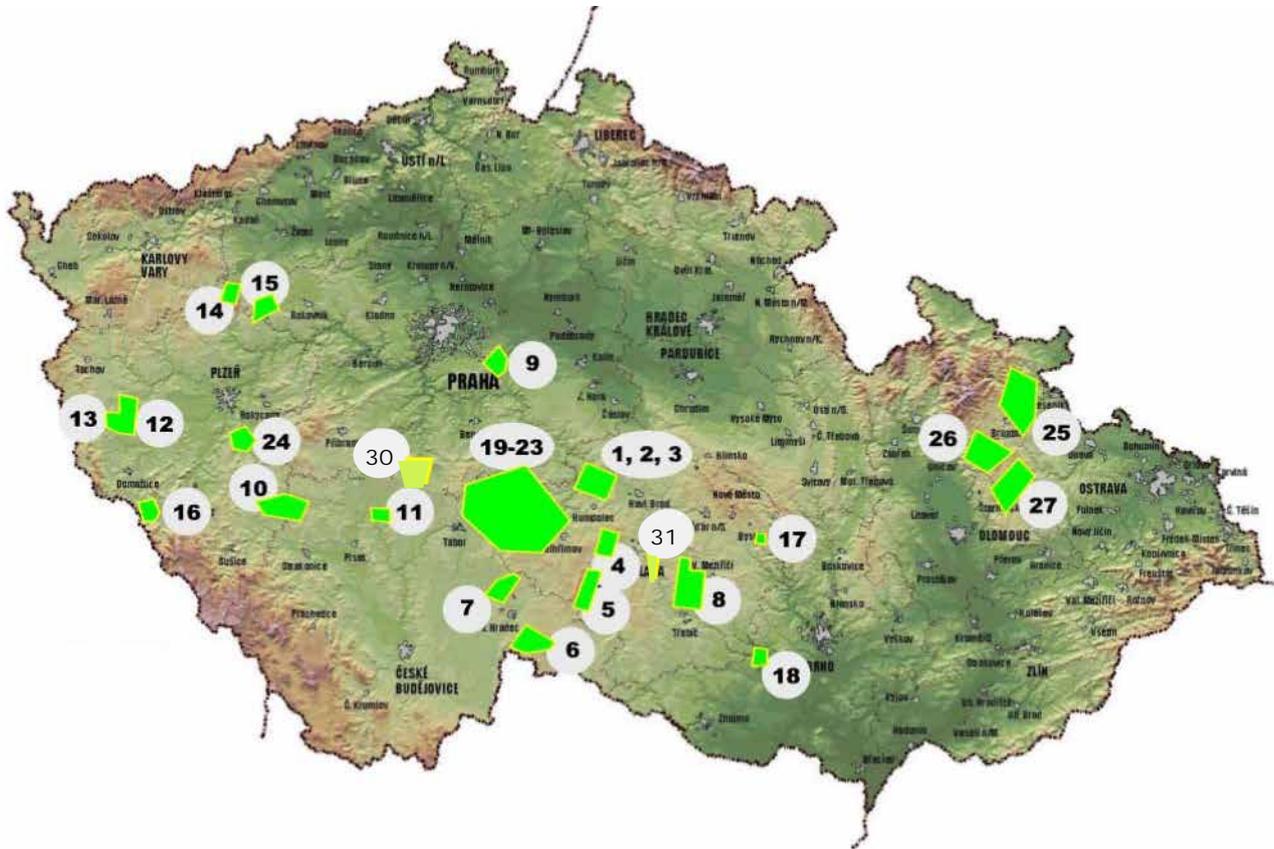
1993 hat das ČGÚ zwei begleitende Arbeiten zu Kriterienentwicklung und Methodik für die Bewertung der geologischen Eigenschaften veröffentlicht, die für die weitere Standortauswahl erforderlich waren:

- Entwurf semiquantitativer Kriterien geologischer Aspekte des Wirtsgesteins eines Endlagers (Zelinka 1993)
- Methodik geologischer Untersuchungsarbeiten für die Wirtsgesteinsstruktur in magmatischen Gesteinen (Procházka et al. 1993)

¹⁹ Zwar ist IAEA 1994a nicht mehr gültig, die vorgenommenen Einteilung in die vier Etappen ist davon aber unabhängig und daher nach wie vor gültig.

Weiterhin wurde ein Grundkonzept für geologische Untersuchungen im Hinblick auf die Suche nach Wirtsgesteinsvorkommen für das Endlager entwickelt.

Abbildung 3-1: 27 Standortgebiete, Stand 1991 (Kříž et al. 1991) mit Ergänzung um weitere zwei Regionen (Nr. 30/31) nach (Woller et al. 1998)



Quelle: nach (SÚRAO 2004b), von den Autoren um Standorte 30 und 31 ergänzt

Für die in der ersten Phase benannten Standortoptionen wurde in einem weiteren Projekt eine vertiefte Recherche geologischer Informationen durchgeführt (Woller et al. 1998). Hierbei sollten im ersten Schritt mit einem hierzu entwickelten Satz an Kriterien alle zugänglichen geologischen Informationen zusammentragen und deren Qualität sowie die Nachvollziehbarkeit der Auswahl der benannten Standortoptionen kritisch bewertet werden. Im Ergebnis wurden Informationsdefizite identifiziert und die fehlenden Informationen soweit möglich ergänzt. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei offenbar auf seismologische Daten gelegt. Die Recherche war nicht auf die bis dato ausgewählten Standortgebiete begrenzt sondern umfasste räumlich das gesamte Böhmisches Massiv sowie die Auswertung von Erfahrungen aus der Untersuchung potenzieller Wirtsgesteinstypen in Staaten außerhalb Tschechiens.

Im Folgenden konzentrierten sich die Arbeiten auf die Methodik zur weitergehenden Bewertung von 13 Regionen, die sich schwerpunktmäßig in granitischen Gesteinsvorkommen befanden (s.a. Tabelle 8-1 im Anhang). Auf Basis vorhandener Informationen (tektonische, petrografische, geochemische, hydrogeologische, ingenieurgeologische, geophysikalische und geodynamische Daten) und (erstmalig dokumentierter) Kriterien war eine engere Auswahl bzw. eine gegenüber (Kříž et al. 1991) weitergehende Präzisierung von Gebieten durchzuführen, die für weitere, nach wie vor

nicht invasive Untersuchungen vielversprechend wären. Die Auswahl war nachvollziehbar zu begründen.

Gegenstand der Eignungsprüfung war dann die Bewertung granitischer Gesteinsvorkommen insbesondere im Hinblick auf räumliche Ausdehnung, Tiefenerstreckung und tektonische Stabilität, sowie Homogenität und geotechnische Eigenschaften der Gesteine. Die vorhandenen Daten wurden hinsichtlich ihrer Qualität und dem Grad der Erkundung des jeweiligen Standorts bewertet und mit einem Satz an Kriterien verglichen. Ca. 1.400 Archivunterlagen mit Auswertung von etwa 2000 Bohrungen wurden analysiert und eine digitale Datenbasis aufgebaut.

Neben einem zweistufigen, rein geowissenschaftlichen Kriteriensatz wurden erstmals auch potenzielle Interessenkonflikte als qualitative Kriterien einbezogen. Hieraus ergaben sich insgesamt folgende Kriteriengruppen:

- **Erste Stufe der Kriterien** - Umfang und Qualität vorhandener Daten, Karten und Bohrungen im Hinblick auf Geologie, Geophysik, Geochemie, Petrografie und Mineralogie, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie und Geotechnik
- **Zweite Stufe der Kriterien** - Beurteilung des jeweiligen Standorts im Hinblick auf
 - Homogenität des Gesteins
 - Tektonische Strukturen, Klüfte, Störungen
 - hydrothermale oder sonstige Alteration des Gesteins
 - Eine hinreichende Tiefenerstreckung, entsprechend der vorgesehenen Tiefe des Endlagers zwischen 500 – 1.000 m unter der Erdoberfläche
 - Seismische Stabilität
- **Interessenkonflikte** - durch besondere Bestimmungen geschützte Interessen (z.B. Schutzgebiete)

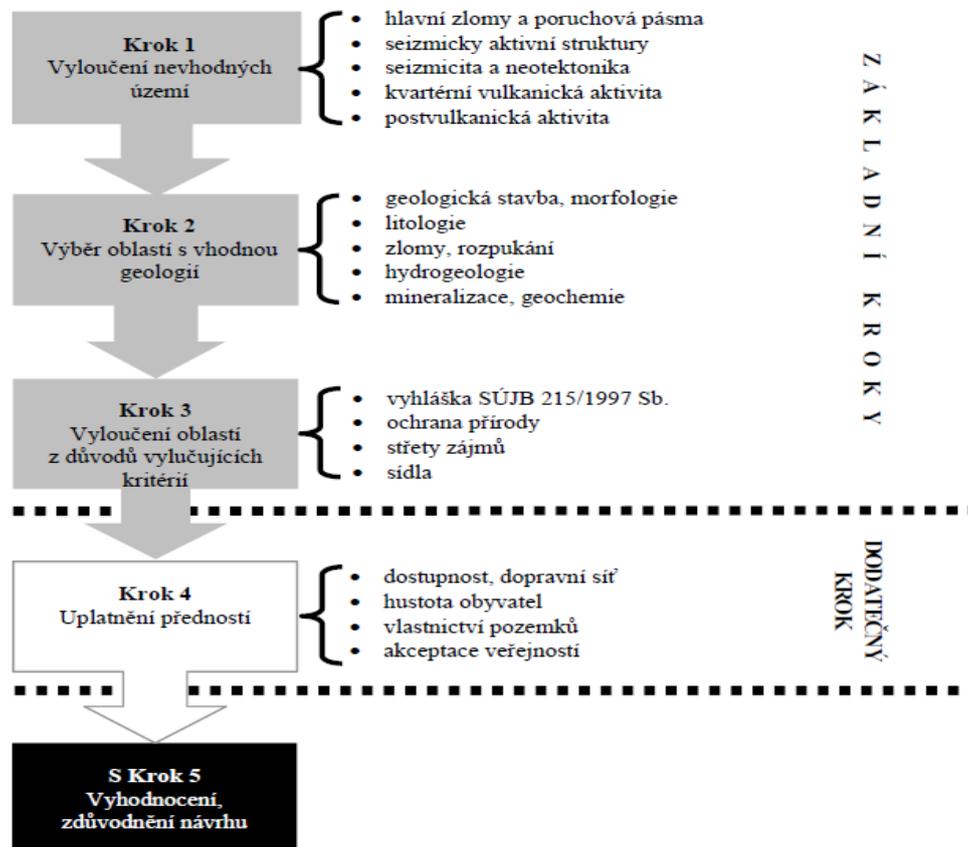
In (Woller et al. 1998) ist die qualitative Bewertung zu jedem Kriterium nach der Bewertungsskala (1–vollständig akzeptabel, 2–noch akzeptabel, 3–nicht mehr akzeptabel) dokumentiert. Die Bewertungen erfolgten auf Basis eines Expert-Judgement. Im Ergebnis empfahlen (Woller et al. 1998) die weitere Analyse von acht Standortgebieten. Die größte Bedeutung hatten dabei die seismologischen Daten, während die geologischen oder hydrogeologischen Verhältnisse in der geplanten Endlagertiefe (500 – 1000 m unter der Erdoberfläche) nicht bewertet werden konnten, da nur Daten aus Bohrungen bis zu Tiefen von maximal ca. 80 m, in Einzelfällen bis zu 100 m vorlagen.

3.2. Etappe 2 - Bewertung der Standortgebiete

In der zweiten Etappe der Standortauswahl erfolgte im Rahmen der Arbeiten von (Piskač et al. 2003) und unterstützender Studien des ČGU eine Bewertung der ausgewählten Standortgebiete. Hierzu wurde ein Fünf-Schritte-Verfahren unter Einbeziehung von geologischen und anderen Kriterien entwickelt (siehe Abbildung 3-2), in welchem geologische Kriterien vorrangig, Interessenkonflikte, sozioökonomische Aspekte sowie Anforderungen der Infrastruktur nachrangig abgeprüft wurden. Dazu wurden bedingte Kriterien, Eignungsindikatoren, Limitierungen (Ausschlusskriterien im engeren Sinne), sowie Parameter für physikalische und chemische Eigenschaften und die Funktionen der Endlagerkompartimente definiert (vgl. (Lorenz et al. 2013)²⁰.

²⁰ deutsche Übersetzung von Informationen aus Piskač et al. 2003 in Lorenz et al. 2013, S. 19 f.

Abbildung 3-2: Konzept zum schrittweisen Vorgehen bei der Standortauswahl nach (Piskač et al. 2003)



Quelle: (Piskač et al. 2003) - zitiert in (Geobariéra 2006)

In (Piskač et al. 2003) wird die grundsätzliche Bedingung des Erlasses SÚJB Nr.215/1997 Coll. (SÚJB 1997) zitiert: für den unterirdischen Teil des Endlagers muss die isolierende Wirkung gegenüber eingelagerten Radionukliden für eine Zeitspanne in der Größenordnung von 10^5 bis 10^6 Jahren aufrechterhalten werden. In (Piskač et al. 2003) wurde außerdem für den Wirtsgesteinstyp Kristallin konzeptionell ein einstöckiges Endlager vorausgesetzt, woraus sich als Grundanforderung ein Flächenbedarf von mindestens $1,5 \times 2,0$ km in 600-800 m Tiefe ableitete. Unterirdischer und oberirdischer Teil des Endlagers sollten möglichst am gleichen Ort, innerhalb eines Umkreises von etwa 5 km, realisiert werden²¹.

1. Schritt: Ausschluss ungeeigneter Regionen aus geologisch-tektonischer Sicht

Grundlage ist eine Analyse von Störungzonen, seismischer Aktivität, vulkanischer und postvulkanischer Aktivität. Das Gesamtgebiet der Tschechischen Republik wurde in Anlehnung an die, eigentlich für die Standortsuche bei Kernkraftwerken formulierten, Anforderungen des IAEA Safety Guide No. 50-SG-S1 (IAEA 1991) hinsichtlich seismisch aktiver tektonischer Strukturen, seismischen Gefährdungen sowie vulkanischer und post-vulkanischer Aktivitäten analysiert. Als Datenbasis diente die vorhandene Literatur sowie ingenieurseismologische Analysen, welche im Rahmen der Betrachtung möglicher Standorte für den Bau kerntechnischer Anlagen in der Zeit zwi-

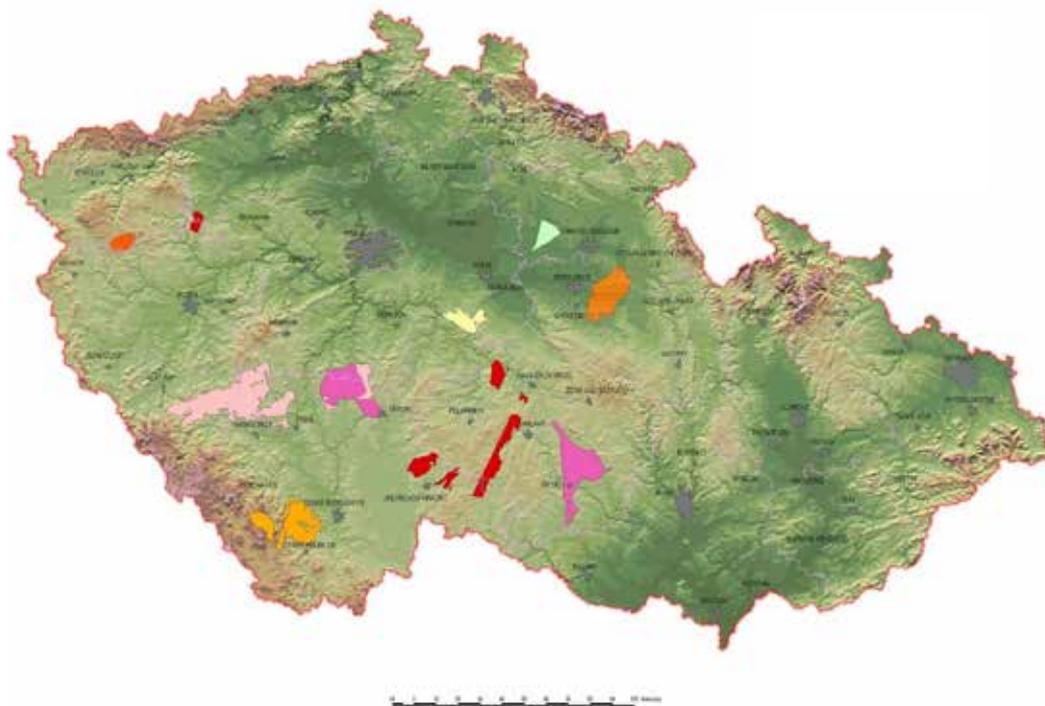
²¹ Lorenz et al. 2013, S. 20

schen 1980 und 2000 durchgeführt wurden. Hieraus ergaben sich i. W. Korridore entlang tektonischer Bruchzonen, die für die weitere Standortauswahl als ungünstig angesehen wurden²².

2. Schritt: Auswahl von Regionen mit vielversprechenden geologischen Bedingungen

Dieser Schritt befasste sich mit der Identifikation geeigneter Wirtsgesteinsvorkommen für das zukünftige Endlager. Geprüft wurden Morphologie, Lithologie, Störungen und Klüftung, Hydrogeologie, Mineralbestand und Geochemie. Betrachtet wurden vulkanische Gesteine, verschiedene Kristallingesteine (Granulit, Orthogneis, Migmatit) sowie Tonstein und Mergelstein. Im Ergebnis wurden Regionen mit vermutlich günstigen geologischen Bedingungen ausgewiesen (s. Abbildung 3-3).

Abbildung 3-3: Gebiete mit voraussichtlich günstigen geologischen Bedingungen



- Kreidezeitliche Mergelsteine
- Granite
- Granite mit kreidezeitlicher Überdeckung
- Granodiorite und Diorite
- Dunkle Granodiorite, Syenite
- Orthogneis und Migmatite
- Granulite
- Zwei-Glimmer Orthogneis

Quelle: nach (SÚRAO 2004b)

²² SÚRAO 2004b, S. 9f

In den Unterlagen zum IAEA Peer Review aus dem Jahr 2004 (SÚRAO 2004b) wurden diesbezüglich einzelne Bedingungen, Indikatoren und Wertebereiche genannt, die für die erste Auswahl eines Wirtsgesteinsvorkommens anhand seiner Eigenschaften ausschlaggebend sein sollten. Neben der Gewährleistung der isolierenden Wirkung für die Zeitspanne von 10^5 bis 10^6 Jahren wurde insbesondere eine wirtsgesteinsabhängige Minimalausdehnung definiert: kristalline Wirtsgesteinsvorkommen sollten eine Fläche von 10 km^2 und eine Tiefenerstreckung bis 1.500 m aufweisen, für Sedimentgesteine wurde eine Fläche von 25 km^2 mit minimaler Mächtigkeit von 100 m als erforderliche Ausdehnung genannt (Lorenz et al. 2013)²³.

3. Schritt: Ausschluss von Gebieten aufgrund von Rechtsvorschriften und Schutzstatus

Ab dem dritten Verfahrensschritt wurden für die verbleibenden Standortoptionen Ausschlusskriterien angelegt, die sich neben Aspekten der Langzeitsicherheit und des Strahlenschutzes besonders auf Interessenkonflikte, sozioökonomische Aspekte und Anforderungen der Infrastruktur beziehen. Als Grundlage hierfür wurden Kriterien entsprechend dem Erlass 215/1997 Coll. des SÚJB(SÚJB 1997) zur Standortauswahl kerntechnischer Anlagen, relevante Umweltschutzbestimmungen, und prioritäre Nutzungen herangezogen. Der zitierte Erlass definiert Ausschlusskriterien (exclusion criteria), die einen Standort aus der Auswahl ausschließen, und sogenannte „bedingte Kriterien“ (conditional criteria), deren positive Bewertung an zusätzliche technische Maßnahmen und den damit in Verbindung stehenden Aufwand geknüpft ist.

Im Wesentlichen sollten in diesem Schritt Ausschlusskriterien nach zwei Grundprinzipien angewendet werden, die dem Schutz der Bevölkerung und der Umwelt sowie der Vermeidung möglicher Belastung zukünftiger Generationen dienen. Hierzu wurden Kriteriensätze mit dem Ziel aufgestellt, aus den geologisch geeigneten Gebieten diejenigen auszuschließen, welche im Konflikt mit Anforderungen an

- Langzeitsicherheit
- Realisierbarkeit und sicherem Betrieb oder
- Raumnutzung, Demographie oder Umweltschutz

stehen. Sicherheitsanforderungen entsprechend internationaler Abkommen (e.g. Joint Convention, (IAEA 1997) und einschlägige Empfehlungen der IAEA (IAEA 1995) sollten hierbei ebenfalls berücksichtigt werden.

(Piskač et al. 2003) nennt diesbezüglich folgende Anforderungen an die Standortauswahl

a) Kriterien in Bezug zur Langzeitsicherheit

- Natürliche geologische Barriere, für die der Erhalt ihrer Integrität in einem Zeitintervall bis zu 10^6 Jahren nachweisbar ist
- Technische Barriere:
 - muss so zu gestalten sein, dass die durchschnittliche Jahresdosis der kritischen Gruppe der Bevölkerung $250 \mu\text{Sv/a}$ nicht überschreitet, diesbezüglich müssen transparente Nachweise gebracht werden.
 - drei mögliche Freisetzungspfade in die Biosphäre sind zu betrachten:
 - Gastransport durch das Wirtsgestein,

²³ deutsche Übersetzung von Informationen aus Piskač et al. 2003 in Lorenz et al. 2013, S. 19 f.

- Grundwassertransport im Porenraum und Klüften,
 - Freilegung des Endlagers durch endogene oder exogene Einflüsse
- b) Realisierbarkeit und sicherer Betrieb
- Grundwasserschutz
 - Vermeidung von Interessenkonflikten hinsichtlich nutzbarer Ressourcen, Beeinträchtigung durch frühere oder gegenwärtige oder zukünftige bergbauliche Tätigkeit
 - Einhaltung einer sicheren Entfernung von wichtigen Infrastrukturen wie Flughäfen, Energiequellen, Industrieeinrichtungen usw.
- c) Demografie und Naturschutz
- ökonomisches, kulturelles und soziales Potential der Region ist zu betrachten
 - Naturschutzgebiete sind zu berücksichtigen
- Beachtung internationaler Verträge und Verbindlichkeiten
- u.a. Ausschluss der Grenzregionen zu Nachbarstaaten - die Grenze des potentiellen Standortes sollte gem. SÚJB č. 215/1997 Sb. (SÚJB 1997) mindestens 15 km von der Staatsgrenze entfernt sein.

4. Schritt: Beurteilung potenziell vorteilhafter oder nachteiliger, nicht sicherheitsrelevanter Aspekte

Neben den Ausschlusskriterien des ersten und dritten Verfahrensschrittes und den „bedingten Kriterien“ des zweiten Verfahrensschrittes sollte im vierten Verfahrensschritt ein Vergleich der Standorte im Hinblick auf Vor- oder Nachteile hinsichtlich

- Zugänglichkeit,
- Infrastruktur,
- Bevölkerungsdichte,
- Grundstück-Eigentumsverhältnisse,
- Landschaftsbild,
- natürliches Radonrisiko und
- Akzeptanz der Öffentlichkeit

durchgeführt werden.

5. Schritt: Finale Auswertung und Begründung der für das weitere Verfahren vorgeschlagenen Standorte

(Piskač et al. 2003) sind im Ergebnis zu dem Schluss gekommen, dass auf dem tschechischen Territorium insgesamt elf potenziell für die Errichtung eines Endlagers geeignete Standortgebiete ausgewiesen werden können. Nach Abwägung aller Nach- und Vorteile wurden hieraus zwei Varianten der Eingrenzung vorgeschlagen: 8“+1“ und 6“+1“. Die Option „+1“ stand dabei für das nordböhmische Becken nahe der sächsisch-tschechischen Grenze, das optional einer Prüfung der Machbarkeit unterzogen werden sollte. Mit Ausnahme eines Sedimentgesteinsvorkommens am Standort Lodín handelt es sich bei den betrachteten potenziellen Wirtsgesteinsvorkommen um kristalline Gesteine (vgl. Abbildung 3-4 und Tabelle 8-1).

SÚRAO hat im weiteren Verlauf entschieden, sechs Standorte mit kristallinen Wirtsgesteinsvorkommen zu priorisieren und sich dabei an der Variante 6“+1“ orientiert. Die sechs Vorzugsstandorte und die fünf aus (Piskač et al. 2003) verbliebenen Ersatzstandorte sind in Abbildung 3-4 dargestellt. Bemerkenswert ist, dass sich die sechs Vorzugsstandorte bereits in der frühesten Auswahl nach (Kříž et al. 1991) finden (vgl. Abbildung 3-1), die fünf Ersatzstandorte hingegen nicht.

Abbildung 3-4: Standortvorschlag von (Piskač et al. 2003) mit Eingrenzung durch SÚRAO



Anmerkung: sechs Standorte zur weiteren Erkundung (Schriftzug schwarz auf weiß), fünf Reservestandorte (Schriftzug weiß auf grau)
Quelle: (SÚRAO 2004b)

3.3. Etappe 3 - Charakterisierung der Standortgebiete

Nach Einschätzung der SÚRAO befindet sich das tschechische Standortauswahlverfahren derzeit in Etappe 3 gemäß (IAEA 1994b), verbunden mit dem Anspruch, eine weitgehende standortbezogene Bewertung (Charakterisierung) der bis zum jetzigen Zeitpunkt priorisierten Standortgebiete durchzuführen. Im Ergebnis dieser Etappe sollen letztlich noch zwei Standorte zur Auswahl stehen, aus denen in Etappe 4 der Standort zur Errichtung des Endlagers ausgewählt werden soll.

3.3.1. Projekt Geobariéra

Die bis dato umfangreichste standortspezifische Ausarbeitung zur Standortauswahl und den zugehörigen Kriterien wurde im Rahmen des Projektes Geobariéra in der Zeit von 2003 bis 2006 von einem Konsortium mehrerer Institutionen durchgeführt (Geobariéra 2006). Dabei sollten die bereits festgelegten sechs Standortgebiete weiter untersucht werden (vgl. Abbildung 3-4). Das Projekt war in drei Teilschritte unterteilt:

1. Aufbau und Betrieb eines geografischen Informationssystems (GIS). Mit dem GIS sollten in einer Datenbank verschiedene Daten- und Informationstypen zusammengeführt und damit eine Grundlage für weitere Auswertungen geschaffen werden.

2. Geowissenschaftliche Untersuchungen zur Überprüfung der Homogenität der Kristallinegesteinskörper in den zu untersuchenden Standortgebieten mit folgenden Aufgaben:
 - Aktualisierung der Recherche vorhandener geologischer Informationen
 - Aktualisierung der Recherche bezüglich Interessenkonflikten
 - Interpretation von Satelliten- und Luftbildern
 - Flugzeug-gestützte und terrestrische geophysikalische Messungen (Gama-Spektrometrie, elektromagnetische Methoden, Magnetometrie)
 - Begehungen
 - weitere geographische Eingrenzung der in Frage kommenden Flächen in den Standortgebieten
3. Vorläufige standortspezifische Machbarkeitsstudien

Kriterien

- Geowissenschaftliche Kriterien wurden abgeleitet aus Anforderungen hinsichtlich:
 - Tektonischer Stabilität des Standortgebietes, charakterisiert durch die Distanz zu Störungen bzw. Störungszonen verschiedener Kategorien
 - Guter Beschreibbarkeit des Gesteinskörpers, d.h. geringe Komplexität (im Kontext der Kristallinegesteine begünstigt durch Abwesenheit von Xenoliten, Ganggesteinen oder möglichen Lagerstätten)
 - Abwesenheit von Anzeichen geodynamischer Aktivität
 - Einfacher hydrogeologischer Verhältnisse mit niedriger Gebirgsdurchlässigkeit und flachen Gradienten
 - Günstiger Konfiguration des Gesteins hinsichtlich der Zugänglichkeit für geologische Untersuchungen
- Weiterhin wurden folgende Kriterien hinsichtlich der Machbarkeit abgeleitet:
 - Ausweisung von 15-19 ha großen Interessensgebiete, sog. ZUPA (zájmové území povrchového areálu). Ausgewählt wurden diese Flächen anhand von positiven Eigenschaften hinsichtlich Zugänglichkeit, Morphologie, Demografie, Verkehrsinfrastruktur, technischer Infrastruktur usw., die für die Erkundung selbst und für die mögliche Errichtung eines Endlagers von Bedeutung sein können.
 - Begleitende Analyse der technischen und ökonomischen, sozioökonomischen und demographischen Risiken, sowie der Risiken für Umwelt, historische und kulturelle Denkmäler.

3.3.2. Vorbereitungen zu vertieften geologischen Erkundungen

Für eine belastbare Charakterisierung der sechs aus dem Projekt Geobariéra hervorgegangenen Vorschläge, des zusätzlich in die Auswahl aufgenommen Standortgebiets Kraví hora und zwei weiterer Optionen nahe der tschechischen Kernkraftwerkssandorte (vgl. Kap. 0 und 0) plant SÚRAO, oberflächenbasierte Erkundungen vor Ort durchzuführen, welche der Datenergänzung zur vergleichenden Analyse der neun Standortoptionen dienen sollen. Als Ergebnis dieser „prospecting stage“ soll die Anzahl der Optionen auf vier verringert werden. Tiefenbohrungen bis zum Niveau der vorgesehenen Endlagerung sind in diesem Schritt noch nicht vorgesehen.

Im Rahmen der Erstellung der dafür erforderlichen Genehmigungsunterlagen (SÚRAO 2017b) hat SÚRAO daher weitere geologische, strukturbezogene, hydrogeologische, geochemische, geomechanische und geophysikalische Daten zusammengetragen, um hieraus konkrete Untersuchungsstandorte für oberflächenbasierte Erkundungen zu ermitteln und für alle Standorte die entsprechenden Genehmigungen zur Durchführung der Untersuchungen im Zeitraum zwischen 2015 und 2017 zu beantragen. Im Zusammenhang mit der Erweiterung der Datenlage wird dabei auf die im Kriterien-Leitfaden (SÚRAO 2015d) aufgelisteten Kriterien verwiesen.

Das aktuelle Erkundungsprojekt (SÚRAO 2017b) fasst in Teilberichten für sieben der derzeit in der Auswahl befindlichen Standortgebiete den Status quo aller früheren Arbeiten und vorhandenen Daten zusammen und enthält einen Zeitplan der geplanten Tätigkeiten zwischen 2015 und 2017. Für die Standortoptionen an den Kernkraftwerksstandorten ist diese Zusammenstellung offenbar noch in Arbeit (s.a. Kap. 3.3.3).

Die vorgesehenen Maßnahmen umfassen folgende Aspekte:

- Ermittlung, Auswertung und Neuinterpretation vorliegender geologischer und geophysikalischer Informationen
- Anwendung von Methoden der Fernerkundung
- geologischen Untersuchungen und Kartierungen
- geophysikalische Exploration
- Untersuchung und Analyse von Gesteins- und Wasserproben
- Einrichtung von Datenbanken der relevanten geologischen Objekte und ihren Eigenschaften
- Bewertung der Ergebnisse, Standortvergleich und Vorschlag für eine weitere Eingrenzung der Kandidatenliste.

Weil die Untersuchungen von MŽP nur befristet für das Jahr 2016 erteilt wurden und eine Genehmigungsverlängerung seitens des MŽP bisher abgelehnt wurde, konnten die vorgesehenen Untersuchungen in den Standortgebieten noch nicht vollständig durchgeführt werden (jedenfalls finden sich in den verfügbaren Unterlagen keine Informationen zur Durchführung der beantragten Geländeuntersuchungen).

3.3.3. Projekt „Moldanubikum“ zu Standortoptionen in der Nähe der Kernkraftwerke

Das Projekt Moldanubikum²⁴ (2016 – 2017) (SÚRAO 2016a) fokussiert auf die Untersuchung der beiden Standortgebiete in der Nähe der Kernkraftwerke Temelín und Dukovany.

Die Arbeiten sollen, analog zu den anderen geprüften Optionen, geologische, hydrogeologische und ingenieurgeologische Kartierungen, oberflächenbasierte geophysikalische Messungen und Probenentnahmen umfassen. Im Weiteren sollen geologische 3D-Modelle des jeweiligen Gebietes entwickelt werden. Ein weiterer Bestandteil des Projektes ist die Ausarbeitung standortspezifischer vorläufiger Machbarkeitsstudien inklusive einer Analyse potenzieller Interessenskonflikte und Umweltauswirkungen.

Im Fall positiver Ergebnisse sollen die zwei Standortgebiete in den Prozess der Standortauswahl als gleichwertige Optionen weiterverfolgt werden. Ergebnisse wurden bisher nicht veröffentlicht.

²⁴ Die Kernkraftwerke Temelín und Dukovany befinden sich geologisch gesehen im tschechischen Moldanubikum.

4. Aktueller Stand des Auswahlverfahrens

4.1. Der mittelfristige Forschungs- und Entwicklungsplan 2015 - 2025

Der mittelfristige Forschungs- und Entwicklungsplan (SÚRAO 2015b, 2015e) gibt einen Überblick über die bislang durchgeführten sowie die in den kommenden Jahren geplanten Maßnahmen und Forschungsarbeiten im tschechischen Endlagerverfahren. Dabei nimmt er Bezug zum Entsorgungskonzept für radioaktive Abfälle (Konzept 2014). In diesem Zusammenhang wird auch die Stellung des Kriterien-Leitfadens (SÚRAO 2015d) konkretisiert. Die Kriterien für die Standortauswahl sollen demnach die Grundanforderungen der nationalen Gesetzgebung und der EU-Richtlinie 2011/70/EURATOM widerspiegeln sowie die IAEA-Empfehlungen und die Grundsätze der „Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management“ (IAEA 1997) einhalten. Zukünftige Entwicklungen auf diesem Gebiet sowie Erfahrungen aus Endlagerverfahren in anderen Ländern sollen als Input für zukünftige Fortschreibungen des Kriterien-Leitfadens herangezogen werden.

Gemäß (SÚRAO 2015b) sind mit dem mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsplan folgende Zielvorstellungen verknüpft:

- Erhalt der Genehmigung des MŽP für die geologische Erkundung der Untersuchungsgebiete
- Erhalt der bergrechtlichen Genehmigungen des tschechischen Bergamtes
- Erhalt der Genehmigung des SÚJB zur Errichtung des Endlagers
- Erhalt der Genehmigung der zuständigen Baubehörde

Die ersten beiden Punkte beziehen sich auf die Eingrenzung der Standortoptionen und die Auswahl des finalen Standortes. Dabei nimmt der mittelfristige Plan unter anderem Bezug zum sogenannten „Referenzprojekt“ (siehe weiter unten Kapitel 4.1.2) und zur Bewertung der Standortgebiete auf der Basis von Anforderungen, Indikatoren und Kriterien wie sie im Kriterien-Leitfaden (SÚRAO 2015d) formuliert sind.

Der mittelfristige Forschungs- und Entwicklungsplan soll alle fünf Jahre dem Fortschritt und den gewonnenen Informationen entsprechend aktualisiert werden. Die Stellungnahmen betroffener Stakeholder, insbesondere der betroffenen Gemeinden, sollen in die Aktualisierungen einfließen.

SÚRAO beschreibt in ihrem mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsplan auch die Durchführung standortspezifischer Erkundungsprogramme (SÚRAO 2015b)²⁵. Dort sind die Erkundungsprogramme als „scheduled work“²⁶, also als geplante Arbeiten, angegeben. Es wird zwischen einer nicht invasiven, oberflächlichen „*prospecting stage*“, einer mit (ersten) tiefen Bohrungen verbundenen „*survey stage*“ und einer vertiefenden „*detailed survey stage*“ unterschieden, wobei letztere erst im Zuge des Genehmigungsverfahrens und nur für die beiden finalen Standortkandidaten zum Tragen kommen soll.

Die derzeitige Planung sieht vor, bis Ende 2017 die „*prospecting stage*“ der sieben Standortgebiete und in der Umgebung der Kernkraftwerke abzuschließen (SÚRAO 2017a). Nach Auswertung der für diese Phase definierten Kriterien sollen in 2018 vier Standorte identifiziert werden, für die bis 2020 erstmals tiefer gehende Untersuchungen der „*survey stage*“ erfolgen sollen. Nach der Auswertung dieser Erkundungsphase und Anhörung der betroffenen Gemeinden soll die Auswahl für

²⁵ SÚRAO 2015b, Kap. 5, S. 35

²⁶ SÚRAO 2015b, Kap. 5.1.3, S. 36f,

die abschließende „detailed survey stage“ von vier auf zwei Kandidaten verringert werden. Mit dieser Einschränkung wäre die derzeitige Widmung des Kriterien-Leitfadens (SÚRAO 2015d) erfüllt. Die beiden letzten Standorte sollen bis 2024 vertieft untersucht werden. Nach Auswertung der Ergebnisse und erneuter Anhörung der Gemeinden soll dann ein Standort für die Realisierung des Endlagers vorgeschlagen und der zweite als Reserveoption zurückgestellt werden.

4.1.1. Hauptuntersuchungsbereiche

Die Bewertung der Standortgebiete soll neben der Realisierung der geologischen Untersuchungen und weiteren Charakteristiken der Standortgebiete folgende vier Hauptuntersuchungsbereiche umfassen:

- Sicherheitsuntersuchung für jeden Standort, die alle zugänglichen Informationen über die Standortgebiete, beschreibende 3D-Modelle sowie die Durchführung und Ergebnisse von Sicherheitsanalysen einschließt
- Machbarkeitsstudie zur technischen Durchführbarkeit des Endlagers am jeweiligen Standort
- Umweltverträglichkeitsuntersuchung
- Untersuchung sozio-ökonomischer Auswirkungen des Endlagers auf die betroffenen Gemeinden und Ermittlung der aktuellen öffentlichen Meinung zu einem Endlagerprojekt am jeweiligen Standort.

Die erforderlichen Informationen, Daten, Argumente, Modelle und Eingangsdaten sollen ausgehend von fünf Projektvorhaben gewonnen bzw. entwickelt werden, mit denen bereits in 2014 begonnen wurde:

- geologischen Untersuchungen in sieben Untersuchungsgebieten und nahe der beiden Kernkraftwerksstandorte (vergleiche Kapitel 3.3)
- ergänzende Untersuchungen zur Sicherheitsbewertung, Gewinnung der erforderlichen Daten und Argumente, Entwicklung der notwendigen Berechnungsinstrumente
- Entwurf spezifischer Endlagerkonzepte für die Standortgebiete
- Übergreifende Bewertung der sozioökonomischen Auswirkungen in den Standortgebieten

Im Hinblick auf die geologischen Eigenschaften wird bei der Bewertung einzelner Standortgebiete aus Sicht der Langzeitsicherheit aufgeführt, dass dabei von vorläufigen Analysen (screening) der Indikatoren (Daten und Argumente) der Gesteinsumgebung ausgegangen werden soll.

Die Bewertung soll die jeweiligen Standorteigenschaften aufzeigen hinsichtlich

- langsamer Migration der Schadstoffe aus dem Endlager in die Umwelt
- langfristiger Stabilität der Gesteinsformation
- langsamer Degradation der technischen Barrieren
- Robustheit gegenüber menschlichem Eindringen
- Beschreibbarkeit der Gesteinsformation und die Vorhersagbarkeit ihrer zukünftigen Entwicklung
- erforderlicher technischer Lösungen im Hinblick auf die Bau- und Betriebssicherheit

4.1.2. Nationale und internationalen Projektvorhaben

Insbesondere in der ersten Phase des Standortvergleichs („prospecting stage“) soll der Entscheidungsprozess zur Verkleinerung der Optionenanzahl von neun auf vier auf der vorhandenen Datenbasis aufbauen, weil bis dato keine tiefreichenden Erkundungen durchgeführt werden können (SÚRAO 2015d). Die hierfür erforderlichen Annahmen und Analogieschlüsse sollen durch anwendungsorientierte und standortunabhängige Forschung abgeleitet werden. Ein wesentlicher Bestandteil hiervon ist das sog. „Referenzprojekt“ sowie Forschungsarbeiten zur Charakterisierung technischer Barrieren. Der internationale Austausch spielt hierbei eine wesentliche Rolle.

Referenzprojekt

Das sogenannte „Referenzprojekt“ ist ein Modellprojekt zur generischen, standortunabhängigen Untersuchung eines aus den tschechischen Untergrundverhältnissen abgeleiteten hypothetischen Endlagers und baut unter anderem auf den Untersuchungen am Teststandort im Melechovský Massiv (Kapitel 2.4.1) auf. Die Eigenschaften dieses Modells entsprechen den wahrscheinlichen Charakteristiken des zukünftigen Standortes (UJV 2012). Dieses Projekt soll laut SÚRAO als einer der Grundsteine für die Bewertung der Eignung der Standorte und als Grundlage für den Sicherheitsnachweis dienen.

Die erste Version des Referenzprojekts wurde in 1999 ausgearbeitet (EGP 1999). Seine letzte Aktualisierung erfolgte in 2012 (UJV 2012). Auf die weitere Anwendung der Ergebnisse nimmt der mittelfristige Forschungs- und Entwicklungsplan (SÚRAO 2015b) Bezug.

Weitere nationale Forschungsprojekte

- Sicherheitsnachweis des Endlagers: Konsortium unter Leitung ÚJV Řež
- Machbarkeitsnachweis des Endlagers: Konsortium unter Leitung ČVUT (tschechische technische Universität Prag)
- Behälterentwicklung: Konsortium unter Leitung ŠKODA JS a.s.
- Entwicklung der Bentonit-Barriere: ČVUT-Projekt Mock-Up Josef, weitere Projekte in Vorbereitung

Internationale Kooperation

SÚRAO, ÚJV Řež und ČVUT beteiligen sich eigenen Angaben (SÚRAO 2015b) zufolge an folgenden internationalen Projekten²⁷:

- EU/EURATOM: DOPAS, CAST, CEBAMA, MODERN 2020, JOPRAD, PETRUS III,
- Projekte in Kooperation mit anderen Projektpartnern: DECOVALEX 2019, LTD, LASMO, FEB-EX-DP, EBS Task Force, HotBent,
- Nationale Forschung mit internationalen Partnern:
 - Ausbau des Untertagelabors in Bukov²⁸ durch DIAMO, ÚJV Řež und ČGS in Kooperation mit der schweizerischen NAGRA (NAGRA 2015)
 - Untersuchung des Ruprechtov Analogon-Gebietes in Zusammenarbeit mit der deutschen Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS), (GRS 2014)

²⁷ <https://www.surao.cz/hlubinne-uloziste/mezinarodni-projekty>

²⁸ <https://www.surao.cz/data/original/files/dgr/the-bukov-underground-research-facility.pdf>

4.2. Einordnung des Kriterien-Leitfadens

Der uns zur Prüfung vorgelegte Kriterien-Leitfaden ist ein Begleitdokument des mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsplans für die Zeitperiode 2015 – 2025 (SÚRAO 2015b, 2015e). Er knüpft an die früher durchgeführte Auswahl von zuletzt sieben potentiellen Standortgebieten²⁹ (s. Kap. 3.3) an und ist als Bestandteil der mittel- und langfristigen Planung zu verstehen. Er kann daher nicht getrennt von diesen Zusammenhängen bewertet werden.

4.2.1. Dokumentversionen

Um Verwechslungen zu vermeiden ist anzumerken, dass es bereits mehrere Versionen eines tschechischen Kriterien-Leitfadens gibt. Die erste Grundversion wurde in 2002 veröffentlicht (Woller F. 2002), danach folgte eine Arbeit zu Kriterien für die Standortbewertung in 2011 (Woller 2011). Beide Arbeiten werden in früheren Dokumenten zitiert, liegen uns allerdings nicht vor. Die offizielle zweite Ausgabe mit einer formellen Revision folgte in Mai 2015 (SÚRAO 2015a). Diese trug die Bezeichnung MP. 22. Die jüngste Version stammt vom Juli 2015 (SÚRAO 2015c), auf die im folgenden Text Bezug genommen wird. Die tschechisch-sprachigen Originalversionen des Kriterien-Leitfadens sind 2015 auf den Webseiten der SÚRAO, der Arbeitsgruppe (PS)³⁰ sowie der beteiligten Bürgerinitiativen veröffentlicht worden. Er bezieht sich in seiner derzeitigen Form noch auf eine alte Fassung des Atomgesetzes, müsste also in absehbarer Zeit entsprechend der 2017 erfolgten Atomgesetzesnovelle und ihren relevanten Erlassen aktualisiert werden.

Die letzten zwei Versionen des Kriterien-Leitfadens und der mittelfristige Forschungs- und Entwicklungsplan wurden auch in englischer Fassung auf der Internetseite der SÚRAO veröffentlicht: „*Medium-term plan for the research and development of activities required for DGR siting in the Czech republic in the period 2015 - 2025*“ (SÚRAO 2015b) und „*Requirements, suitability indicators and criteria for the selection of potential deep geological repository sites*“ (SÚRAO 2015d).

4.2.2. Zweckbestimmung und Stellung im Verfahren

Der Kriterien-Leitfaden enthält unter der Überschrift „Document purpose“³¹ Hinweise zum derzeitigen Ziel des Standortauswahlverfahrens und zur Stellung des Kriterien-Leitfadens in diesem Verfahren.

Es handelt sich bei dem Kriterien-Leitfaden zunächst um ein für die Beschäftigten der SÚRAO verbindliches Dokument. Gleichzeitig wird es nicht als festgeschrieben verstanden sondern als eine weiter zu entwickelnde Arbeitsunterlage. Ein wesentlicher Bestandteil der Fortentwicklung soll dabei auch die Bewertung durch unabhängige Experten sein. Das Dokument beruft sich auf die bisherigen Arbeiten, in welchen bereits Kriterien entwickelt und angewendet wurden, die sich so oder ähnlich auch im Kriterien-Leitfaden wiederfinden sollen.

Offensichtlich erwartet SÚRAO hausintern oder von externer Seite Anmerkungen, Ergänzungen und Kritik zum Leitfaden, die gesammelt und in zukünftigen Revisionen berücksichtigt werden sollen. Einen besonderen Stellenwert soll dabei die Arbeitsgruppe (PS) haben, in welcher laut (SÚRAO 2015c) die Ergebnisse der einzelnen Bewertungsschritte je Standortgebiet, sowie die eingrenzende Auswahl diskutiert werden sollen. Die Schlussfolgerungen der PS sollen anschlie-

²⁹ Die beiden Standortoptionen nahe der Kernkraftwerksstandorte sind hier noch nicht explizit genannt.

³⁰ PS (Pracovní skupina pro dialog o hlubinném úložišti, PS, <https://www.surao.cz/en/dgr/working-group-for-dialogue-on-the-deep-geological-repository>)

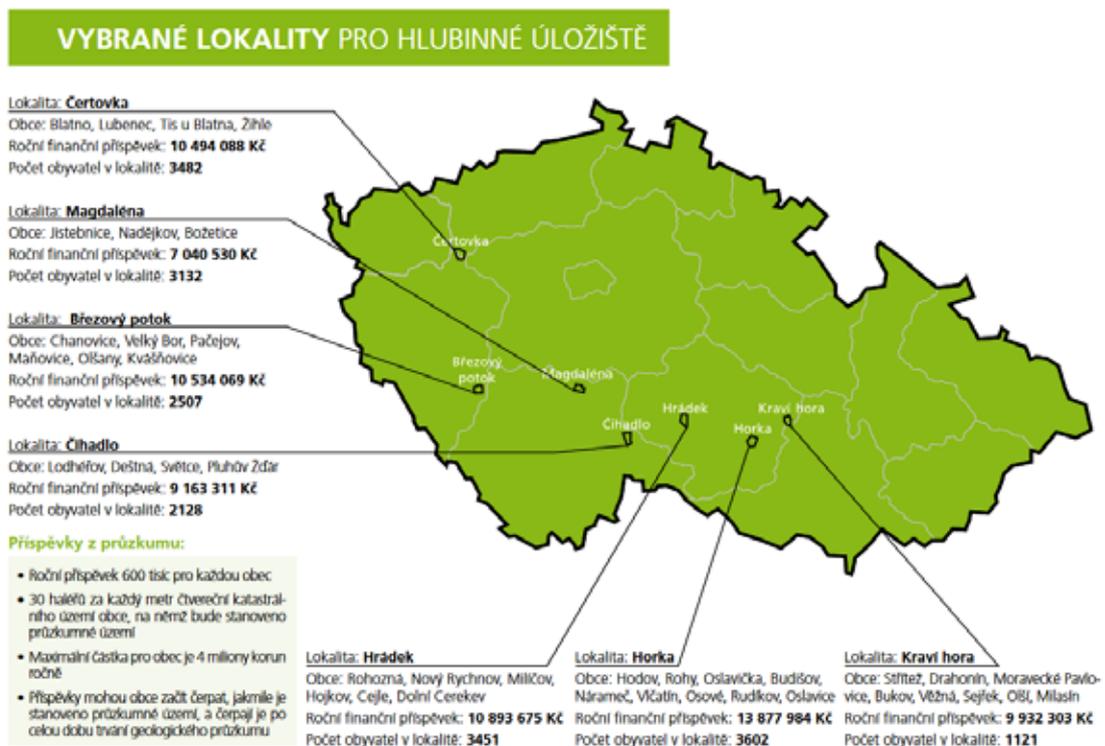
³¹ SÚRAO 2015d, Kap. 1.1

ßend gewürdigt werden und in die Abschlussbewertung der jeweiligen Etappe der Standortauswahl einfließen.

Im novellierten tschechischen Regelwerk behandelt insbesondere der Erlass Nr. 378/2016 Coll. (SÚJB 2016b) die für ein geologisches Tiefenlager spezifischen Aspekte und Kriterien. Dieser Erlass ist nach Veröffentlichung des Kriterien-Leitfadens in Kraft getreten, ob der Leitfaden mit ihm kompatibel ist, konnte im Rahmen unserer Prüfung nicht betrachtet werden.

Der Kriterien-Leitfaden dient in seiner derzeitigen Fassung dem Zweck der weiteren Eingrenzung der bereits vorausgewählten Optionen auf zwei Standortgebiete³². Abbildung 4-1 zeigt noch einmal die derzeit in Frage kommenden Standortoptionen. Sie wären entsprechend der aktuellen Diskussion um die beiden Kernkraftwerksstandorte Temelín und Dukovany zu ergänzen. Diese Eingrenzung soll bis 2020 erfolgen.

Abbildung 4-1: Standortoptionen 2016



Quelle: <https://www.surao.cz/data/original/files/pr/presskit/press-kit-2016.pdf>

4.2.3. Methodik

Methodisch erhebt SÚRAO den Anspruch, dass die derzeitige Liste im Laufe eines sich weiter entwickelnden Kenntnisstands³³ in einem schrittweisen Prozess³⁴ verkürzt werden soll. Dabei wird für jeden Untersuchungsschritt eine Vertiefung der geologischen Untersuchungen und Analysen angekündigt³⁵. Aus den methodischen Hinweisen geht außerdem hervor, dass standortspezifische

³² SÚRAO 2015d, Kap. 1.1, S. 11

³³ SÚRAO 2015d, S. 17: „... as our knowledge of the sites broadens and deepens.“

³⁴ SÚRAO 2015d, Kap. 4

³⁵ SÚRAO 2015d, S. 17: “The site data and information will be refined and deepened within each consecutive stage by using a more detailed geological survey and more analyses.”

Endlagerkonzepte für die in der Auswahl stehenden Standortoptionen erarbeitet werden sollen³⁶. Dies ist sinnvoll, da sicherheitsbezogene Vergleiche zwischen den einzelnen Standortoptionen immer auch das jeweilige standortspezifische Konzept berücksichtigen müssen, so dass letztlich insgesamt nicht (nur) Standortmerkmale, sondern Endlagersysteme als Ganzes miteinander verglichen werden müssen.

Die konkrete Methodik zum Standortvergleich wird in (SÚRAO 2015d) nicht weiter präzisiert, was auch Gegenstand von Kritik in der Arbeitsgruppe PS war. SÚRAO hat als Reaktion auf diese Kritik der Arbeitsgruppe eine kurze Methodenbeschreibung als Ergänzung vorgelegt (s. (SÚRAO 2016b) und Tabelle 8-2 im Anhang).

In 2017 wird seitens SÚRAO offenbar kein umfassender Kenntnisgewinn gegenüber den bisher vorliegenden Informationen erwartet. Daher sollen gemäß (SÚRAO 2016b) die Kriterien und mit ihrer Bewertung verbundene Unsicherheiten zunächst mit Hilfe einer Schätzung der zugehörigen Risiken und Chancen betrachtet werden, also wiederum im Wesentlichen basierend auf bereits vorhandenen Informationen und daraus abgeleiteten Bewertungen. Sollte es sich ergeben, dass bei einem Kriterium oder einem Indikator die Informationen zur Abschätzung der Risiken oder Chancen nicht ausreichen, soll dies bei der Bewertung vermerkt werden. Inwiefern sich bei diesem Vorgehen Unterschiede der Standorte untereinander belastbar ausweisen lassen, ist aus unserer Sicht unklar.

Die Auswertung der Kriterien soll anschließend in zwei Phasen erfolgen:

- Erste Phase: SÚRAO wird nach der Realisierung der geologischen Untersuchungen und ausgehend von den Ergebnissen der Studien zu Sicherheitsuntersuchungen, Machbarkeit, Umweltverträglichkeit und Sozioökonomie (Kap. 4.1.1) eine Auswertung der sieben bisher ausgewählten Standortgebiete plus der zwei Standorte in der Nähe der KKW's durchführen und will dabei auch nationale und internationale Kooperationspartner einbinden. Es wird noch keine Rangfolge gebildet. Das Ergebnis wird einer Expertengruppe (siehe Kapitel 4.2.4) zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Die erste Phase wird mit einer Abstimmung der Ergebnisse beendet, wobei zumindest vier Mitglieder der Expertengruppe dem Ergebnis zustimmen müssen. Gegenargumente der Experten werden der Stellungnahme der Expertengruppe beigefügt.
- Zweite Phase: SÚRAO wird zusammen mit nationalen und internationalen Kooperationspartnern eine Hierarchie der Kriterien und der Indikatoren und deren Auswertung festlegen, die Standorte priorisieren und vier Standortgebiete zur weiteren Untersuchung vorschlagen. Das Ergebnis wird erneut der Expertengruppe weitergegeben. Die Abstimmung innerhalb der Expertengruppe erfolgt in der gleichen Weise wie in der ersten Phase.

Die Expertengruppe hat die Befugnis, zusätzliche Informationen und Unterlagen zur Klärung der Vorgehensweise innerhalb jeder Phase anzufordern. Sollte die Gruppe dem Vorschlag der SÚRAO nicht zustimmen, ist eine Überarbeitung durch SÚRAO erforderlich. Die Ergebnisse der Bewertung und die damit zusammenhängenden Stellungnahmen werden den betroffenen Gemeinden präsentiert und im Internet veröffentlicht.

4.2.4. Diskurs zum Kriterien-Leitfaden innerhalb der „Arbeitsgruppe zum Dialog über das geologische Endlager“ (PS)

Die Inhalte des Kriterien-Leitfadens (SÚRAO 2015c) waren Gegenstand der Diskussionen in der Arbeitsgruppe (PS). Das auf der Webseite der SÚRAO sowie der Arbeitsgruppe veröffentlichte Protokoll der 18. Sitzung der PS vom November 2015 (PS 2015b) berichtet über Kritik seitens der

³⁶ SÚRAO 2015d, Kap. 4, S. 17 Nr. 2 und 3 in der dortigen Aufzählung

Mitglieder der Arbeitsgruppe an dem Dokument. Demnach sind die Indikatoren/Kriterien zu allgemein formuliert, es ist aus dem Dokument unter Anderem nicht ersichtlich, welche Kriterien für welche Phase der Standortauswahl relevant sind, und wie die potentielle Standorte ausgehend von den Kriterien verglichen werden. Außerdem fehlen der PS Werteangaben für die Ausschlusskriterien und ihre Begründung. Weiterhin sei die Art der Aktualisierung des Dokumentes sowie die Auswahl der unabhängigen Experten für die externe Prüfung nicht geregelt.

Gemäß dem hier zitierten Protokoll (PS 2015b) sollte SÚRAO eine Revision des Kriterien-Leitfadens (SÚRAO 2015d) bis zur 19. Sitzung im Februar 2016 vorlegen. Auf dieser Sitzung (PS 2016) hat SÚRAO statt dessen ihre Methodik der Kriterienanwendung bei der Standortauswahl erläutert und die Bildung einer Expertengruppe zur Evaluierung des Kriterien-Leitfadens vorgestellt (SÚRAO 2016b). SURAO hat außerdem angekündigt, dass eine Revision des Dokumentes erst nach dem Statement dieser Expertengruppe sinnvoll sei. Auf der 19. Sitzung der Arbeitsgruppe wurde beschlossen, dass der Kriterien-Leitfaden (SÚRAO 2015d) im Rahmen der Revision um konkretere sozioökonomische Kriterien erweitert wird, die Arbeitsgruppe sollte dazu einen Entwurf vorbereiten. SÚRAO hat außerdem einen Vorschlag zur Zusammensetzung der Expertengruppe unterbreitet. Nach Auffassung der SÚRAO sollen folgende Institutionen vertreten sein: SÚJB, MŽP, Český báňský úřad (ČBÚ, Bergbaubehörde), Česká geologická služba (ČGS, geologischer Dienst) und SÚRAO.

4.3. Wesentliche Inhalte und Ziele des Kriterien-Leitfadens

Gemäß (SÚRAO 2015d) sollen die Kriterien im Einklang mit dem tschechischen Regelwerk, insbesondere dem SUJB Erlass Nr. 215/1997 Col. zur Standortauswahl nuklearer Anlagen aufgestellt werden. Zusätzlich sollten die Kriterien um spezifische Aspekte des geologischen Tiefenlagers erweitert werden, welche im Erlass No. 215/1997 (SÚJB 1997) für Nuklearanlagen noch nicht berücksichtigt worden waren.

Als Grundlage für die Formulierung der Kriterien weist (SÚRAO 2015c) insbesondere auf das Projekt Geobariéra hin und nennt die dort auf der Basis geologischer Anforderungen abgeleiteten Anforderungen. Weiterhin werden die für die Bewertung von Interessenskonflikten relevanten Gesetze und Vorschriften genannt, von denen ausgehend die nicht-geologischen Ausschlusskriterien im Projekt Geobariéra sowie den vorangegangenen Arbeiten abgeleitet wurden.

Ziel der SÚRAO ist es, ein Bewertungsverfahren zu entwickeln, mit dem alle Beteiligten einverstanden sind. Dieses Verfahren soll beim Standortvergleich eingesetzt werden. Die Anforderungen, Indikatoren und Kriterien werden parallel mit dem Fortschritt des Verfahrens fortgeschrieben und neu gewonnenen Kenntnissen angepasst. SÚRAO unterscheidet zwischen drei Typen von Indikatoren:

- Ausschluss (exclusion): eine Nichteinhaltung des Indikatorwertes führt zum Ausschluss aus der Auswahl.
- Bedingtheit (conditional): die beschriebene Eigenschaft macht die Realisierung eines Endlagers von zusätzlichen technischen Maßnahmen abhängig.
- Vergleich (comparison): die Eigenschaft dient dem Vergleich der Standorte untereinander, schließt aber keinen der Standorte grundsätzlich aus.

Diese Indikatorarten werden für viele Indikatoren auch miteinander kombiniert, offenbar um deutlich zu machen, dass auch ein Vergleichsindikator oder ein Bedingtheits-Indikator in bestimmten Fällen zum Ausschluss eines Standorts führen kann („comparison to exclusion“ bzw. „conditional to exclusion“).

Die Kombination „comparison to conditional“ wird im Kontext der umweltbezogenen Indikatoren ebenfalls verwendet, ist aber eigentlich überflüssig, da in einem sinnvollen Vergleich („comparison“) umweltbezogener Aspekte ohnehin der Aufwand für die Vermeidung, Minimierung oder Kompensation negativer Auswirkungen („conditional“) mit berücksichtigt werden muss.

Die im Kriterien-Leitfaden definierten „Anforderungen, Indikatoren und Kriterien“ sind thematisch nach ihrem Bezug zu Design, Sicherheit und Umwelt gruppiert. Im Folgenden gehen wir im Überblick auf die Einstufung der Indikatoren in die o.g. Typen ein. Für ein weiter gehende Bewertung sei auf die Ausführungen in Kap. 6 verwiesen.

Im Themenfeld Design (s.a. (SÚRAO 2015d), Kap. 5), das Aspekte der technischen oder rechtlichen Machbarkeit adressiert, werden 19 Einzelindikatoren aufgeführt. Mit Ausnahme der Indikatoren „Verfügbarkeit von Infrastruktur“ („Infrastructure availability“) und Kosten sind alle Indikatoren dem Typ „comparison to exclusion“ zugeordnet, können also neben dem Standortvergleich auch zur Begründung eines Standortausschlusses herangezogen werden. Die meisten der Indikatoren adressieren dabei Baugrundeigenschaften in Bezug auf übertägige Bauwerke und Gebirgsstabilität im Hinblick auf die Errichtung untertägiger Hohlräume.

Es bleibt dabei unbestimmt, ab wann SÚRAO technische Schwierigkeiten und Aufwand bei der Errichtung des Endlagers als so gravierend einschätzt, dass ein Standort auch bei guter geologischer Sicherheitsprognose ausgeschlossen werden muss, weil beispielsweise die Errichtung der Übertageanlagen zu aufwändig ist. Es ist dabei durchaus fraglich, ob ein solcher Ausschluss aus bautechnischen Gründen unter den heute verfügbaren Technologien überhaupt vorgesehen werden muss.

Zu den Indikatoren mit möglicher Ausschlusscharakteristik gehören auch Anzahl und Komplexität von Interessenskonflikten. Auch hier bleibt unbestimmt, welche Interesse SÚRAO als vorrangig gegenüber einem Endlagerstandort mit guter Sicherheitsprognose ansieht und warum offenbar die Möglichkeit gesehen wird, dass ein unter Sicherheitsaspekten als geeigneter angesehener Standort gegenüber anderen, konkurrierenden Interessenslagen nicht durchgesetzt werden kann.

Im Themenfeld Sicherheit (s.a. (SÚRAO 2015d), Kap. 6) wird zwischen Langzeitsicherheit und Betriebssicherheit unterschieden. Die Langzeitsicherheit (s.a. (SÚRAO 2015d), Kap. 6.2f) ist das zentrale Merkmal eines Endlagers. Von den 24 hier definierten Indikatoren sind sieben als Ausschlusskriterium eingestuft. Darin enthalten sind nachvollziehbar die Aspekte der Beschreibbarkeit und Prognosesicherheit. Ebenfalls enthalten, allerdings durch die bestehende Vorauswahl an Standortoptionen bereits berücksichtigt, sind regionalgeologische Aspekte vertikaler Krustenbewegungen und vulkanischer Phänomene. Untypisch und hinsichtlich seiner Sinnhaftigkeit zu hinterfragen ist allerdings, dass die Anwesenheit von Rohstoffen, Grundwasserressourcen und Geothermie-Potenzial per se zum Ausschluss eines Standorts führen soll. Diese unter dem Aspekt des menschlichen Eindringens aufgeführten Standorteigenschaften werden international nicht als Ausschlusskriterium angesehen, sondern werden als Nutzungskonflikte diskutiert, in der Regel mit einem klaren Vorrang der Endlagersicherheit vor konkurrierenden wirtschaftlichen Interessen. Die Minimierung des Risiko eines menschlichen Eindringens zu den endgelagerten Abfällen wird international (z.B. auch in Schweden, s. Kap. 5.2) als Optimierungsziel, z.B. unter Betrachtung des Abstands zu vorhandenen Rohstoffvorkommen, diskutiert, nicht aber als Ausschlussmerkmal einer Standortauswahl.

Acht weitere Indikatoren im Zusammenhang mit hydrogeologischen Wirtsgesteinseigenschaften, Seismizität und der Kompatibilität mit technischen Barrieren werden als „conditional to exclusion“ oder „comparison to exclusion“ eingeordnet, neun weitere sollen lediglich zu Vergleichszwecken dienen („comparison“) oder die Abhängigkeit von zusätzlichen Maßnahmen („conditional“) beschreiben. Z.T. beziehen sie sich auf Teilbereiche eines künftigen Endlagers (z.B. „hydraulic properties“), die im Zuge einer Standortauswahl noch nicht abgeprüft werden können. Andere Indikatoren (z.B. bezüglich der Wechselwirkung mit technischen Barrieren oder zum Radionuklidtransport) setzen standortspezifische Kenntnisse voraus, die erst in späten Phasen des Auswahlverfahrens durch konkrete Untersuchungen des jeweiligen Wirtsgesteinsvorkommens gewonnen werden können und daher zur derzeit verfolgten Eingrenzung der Optionenanzahl noch nichts beitragen können.

Bei den 17 auf die Betriebssicherheit bezogenen Indikatoren (s.a. (SÚRAO 2015d), Kap. 6.4f) fällt eine vergleichsweise hohe Anzahl von acht explizit als Ausschlusskriterium eingestuft Indikatoren auf, ergänzt um einen Bedingtheits-Indikator mit Ausschlussmerkmal („conditional to exclusion“).

Allerdings handelt es sich bei den zum Thema Betriebssicherheit formulierten Indikatoren praktisch ausschließlich um standortunabhängig zu erfüllende Aufgaben des betrieblichen Managements, nämlich um betrieblichen Strahlenschutz des Personals, um Strahlenschutz der Bevölkerung, um Arbeitssicherheit über und unter Tage und um Randbedingungen für Notfallpläne. Es ist kaum vorstellbar, dass aus den Standorteigenschaften heraus für die derzeit in der Auswahl befindlichen Standortoptionen Zweifel an der Gewährleistung des betrieblichen Strahlen- und Arbeitsschutzes bei der Realisierung eines Endlagers oder für die Planung der Notfallvorsorge auftreten können, insofern ist die Relevanz derartiger Indikatoren für den Standortauswahlprozess fraglich, insbesondere wenn hiermit der Ausschluss eines Standorts begründet werden soll. Unterschiede zwischen Standorten können sich aus unserer Sicht hier lediglich bezüglich des für die betriebliche Sicherheit erforderlichen Aufwands ergeben.

Das Themenfeld der umweltbezogenen Auswirkungen (s.a. (SÚRAO 2015d), Kap. 7) enthält 26 einzelne Indikatoren. Fünf dieser Indikatoren, die sich ausschließlich auf Naturschutzgebiete unterschiedlichen Ranges beziehen, stellen Ausschlusskriterien dar. Weitere 13 Indikatoren aus dem Bereich der Umweltverträglichkeitsfaktoren sind als Vergleichsindikatoren mit einem zusätzlichen Ausschlussmerkmal versehen, wobei unbestimmt bleibt, ab welchem Grad der Beeinträchtigung einer der hier genannten Umweltfaktoren zum Ausschluss eines Standorts führen soll.

Diese sehr starke Stellung von Natur- und Umweltschutzfaktoren in ihrer Abwägung gegenüber der Endlagersicherheit ist unüblich und widerspricht auch einem am Primat der Sicherheit orientierten Auswahlverfahren. Üblicherweise werden derartige Merkmale in die Abwägung sicherheitlich gleichwertiger Standort einbezogen, wobei auch das Ausmaß einer Beeinträchtigung und die Möglichkeiten einer Kompensation zu bewerten sind. Sie sind aber nicht geeignet, die Sicherheit eines Endlagers gegenüber derartigen Interessens- oder Zielkonflikten abzuwägen und womöglich zugunsten anderer Interessen Abstriche in der Sicherheit eines Endlagers in Kauf zu nehmen. genau dies wird aber mit der Definition von Ausschlusskriterien in diesem Beurteilungsfeld möglich.

5. Endlagerverfahren in Finnland, Schweden, Schweiz und Deutschland

Im Rahmen der hier vorgenommenen Bewertung wurde versucht, die aus den tschechischen Unterlagen hervorgehenden Merkmale des Standortauswahlverfahrens und der im Kriterien-Leitfaden aufgeführten Kriterien und Indikatoren den Merkmalen von Verfahren aus anderen Staaten gegenüber zu stellen. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass Verfahren zur Bestimmung des Standorts für ein geologisches Endlager für hoch radioaktive Abfälle immer singuläre Prozesse sind, deren Ablauf stark von nationalen Faktoren abhängt, die nicht verallgemeinerbar sind. Hierzu gehören neben den verfügbaren Wirtsgesteinsoptionen und des endzulagernden Inventars auch Fragen nach der Risikowahrnehmung gegenüber den Aspekten der nuklearen Entsorgung (e.g. Nachweiszeitraum der Langzeitsicherheit), das Verständnis vom Begriff der Sicherheit (wird ein ausreichend sicherer Standort oder ein bestmöglich sicherer Standort gesucht?), Fragen der grundsätzlichen Einstellung gegenüber der Kernenergienutzung oder bezüglich der Bedeutung von Interessenskonflikten oder örtlicher Akzeptanz sowie institutionelle Regelungen der Zuständigkeitsverteilung und des rechtlichen Rahmens.

Insofern lassen sich unterhalb des internationalen Verständnisses zu allgemeinen Schutzziele und abseits von allgemeinen konzeptionellen Überlegungen zu Endlagerkonzepten in unterschiedlichen Wirtsgesteinen keine allgemeingültigen Forderungen an konkrete Eigenschaften eines nationalen Endlagers formulieren.

Davon unbenommen ist der internationale Austausch auf fachlicher Ebene, was konkrete Technologien, Untersuchungs- oder Nachweismethoden sowie Erfahrungen aus der gesellschaftlichen Interaktion betrifft. Der sich ständig weiter entwickelnde Stand von Wissenschaft und Technik ist als Input für die nationale Endlagerplanung selbstverständlich unverzichtbar.

Vor diesem Hintergrund haben die nachfolgenden Betrachtungen zu den Standortauswahlverfahren in Finnland, Schweden, der Schweiz und Deutschland nicht den Charakter einer „Best-Practice“-Sammlung, die es so im Kontext der Standortauswahl nicht geben kann. Sie vermitteln aber eine Bandbreite der in den betrachteten Ländern herangezogenen oder vorgesehenen Entscheidungskriterien und ihrer Einbettung in einen Auswahlprozess. Schwerpunkt der Betrachtungen ist aufgrund der geologischen Randbedingungen in Tschechien der Wirtsgesteinstyp Kristallin, somit die Verfahren in Finnland und Schweden, wo ebenfalls ein auf Kristallingestein ausgerichtetes Endlagerkonzept verfolgt wird. Darüber hinaus sind auch die primären Kennzeichen von Standortkriterien und Auswahlprozessen für Endlager in anderen Wirtsgesteinstypen von Interesse, daher wurden auch die Standortauswahlverfahren in der Schweiz (im Wirtsgesteinstyp Tonstein) und in Deutschland (mit einem wirtsgesteinsunabhängigen Kriteriensatz) betrachtet.

5.1. Finnland

5.1.1. Das finnische Standortauswahlverfahren

In Finnland tragen die Abfallerzeuger die Verantwortung für Standortauswahl und Durchführung der Endlagerung radioaktiver Abfälle aus dem Kernkraftwerksbetrieb. Bis zum Jahr 1995 wurde die Standortauswahl ausschließlich von der „Teollisuuden Voima Oy“ (TVO) dem Betreiber des Kernkraftwerks Olkiluoto durchgeführt. Hintergrund war, dass für den zweiten Kernkraftwerkstandort Loviisa eine Rücknahmevereinbarung abgebrannter Brennelemente durch die Sowjetunion bzw. die Russische Föderation bestand, so dass ausschließlich abgebrannte Brennelemente aus Olkiluoto zur Endlagerung innerhalb Finnlands vorgesehen waren. Seit Beendigung der Rücknahmevereinbarung 1995 bedienen sich die Kernkraftwerksbetreiber für die gemeinsame Standortaus-

wahl einer Tochterfirma, der „Posiva Oy“. Der finnische Staat übernimmt die Aufsichtsfunktion, zuständig sind die Strahlenschutzbehörde und das Ministerium für Arbeit und Wirtschaft.

Die im hier zu diskutierenden Zusammenhang relevante Standortauswahl geht im Kern auf eine Regierungsentscheidung Anfang der 1980er Jahre zur geologischen Endlagerung abgebrannter Brennelemente zurück: Auf Basis einer Grundsatzentscheidung für eine nationale geologische Endlagerung wurde eine landesweite Untersuchung angestoßen. Ziel war zunächst die Identifizierung und Beschreibung potenzieller Standorte, aus denen anschließend schrittweise letztlich ein nationaler Endlagerstandort ausgewählt werden sollte. Bereits 1982 wurde prognostiziert, dass dieser Prozess bis zum Jahr 2000 zu einer Standortentscheidung führen würde, was letztlich mit der Benennung von Olkiluoto im Jahr 2000 auch zutraf. Der finnische Standortauswahlprozess, der zur Entscheidung für Olkiluoto führt, ist in einem Bericht der Posiva Oy aus dem Jahr 2000 (POSIVA 2000) ausführlich dokumentiert. Er wird im Folgenden, mit Schwerpunkt auf die jeweils angewendeten Kriterien, vereinfacht wiedergegeben. Auf eine Referenzierung einzelner Textstellen wird dabei verzichtet.

Hauptziel des Standortauswahlprogramms war es, einen Standort für die Entsorgung von abgebrannten Brennelementen zu finden, der folgende Anforderungen erfüllt:

- Am Standort kann ein sicheres Endlagersystem entwickelt werden.
- Der Standort lässt erwarten, dass die langfristige Radionuklid-Freisetzung innerhalb der regulatorischen Grenze bleibt.
- Die Errichtung des Endlagers am Standort ist technisch machbar.
- Der Standort lässt erwarten, dass das Endlager während Bau, Betrieb und nach Verschluss die Anforderungen an die Umweltverträglichkeit erfüllt.
- Die Realisierung des Endlagers wird von der betroffenen Öffentlichkeit breit akzeptiert.
- Das Endlager ist am Standort zu erschwinglichen Kosten zu realisieren.

Es ist dabei darauf hinzuweisen, dass der Bericht (POSIVA 2000) einen abgeschlossenen Prozess im Nachhinein beschreibt, mithin nicht als Verfahrensfestlegung vor Beginn eines Standortauswahlverfahrens angesehen werden kann. Die Schilderung macht vielmehr deutlich, dass der finnische Auswahlprozess, ausgehend von vergleichsweise wenigen, vorab definierten und durchaus nicht ausschließlich auf die Endlagersicherheit gerichteten, Standortmerkmalen, einen eher iterativen Charakter hatte. Dabei wurden während des Auswahlprozesses in nicht näher beschriebener Weise Standorte kategorisiert und miteinander verglichen, um aus einer anfänglichen großen Zahl von Optionen zu einer kleinen Anzahl an Standortkandidaten und letztlich zu einer Standortentscheidung zu kommen. Dabei kamen geowissenschaftliche, an der Endlagersicherheit orientierte Kriterien mehrfach abwechselnd mit Kriterien aus dem planungsrechtlichen Raum (Transportlogistik, Bevölkerungsdichte, Akzeptanz) zur Anwendung.

Der Auswahlprozess lief in mehreren Iterationen ab. Ein erstes landweites Screening umfasste Satellitenbild-Auswertung und flugzeuggestützte geophysikalische Messungen mit dem Ziel, großräumige tektonische Einheiten und die sie begrenzenden Störungszonen zu identifizieren und die Störungszonen aus der weiteren Suche ausklammern zu können. Eine weitere regionale Eingrenzung erfolgte durch Auswertung von Luftbildern und vorhandener geologischer und geophysikalischer Daten.

Die Auswahl der für eine weitere Untersuchung interessanten sogenannten „Target Areas“ erfolgte zunächst anhand von zwei zentralen Merkmalen:

Kriterium: Vorhandensein „felsischer“ kristalliner Gesteine

Wesentliche Randbedingung ist der Umstand, dass Finnland hinsichtlich potenzieller Wirtsgesteine für die geologische Endlagerung ausschließlich über Kristallinvorkommen verfügt. Geologische Unterschiede zwischen Standorten ergaben sich daher i. W. aus der mineralogischen Zusammensetzung der jeweiligen Kristallinvorkommen. In die engere Auswahl kamen ausschließlich Vorkommen sogenannter felsischer, also feldspat- und quarzreicher Gesteine. Die sogenannten „mafischen“, magnesium- und eisenreichen Kristallinvorkommen wurden weniger aufgrund von grundsätzlichen Eignungsbedenken, sondern aufgrund von hiermit häufig assoziierten Rohstoffvorkommen und damit absehbarer Nutzungskonflikte frühzeitig ausgeschlossen. Außerdem seien die finnischen Vorkommen mafischer Gesteinskörper allgemein heterogener aufgebaut und daher schwieriger zu charakterisieren.

Kriterium: Störungszonen als Grenzen für tektonische Blöcke

Hinsichtlich der tektonischen Struktur führte die Auswertung von Satellitenbildern, Luftbildern und topografischen Analysen zu einem Mosaik an tektonischen Blöcken, die von Störungszonen begrenzt werden. Störungszonen gelten als ungeeignet, daher wurde der jeweils innere, weniger tektonisch beanspruchte Bereich als „Bed-Rock-Block“ für die weitere Charakterisierung ausgewiesen. Störungszonen wurden dabei nach einem vergleichsweise einfachen Auswertungsschema in vier Klassen entsprechend ihrer Breite und Längenerstreckung einteilt:

Klasse 1: Breite ca. ein Kilometer, Längserstreckung dutzende oder hunderte Kilometer

Klasse 2: Breite einige hundert Meter, Längserstreckung fünf bis mehrere Dutzend Kilometer. Störungszonen der Klasse 2 sind typische Begrenzungen der „Target-Areas“

Klasse 3: Bruchlinien von einigen Dutzend bis etwa 100 m Breite innerhalb eines „Target-Areas“, begrenzen typischer Weise homogenere, tektonisch weniger beanspruchte sog. „Investigation Areas“

Klasse 4: Lokale Bruchlinien innerhalb eines „Investigation-Areas“. Die Anzahl solcher Lineamente soll möglichst klein sein.

Weitere geologische Merkmale, wie junger Vulkanismus, seismische Aktivität oder erosionsanfällige Topographie werden im finnischen Kontext als nicht relevant angesehen.

Unter Anwendung dieser Merkmale wurden landesweit 327 sog. „Target-Areas“ einer Größe von jeweils 100-200 km² ausgewiesen. Jedes dieser Gebiete ist gekennzeichnet als tektonisch stabiler Gesteinsblock, begrenzt von großräumigen Störungszonen.

Auf diese Gebiete wurden erstmals auch „nicht-geologische“ Kriterien, sog. „Umweltfaktoren“, angewendet, um die große Anzahl und auch die innerhalb der „Target Areas“ in Frage kommenden Flächen weiter einzuschränken. Diese wurden unterteilt in Ausschluss- bzw. Mindestkriterien und „wünschenswerte“ aber nicht zwingend notwendige Eigenschaften, die als Abwägungskriterien angesehen werden können. Geprüft wurden dabei folgende Kriterien:

Nicht-geologische Ausschlusskriterien:

- Kriterium: Bevölkerungsdichte: Ausschluss von dicht besiedelten Gebieten
- Kriterium Schutzstatus: Ausschluss von Schutzgebieten nationalen Ranges

- Kriterium Grundwasserressourcen: Ausschluss von regional bedeutsamen Grundwasservorkommen

Nicht-geologische Abwägungskriterien:

- Landnutzungspläne: Vermeidung von Gebieten mit konkurrierender Landnutzung bzw. entsprechenden Landnutzungsplänen
- Transportverbindungen: Erreichbarkeit für weitere lokale Untersuchungen durch vorhandene Verkehrsinfrastruktur

Unter Anwendung dieser Kriterien wurde die Anzahl der „Target-Areas“ auf 162 reduziert. Diese wurden einer erneuten, vertieften Prüfung ihrer geowissenschaftlichen Merkmale unterzogen. Durchgeführt wurde eine verfeinerte Interpretation geowissenschaftlicher Daten, kombiniert mit ersten, einfachen Vor-Ort-Untersuchungen („Field Checking“) zur Überprüfung des geowissenschaftlichen Kenntnisstands. Ergebnis war eine Reduzierung auf 61 Regionen, in denen im weiteren Fortgang des Verfahrens 134 kleinere Untersuchungsgebiete einer Größe von 5 bis 10 km² mit vielversprechenden Merkmalen ausgewiesen wurden. Diese wurden anhand ihrer bis zu diesem Zeitpunkt bekannten Eigenschaften priorisiert und aus der sich ergebenden Rangfolge die 33 am wenigsten erfolgversprechenden Gebiete aussortiert.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass das Schema der tektonisch begrenzten Blöcke in den finnischen Küstengebieten nicht schlüssig angewendet werden konnte, da die Küstenlinie selbst keine tektonische Grenze darstellt und über die Off-Shore-Erstreckung der Störungssysteme keine Informationen vorlagen. Streng genommen waren damit die meisten Küstenregionen für das weitere Verfahren nicht charakterisierbar, weniger aufgrund ungünstiger Eigenschaften als vielmehr aufgrund des mangelnden vorhandenen Kenntnisstands. In dieser Phase wurde die Region um Olkiluoto als einziger Küstenstandort zusätzlich in die Auswahl der Untersuchungsgebiete aufgenommen. Begründet wurde dies mit dem pragmatischen Ansatz, dass zum damaligen Zeitpunkt ausschließlich abgebrannte Brennelemente aus Olkiluoto zur Endlagerung vorgesehen waren³⁷. Gerechtfertigt wurde die Auswahl außerdem mit dem lokal besseren Informationsstand, der auf die Ansiedlung des Kernkraftwerks Olkiluoto und die bereits erfolgte Errichtung eines oberflächennahen Endlagers für schwach- und mittlradioaktive Betriebsabfälle dieses Kernkraftwerks zurückgeht.

Hieraus ergeben sich im finnischen Verfahren zwei weitere, implizit angewendete Kriterien:

Implizite Kriterien

- Kenntnisdefizite: Ein Kenntnisdefizit hinsichtlich der geologischen und tektonischen Informationen führt zum Ausschluss von Gebieten aus der weiteren Auswahl, umgekehrt findet ein Standort mit einer hohen Informationsdichte Berücksichtigung, auch wenn er außerhalb des eigentlichen Suchschemas liegt.
- Nähe zu einem Kernkraftwerk: Für einen Standort in der Nähe zum Abfallerzeuger wurden Vorteile für den Transport abgebrannter Brennelemente zum Endlager abgeleitet.

Im Rahmen der späteren vertieften geologischen Erkundung ausgewählter Standorte wurde dabei auch die Vergleichbarkeit von Olkiluoto mit den anderen Untersuchungsgebieten verifiziert.

³⁷ Zum damaligen Zeitpunkt und bis Mitte der 1990er wurden abgebrannte Brennelemente des Kernkraftwerks Loviisa in die Sowjetunion bzw. nach Russland zurückgeliefert.

Bis zu diesem Zeitpunkt hatte das finnische Auswahlverfahren zu einer noch großen Anzahl von 101 Untersuchungsgebieten geführt, die hinsichtlich ihrer grundlegenden geologischen Merkmale wie Gesteinstyp, tektonische Struktur und Topographie, große Ähnlichkeit aufwiesen, bzw. die ohne konkretere geowissenschaftliche Untersuchungen nicht weiter voneinander unterscheidbar waren. Das seinerzeit zuständige finnische Umweltministerium führte eine eigene Bewertung der von TVO 1985 vorgelegten Liste an optionalen Untersuchungsgebieten durch und reduzierte aufgrund von eigenen regionalplanerischen Überlegungen die Anzahl der in Frage kommenden Gebiete auf 84.

Auf die Langzeitsicherheit gerichtete Unterschiede ließen sich auf Grundlage des begrenzten Datenbestandes für die verbliebenen Untersuchungsgebiete nicht ausmachen. Aus diesem Grund kamen im weiteren Verlauf auf Akzeptanz ausgerichtete Kriterien zur Anwendung, die eine Auswahl von wenigen Standorten für eine detaillierte geologische Erkundung ermöglichen sollten:

Akzeptanzkriterien

- Akzeptanz: Für sämtliche verbliebenen Untersuchungsgebiete wurden die zuständigen Gemeinden kontaktiert, um das Einverständnis für die eigentlichen Forschungsarbeiten zur Standortcharakterisierung abzufragen. Hintergrund war die Auffassung, dass die Akzeptanz durch die zuständige Gemeinde eine Voraussetzung für die Auswahl eines Endlagerstandorts sein müsse.
- Landbesitz: Vermeidung von Gebieten mit mehreren Eigentümern, Bevorzugung von Gebieten mit einem Eigentümer, im besten Fall staatlicher Besitz, zur Erleichterung der erforderlichen Nutzungsgenehmigungen für die geologischen Erkundungsarbeiten.

Die weitere Auswahl an Standorten für weiterführende geologische Standortuntersuchungen³⁸ vollzog TVO praktisch anhand der örtlichen Akzeptanz, wobei innerhalb der betroffenen Gemeinden aktiv, unter Hinweis auf sozioökonomische Vorteile eines Endlagers, um Akzeptanz geworben wurde. Diese aktive Form der Ansprache war auch vor dem Hintergrund einer durch die Tschernobyl-Katastrophe 1986 kritischer eingestellten Öffentlichkeit notwendig geworden.

Letztlich wurden als Ergebnis des Prozesses aus den verbliebenen 84 als geologisch gleichwertig betrachteten Untersuchungsgebieten fünf Standorte zur weiteren Erkundung ausgewählt, deren Gemeinden die Genehmigung für weitere Untersuchungen erteilt hatten, und die auch unter logistischen Gesichtspunkten (z.B. Transportinfrastruktur) geeignet erschienen.

Für die fünf noch in der Auswahl vorhanden Untersuchungsgebiete wurden Anfang der 1990er Jahre auf Basis aller bis dato vorhandenen Untersuchungsergebnisse vergleichende Sicherheitsuntersuchungen durchgeführt. Basierend auf den jeweiligen Modellvorstellungen der Standortgeologie wurden generische Endlagerkonzepte erstellt. An den fünf Standorten wurden geologische Erkundungsarbeiten, darunter auch erste Tiefbohrungen bis 1000 m Tiefe niedergebracht.

Der Vergleich führte zu der Ansicht, dass alle ausgewählten Untersuchungsgebiete potenziell als Endlager geeignet seien. Um den Aufwand für die nun anstehenden geowissenschaftlichen Untersuchungen zu verringern, stellte TVO zwei der fünf Standorte zurück. Die dabei angewendeten Kriterien waren:

Komplexität der örtlichen Geologie: Ziel war es hierbei, von den fünf Standorten zunächst nur diejenigen mit der einfachsten geologischen Struktur zu untersuchen. Ein Standort mit einer einfachen

³⁸ in POSIVA 2000 als „Preliminary Site Investigations“ bezeichnet

Geologie würde zu einer einfacheren Standortuntersuchung führen und die Erstellung des Safety Case vereinfachen.

Potenzieller sozialer Einfluss des Endlagers: Positiver Impuls für die Entwicklung der Gemeinde und die örtliche Arbeitsplatzsituation, der in gering besiedelten Gebieten weitaus stärker zum Tragen kommt als anderswo.

Parallel zu dieser Entwicklung fiel 1994 die Entscheidung, die Rückführung abgebrannter Brennelemente aus Loviisa nach Russland zu beenden. Hiermit verbunden erwuchs das Interesse, das Gebiet um Loviisa nachträglich in die engere Auswahl der Untersuchungsgebiete einzubeziehen. Die Gründe hierfür waren die gleichen wie in Olkiluoto: Vorhandenes Datenmaterial konnte ausgewertet werden, außerdem wurde die Nähe zu einem Abfallerzeuger als logistisch vorteilhaft bewertet. 1996 wurde von den Abfallerzeugern die gemeinsame Tochterfirma Posiva gegründet, die seither den Standortauswahlprozess und die nachfolgende Entwicklung des ausgewählten Endlagerstandorts durchführt.

Ab 1997 wurden demzufolge vier Untersuchungsgebiete weiter untersucht, darunter die Gebiete der beiden finnischen Kernkraftwerkstandorte.

Bereits zwei Jahre später entschieden sich die Abfallerzeuger, weitere Untersuchungen nur noch am Standort Olkiluoto fortzuführen. Mit dem diesbezüglichen Antrag wurden der finnischen Regierung für jeden der vier Auswahlstandorte Berichte zur Standortcharakterisierung und Sicherheitsbewertung vorgelegt.

Die Quintessenz des Auswahlverfahrens war die Feststellung, dass alle vier zuletzt noch betrachteten Standorte grundsätzlich als Endlager in Frage kämen, und dass keiner der Standorte unter Sicherheitsaspekten den anderen vorzuziehen sei. Die Genehmigungsbehörde STUK prüfte die Unterlagen und bestätigte daraufhin die Auswahl von Olkiluoto. 2012 reichte Posiva den Genehmigungsantrag ein, 2015 wurde die Genehmigung zur Errichtung des Endlagers erteilt.

Im Ergebnis hat der finnische Standortauswahlprozess nicht zu einem objektiv bestmöglichen Endlagerstandort auf finnischem Territorium geführt, sondern zu einem von allen Betroffenen akzeptierten Standort, von dem man nach den nationalen finnischen Vorstellungen eine ausreichend hohe Langzeitsicherheit für die Endlagerung abgebrannter Brennelemente erwartet.

5.1.2. Geologische Standortauswahlkriterien

Das vorangegangene Kapitel hat gezeigt, dass das finnische Standortauswahlverfahren geprägt war von einer schrittweisen Eingrenzung der Option, von der iterativen Anwendung geowissenschaftlicher Kriterien und infrastrukturellen/planungsrechtlichen Überlegungen, sowie einem sehr hoch gewichteten Vorteil der Nähe eines Untersuchungsgebiets zu einem Kernkraftwerksstandort. Zentrale Randbedingung war dabei das finnische Grundgebirge mit einer für die ausgewählten „Target-Areas“ und Untersuchungsgebiete als ähnlich betrachteten geologischen Situation. Dabei dienten bis zur Benennung von Olkiluoto bereits vorhandene oder einfach zu erhebende Standortinformationen und vertiefte geowissenschaftliche Untersuchungen (Bohrungen mit entsprechenden Messprogrammen, hydrogeologische Untersuchungen) als Grundlage der durchgeführten Vergleiche. Aus den geringen geologischen Unterschieden der Untersuchungsgebiete untereinander folgte letztlich die Eingrenzung der Optionen weitgehend anhand von nichtgeologischen Merkmalen, bis hin zu Benennung des Standorts Olkiluoto.

Im Rahmen der Standortauswahl wurden folgende „geologische Faktoren“ betrachtet:

- Topographie: Thematischer Hintergrund der Betrachtung topographischer Unterschiede waren die sich hieraus ergebenden hydraulischen Gradienten und damit ihr Einfluss auf die Hydrogeologie am jeweils zu betrachtenden Standort. Da die finnische Topographie von nur geringen Reliefunterschieden geprägt ist und daher nur geringen Einfluss auf die Grundwasserbewegungen hat, wurden aus der Topographie keine signifikanten Kriterien oder Indikatoren abgeleitet.
- Stabilität des Grundgebirges: Aktive Störungszonen sind bei der Standortauswahl zu vermeiden. Der baltische Schild als geotektonische Einheit des finnischen Grundgebirges wird allerdings als tektonisch stabile Einheit angesehen, insbesondere seismische Aktivitäten sind vernachlässigbar. Isostatische Ausgleichbewegungen entlang alter Störungszonen in Folge von Vergletscherungen wurden als speziell skandinavisches Phänomen mit betrachtet.
- Endlagertiefe: Als Randbedingung für die Standortauswahl wurde eine Endlagertiefe von 500 m angenommen, wobei auch größere Tiefen, falls erforderlich, als technisch machbar angesehen werden.
- Größe der Wirtsgesteinsformation: Die voraussichtliche Größe des Endlagers unter Tage ist eine Randbedingung die aufgrund der finnischen Grundgebirgsgeologie aber nicht als Einschränkung der Standortoptionen angesehen wurde.
- Homogenität des Wirtsgesteinsvorkommens: Granitischen Gesteinskörpern wird eine ausreichende Homogenität zugeschrieben, für andere Gesteinstypen (z.B. Gneise) wurde ebenfalls mit einer begrenzten Anzahl an homogenen tektonischen Blöcken gerechnet.
- Gesteinstyp: Granitischen Gesteinen verschiedener Ausprägung wurde das größte Potenzial zur Eignung als Endlagerstandort zugeschrieben.
- Störungen und Bruchstrukturen: Art und Häufigkeit bruchhafter Verformung des Grundgebirges wurden als wichtige Faktoren in Bezug auf die Stabilität des Endlagers und der Grundwasserfließverhältnisse angesehen.
- (Granitischer) Diapirismus: Die in Finnland vorkommenden Granitdome gelten als stabil, Bewegungen dieser Domstrukturen relativ zum Nebengestein finden nicht statt.
- Porosität der Gesteinsformation: Die Porosität kristalliner Gesteine wird mit Werten unter 1% angenommen, hydraulische Durchlässigkeiten ergeben sich i. W. durch Verwitterung und Klüftung. Vor diesem Hintergrund wurde Verwitterungserscheinungen und hohe Kluftdichte als zu vermeidende Merkmale definiert.
- Sorptionseigenschaften des Gesteins: Die Annahme im finnischen Standortauswahlprogramm war, dass mafische Gesteinsarten (z.B. Gabbros, Amphibolite) aufgrund ihres Mineralbestands zunächst bessere Sorptionskapazitäten aufweisen als felsische Gesteinsarten (z.B. Granite). Allerdings wurde auch die Auffassung vertreten, dass felsische Gesteine einen hohen Gehalt an Glimmer- und Tonmineralien aufweisen können, die ebenfalls über gute Sorptionseigenschaften verfügen. Außerdem seien Tonmineralien und Glimmer häufig in und um Störungen konzentriert, d.h. in den Bereichen, in denen überhaupt mit Grundwasserströmung gerechnet werden kann. Daher wurde die effektive Sorptionskapazität granitischer Gesteinsvorkommen insgesamt größer eingeschätzt.
- Rohstoffvorkommen: Hinsichtlich ggf. auftretender Nutzungskonflikte wurde die Abwesenheit von Rohstoffvorkommen als positives Merkmal für die Endlagereignung eingestuft.
- (glaziale) Erosion: Erosion, die durch Gletscher verursacht wurde, wurde nicht als signifikanter Einfluss auf die Endlagersicherheit angesehen und wurde daher bei der Standortauswahl nicht berücksichtigt.

5.1.3. „Umweltbezogene“ Standortauswahlkriterien

Die nicht unmittelbar mit den geologischen Eigenschaften eines Standorts in Verbindung stehenden Auswahlkriterien werden im Bericht der Posiva Oy (POSIVA 2000) als „Environmental site selection criteria“ bezeichnet. Sie waren im Endeffekt ausschlaggebend für die Standortentscheidung, da aus der geowissenschaftlichen Betrachtung heraus keine markanten Unterschiede herausgearbeitet und bewertet werden konnten. Dabei wurde die jeweilige und absehbare Situation der betrachteten Gebiete zum Zeitpunkt der Bewertung (hier Mitte der 1980er Jahre) zugrunde gelegt, wohl wissend, dass sich diese umweltbezogenen Merkmale während des Standortauswahlprozesses verändern können.

Folgende umweltbezogene Kriterien wurden in der Standortauswahl berücksichtigt:

- geringe Bevölkerungsdichte
- keine die Standortfindung beeinträchtigenden Nutzungskonflikte oder Nutzungseinschränkungen
- keine wichtigen Grundwasservorkommen
- vorteilhafte Nähe zu bestehenden Eisenbahnlinien oder Häfen
- vorteilhafte Straßentransportwege unter Vermeidung von Wohngebieten und unter Berücksichtigung von Gewichtseinschränkungen (z.B. aufgrund der Straßenbauart oder bei Brücken)
- vorteilhaft geringe Anzahl an Landeigentümern, im besten Fall nur ein Eigentümer, bevorzugt staatliche Eigentümerschaft
- vorteilhafte Erreichbarkeit einer Wohngegend zur Ansiedlung von Personal bzw. zur Beschaffung von Dienstleistungen und Personal für den Endlagerstandort.

5.2. Schweden

5.2.1. Das schwedische Standortauswahlverfahren

In Schweden tragen die Abfallerzeuger die Verantwortung für Standortauswahl und Durchführung der Endlagerung der radioaktiven Abfälle aus dem Kernkraftwerksbetrieb. Die Betreiber der kerntechnischen Anlagen haben hierfür die Tochterfirma SKB gegründet.

Mangels geologischer Alternativen war die Endlagerung in kristallinem Gestein von Beginn an das Konzept der Wahl (SKB 2011). Dies führt ab Mitte der 1970er Jahre zur Entwicklung des schwedischen KBS-3-Konzepts und zu diversen phänomenologischen (d.h. noch nicht auf Standorteignung bezogene) Untersuchungen unterschiedlicher Kristallingesteinsvorkommen und geologischer Randbedingung (z.B. Störungszonen). Als Anforderungen an einen Endlagerstandort werden langfristig stabile geologische Verhältnisse³⁹, ein hohes Rückhaltevermögen des Gesteins gegenüber Radionukliden und ein ausreichender Abstand zu abbauwürdigen Rohstoffen zur Vermeidung des Risikos menschlichen Eindringens genannt.

Die Regionen um die Kernkraftwerke in Östhammar (Forsmark) und Oskarshamn spielten bereits zu Beginn der eigentlichen Standortsuche für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle Ende der 1970er Jahre eine zentrale Rolle. Hier wurden bereits 1977 die ersten standortbezogenen geologischen Eignungsuntersuchungen inklusive Bohrungen durchgeführt (Metlay 2017). Dieser erste Versuch musste allerdings aufgrund von Verfahrensfehlern bei der Öffentlichkeitsbeteiligung bereits nach kurzer Zeit eingestellt werden. Anfang der 1990er Jahre wurde ein neuer Prozess gestartet, der in erster Linie auf dem Einverständnis der betroffenen Kommunen zur Durchführung von Machbarkeitsstudien beruhte. Nachdem ein landesweiter Aufruf zu keinem Ergebnis geführt hatte, wurden in einem zweiten Anlauf die fünf Gemeinden mit bereits existierenden kerntechnischen Anlagen gezielt angesprochen, mit dem Erfolg, dass drei Gemeinden mit Untersuchungen auf ihrem Gebiete einverstanden waren, die beiden anderen ihr Einverständnis nicht gaben.

Auf diese Weise wurden die Standortoptionen bereits zu Beginn des Auswahlprozesses aus Akzeptanzgründen auf die nähere Umgebung der Gemeinden Nyköping, Oskarshamn, und Östhammar eingeschränkt. Drei weitere, den bereits ausgewählten Kandidaten unmittelbar benachbarte Gemeinden erklärten ebenfalls ihr Einverständnis für Machbarkeitsstudien. Einer dieser Kandidaten wurde von SKB aufgrund ungünstiger hydrogeologischer Randbedingungen abgelehnt. SKB stellte fest, dass alle verbleibenden Gebiete hinsichtlich ihrer geologischen Eignungshöflichkeit gleichwertig seien und schlug insgesamt acht Standortalternativen für die vertiefte Untersuchung vor. Nach dem bis dato erzielten Kenntnisstand war eine weitere Priorisierung und Rangfolgenbildung hinsichtlich der geologischen Merkmale der Standorte nicht möglich. SKB priorisierte vertiefte Untersuchungen an vier der acht Standortalternativen und legte einen entsprechenden Vorschlag der schwedischen Regierung vor, die dem auch zustimmte.

Zwei Gemeinden zogen ihr Einverständnis später wieder zurück, schieden also auf eigene Entscheidung hin aus dem Verfahren aus. Nachdem eine vierte Gemeinde aufgrund von transportlogistischen Überlegungen (hier die Entfernung von der Küste als Erschwernis des Abfalltransports) von SKB ausgeklammert wurde, verblieben letztlich erneut nur die beiden Gemeinden Östhammar und Oskarshamn mit jeweils zwei Standortalternativen als Kandidaten für einen vertieften wissenschaftlichen Vergleich. Von diesen Standortalternativen hatte SKB bereits Forsmark (Östhammar) und Simpevarb (Oskarshamn) als bevorzugt zu untersuchen vorgesehen (Metlay 2017).

³⁹ in thermischer, hydrogeologischer, gebirgsmechanischer, seismisch-/tektonischer und geochemischer Hinsicht

Eingedenk der Erfahrungen aus dem missglückten ersten Versuch strebte SKB mit beiden Gemeinden nunmehr eine enge Zusammenarbeit an und betrieb aktiv die Einbindung und Überzeugung der Einwohner mit dem Ziel, das Vertrauen in die Tätigkeit von SKB und die Akzeptanz für die letztliche Standortentscheidung zu erhöhen (Metlay 2017).

Bis zu diesem Zeitpunkt basierte der Prozess der Standortauswahl auf vorhandenen Daten und Machbarkeitsstudien. In den Jahren 2001/2002 begannen die vertieften Standortuntersuchungen in Forsmark und Simpelvarp.

Die vergleichenden Untersuchungen ergaben für den Standort Forsmark Vorteile im Hinblick auf höhere Wärmeleitfähigkeit, höhere Gesteinsdichte und geringere Klufthäufigkeit. Diese Vorteile führten letztlich zur Entscheidung für Forsmark. SKB hat 2011 einen entsprechenden Antrag zur Errichtung des Endlagers gestellt, mit Erteilung der Genehmigung wird in den kommenden Jahren gerechnet.

Der schwedische Standortauswahlprozess war also von Beginn an aus Akzeptanzgründen eng mit den Standorten kerntechnischer Anlagen verknüpft. Machbarkeitsstudien und spätere Standortuntersuchungen konnten nur unter Maßgabe der Zustimmung der jeweiligen Gemeinde durchgeführt werden. Im Ergebnis hat der Prozess nicht zu einem objektiv bestmöglichen Endlagerstandort auf schwedischem Territorium geführt, sondern zu einem von den Betroffenen akzeptierten Standort, von dem man eine ausreichend hohe Langzeitsicherheit für die Endlagerung abgebrannter Brennelemente in Kristallingestein unter den Randbedingungen des schwedischen KBS-3-Konzepts erwartet.

5.2.2. Standortauswahlkriterien im schwedischen Verfahren

Das vorangegangene Kapitel hat gezeigt, dass das schwedische Standortauswahlverfahren von Beginn an auf ein Konzept in Kristallingestein ausgerichtet war und dass außerdem die örtliche Akzeptanz verfahrensleitend für die Auswahl an Gebieten für Machbarkeitsstudien und Standortuntersuchungen war. Geologische Kriterien und entsprechende Eigenschaften kamen systematisch erst zum Vergleich der bereits in der engeren Wahl befindlichen Standorte zum Tragen. Auch für die letztliche Eingrenzung auf zwei Standorte hatten kommunale Voten zum Ausscheiden einer Gemeinde aus dem weiteren Prozess eine größere Bedeutung als geologische Unterschiede. Möglich war dies, weil gerade die Unterschiede in den geologischen Eigenschaften der betrachteten Standorte im Ergebnis der Machbarkeitsstudien als vernachlässigbar angesehen wurden, und weil demzufolge allen betrachteten Standorte unter dem Aspekt der Langzeitsicherheit die gleiche Eignungshöflichkeit zugeschrieben wurde. Vor diesem Hintergrund konnten Kriterien wie der Ausschluss von Interessenskonflikten größere Bedeutung erlangen.

Geowissenschaftliche Kriterien

SKB hat im Jahr 2000 einen Bericht (SKB 2000b) zum methodischen Ansatz bei der Auswahl von Standorten für weiterführende Untersuchungen veröffentlicht. Darin sind auch Ausschlusskriterien und Eignungsmerkmale genannt, anhand derer Standorte auf ihre potenzielle Eignung für weiterführende Untersuchungen geprüft wurden:

Als Ausschlusskriterien galten demzufolge

- Interessenskonflikte (Rohstoffvorkommen oder anderweitige wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten)
- heterogene Struktur, schwierige Beschreibbarkeit

- Deformationszonen und geologische junge Störungen
- Grundwasseraustrittsgebiete, Quellgebiete,
- Für das schwedische Grundgebirge anomale Grundwasserzusammensetzung

Als Eignungsmerkmale wurden genannt:

- Ein weit verbreitetes Gesteinsvorkommen ohne vorteilhaft nutzbare Ressourcenvorkommen verringert das Risiko eines zukünftigen Nutzungskonflikts oder eines zukünftigen menschlichen Eindringens in ein Endlager.
- Ein großes Gebiet mit nur wenigen Störungszonen ermöglicht Flexibilität in der Positionierung der Anlage und bietet eine höhere Wahrscheinlichkeit für einen ausreichend großen geeigneten Gebirgsbereich.
- Eine gute Aufschlusssituation an der Geländeoberfläche und eine einfache geologische und tektonische Struktur ermöglichen eine gute Beschreibbarkeit und Interpretierbarkeit der geologischen Verhältnisse im Sinn der räumlichen Verteilung, bergbautechnischen Randbedingungen und Langzeitsicherheit.
- Der Grad der Anbindung an notwendige Infrastruktur, insbesondere Transportinfrastruktur, minimiert die Notwendigkeit des Neubaus von Straßen und Schienen zum Endlagerstandort.
- Möglichst wenige Nutzungskonflikte und schutzwürdige Umweltaspekte erleichtern die Anpassung an lokale Umweltauflagen
- Möglichst positive Einstellung und Nutzenerwartung der lokalen Bevölkerung gegenüber dem Projekt.

Ergänzend macht SKB in (SKB 2000a) noch folgende Angaben zu positiven Merkmalen eines für weitere Untersuchungen geeigneten Standorts:

- Zur ausreichenden Wärmeabfuhr geeignete thermische Gesteinseigenschaften
- Möglichst geringes natürliches Radonpotenzial
- geringe Häufigkeit von Klüften und lokalen Störungszonen
- geringe Grundwasserströmung (Gradient in Endlagertiefe < 1%)
- geringe Salinität des Grundwassers, Abdampfdruckstand < 100 g/l
- Sauerstofffreiheit des Grundwassers

Die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hat in einer Studie (BGR 2015) für die deutsche Endlagerkommission u.a. die im schwedischen Standortauswahlprozess erkennbaren geowissenschaftlichen Kriterien zusammengestellt. Den Recherchen der BGR zufolge wurden für den zum Abschluss durchgeführten Vergleich der beiden letztlich noch im Verfahren gebliebenen Standorte Forsmark und Simpevarp folgende sicherheitsbezogenen Merkmale geprüft und die Ergebnisse miteinander verglichen:

Auf die Endlagersicherheit bezogene Merkmale

- Zusammensetzung und Struktur des Wirtsgesteins, Abstand zu größeren Deformationszonen
- Zukünftige klimatische Verhältnisse, Auswirkungen zukünftiger Eiszeiten (Inlandeis, Permafrost)
- Gebirgsspannungen und geomechanische Eigenschaften des Wirtsgesteins (Primärspannungen, Festigkeiten)
- Risiko und Konsequenzen möglicher Erdbeben
- Grundwasserströmung, Verteilung und Permeabilität wasserführender Klüfte
- Derzeitige und zukünftige Zusammensetzung des Grundwassers
- Matrixdiffusion und Sorption von Radionukliden im Wirtsgestein
- Lokale Merkmale der Biosphäre
- bereits vorhandener Kenntnisstand bzgl. des Standortes, vorhandene Daten, Eindeutigkeit der Daten-Interpretationen

Technische und gesellschaftliche Faktoren

Neben den auf die Endlagersicherheit bezogenen Aspekten nennt SKB in seinem Bericht aus dem Jahr 2011 (SKB 2011) weitere technische und gesellschaftliche Faktoren, deren Unterschiede im Vergleich der beiden letzten Kandidaten vergleichend überprüft wurden:

- räumliche Flexibilität gegenüber Änderungen in Anordnung und Auslegung des Endlagers
- technische Risiken, Notwendigkeit technischer (neu)-Entwicklungen
- Funktionalität im Endlagerbetrieb, Einfachheit der Abläufe
- Synergiepotenzial mit bereits vorhandenen Einrichtungen
- Kosten
- Aufwand für Arbeits- und Gesundheitsschutz (z.B. Bewetterung unter Tage)
- Umweltauswirkungen
- Einfluss auf kulturell bedeutsame Orte,
- Umweltverträglichkeit (z.B. Belastung der Anwohner, Einfluss auf den Grundwasserhaushalt,) und ökobilanzielle Fragen (z.B. Materialbedarfe, Lieferketten)
- Verfügbarkeit von Dienstleistungen, Arbeitskräften, Wohngebiete und Infrastruktur für Personal.

5.3. Schweiz

5.3.1. Das Schweizer Standortauswahlverfahren

Nach dem Verursacherprinzip sind auch in der Schweiz die Entsorgungspflichtigen für die Vorbereitung und Realisierung der geologischen Endlagerung verantwortlich. Sie bedienen sich dabei der Nagra, einer von den Entsorgungspflichtigen zu diesem Zweck gegründeten Genossenschaft. Zuständige Behörde war bis 2008 die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK). Seit dem 1. Januar 2009 werden die Aufgaben vom Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) wahrgenommen.

Kristallingestein wurde in der Schweiz bereits in den 1970er Jahren als potenzielles Wirtsgestein für die Endlagerung in den Blick genommen. Im sog. Projekt „Gewähr“, dessen Abschlussbericht 1985 vorgelegt wurde, lag das kristalline Grundgebirge in der Nordostschweiz im Fokus. Gründe hierfür waren erste Referenzen zur Endlagerung im Kristallin aus Skandinavien, die Erwartung guter felsmechanischer Eigenschaften und die Erwartung, dass in der Nordschweiz hinreichend große ungestörte Kristallingesteinsblöcke ausgewiesen werden könnten. Außerdem wurden Nutzungskonflikte im Hinblick auf Rohstoffvorkommen im Nordschweizer Kristallin nicht erwartet. Das zu untersuchende Gebiet sollte außerdem tektonisch ruhig und in der Prognose langfristig stabil sein, weshalb Gebiete im unmittelbaren Alpenraum und im Bereich des Rheintalgrabens ausgeschlossen wurden. Die Tiefenlage des Endlagers sollte zwischen 500 und maximal 1.200 m unter der Erdoberfläche liegen.

Die Vorstellung großräumig ungeklüfteter Kristallinvorkommen hat sich allerdings nicht bewahrheitet. Zwar endete das Projekt Gewähr letztlich 2004 mit der behördlichen Feststellung, eine Endlagerung im Kristallin in der Schweiz sei grundsätzlich machbar. Es konnten aber auf Basis des erreichten Kenntnisstands keine Standortoptionen benannt werden, weshalb die Option einer Endlagerung im Kristallin in der Schweiz heute nicht mehr verfolgt wird.

Die systematische Suche nach einem (oder zwei) Endlagerstandorte(n) für hochradioaktive sowie für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, das sogenannten Sachplanverfahren (BFE 2011b), läuft in der Schweiz seit der Verabschiedung des Sachplans im Jahr 2008. Das dreistufig angelegte Verfahren (BFE 2011a) beinhaltet in Etappe 1 die Benennung einer Auswahl geeigneter Standortgebiete aufgrund sicherheitstechnischer und geologischer Kriterien. Im Ergebnis der Etappe 1 wurden 2011 sechs Standortgebiete für das weitere Verfahren ausgewählt. Das Verfahren befindet sich derzeit in Etappe 2. In dieser Etappe werden die Standortgebiete miteinander verglichen mit dem Ziel, die Anzahl der Optionen auf mindestens zwei Standorte einzuschränken. Hierbei werden über die Anwendung von Kriterien hinaus standortbezogene Sicherheitsanalysen durchgeführt. Etappe 2 steht vor dem Abschluss. NAGRA hat zwei Standorte vorgeschlagen, ein dritter ist aufgrund einer Empfehlung des ENSI noch in der Diskussion.

Zwei bzw. drei Standorte werden demzufolge in der Etappe 3 vertieft untersucht. Die Lagerprojekte werden unter Einbezug der Standortregionen konkretisiert und die sozioökonomischen Auswirkungen vertieft untersucht. Im Ergebnis der Etappe 3 soll NAGRA Rahmenbewilligungsgesuche für die Genehmigungsverfahren für je ein Endlager für hochradioaktive bzw. schwach- und mittelradioaktive Abfälle an unterschiedlichen Standorten oder an einem gemeinsamen Standort vorlegen.

5.3.2. Kriterien im Auswahlverfahren

Im Ergebnis der Untersuchungen der geologischen Wirtsgesteinsalternativen, bei denen neben Kristallin und Opalinuston auch andere Sedimentgesteinsvorkommen betrachtet wurden, wurden

bereits 1995 die Schweizer Opalinuston-Vorkommen als bevorzugte Zielgebiete der Endlagersuche für hochradioaktive Abfälle ausgewählt. Bei der Auswahl des Opalinustons unter den in der Schweiz anzutreffenden potenziell geeigneten Sedimentgesteinen wurden eine Reihe von Ausschluss- und Beurteilungskriterien benannt (HSK 2005):

Ausschlusskriterien:

- Tektonische/seismische Komplexität
- Ungenügende (< 300 m) oder zu große (> 1200 m) Überdeckung

Beurteilungskriterien:

- Genügende Ausdehnung und Mächtigkeit (mindestens 100 m) des Wirtsgesteins
- Günstige geo- und hydrochemische Verhältnisse
- Geringe Durchlässigkeit des Wirtsgesteins
- Ausreichend nachweisbare Fließsysteme
- Potenzial zur Selbstabdichtung von Klüften und Störungen, z.B. durch Quelfähigkeit der Tone
- Geologische Langzeitstabilität der Wirtsgesteinsformation
- Verdünnungspotenzial in Grund- und/oder Oberflächengewässern
- Nachweisbarkeit der angenommenen Standorteigenschaften und ihrer zeitlichen Entwicklung

Aus der Anwendung dieser Kriterien auf die in Frage kommenden Sedimentgesteins-Vorkommen wurden zunächst die Untere Süßwassermolasse (USM) und der Opalinuston als potenziell geeignete Gesteinsformationen ausgewählt. Die USM wurde später aufgrund erwartbar größerer Schwierigkeiten bei der Erkundung zugunsten des Opalinustons zurückgestellt.

Die Eigenschaften dieses Gesteins werden seit 1996 im Felslabor Mont Terri untersucht. Mit dem 2002 vorgelegten und 2006 vom Bundesrat gutgeheißenen sogenannten „Entsorgungsnachweis“ wurde die grundsätzliche Machbarkeit einer Endlagerung in der Schweiz aufgezeigt, ohne dies mit konkreten Standortvorschlägen zu verknüpfen.

Grundlegende sicherheitsgerichtete Kriterien für eine räumliche Eingrenzung der in Frage kommenden Opalinuston-Vorkommen waren:

- Tiefenlage zwischen 400 und 1.000 m
- Mächtigkeit mindestens 100 m
- ruhige, tektonisch ungestörte Lagerung
- keine Hinweise auf neotektonische Aktivitäten

Als Grundlage für das Sachplanverfahren hat die HSK als zuständige Behörde im Jahr 2007 ein Dokument zur Festlegung „sicherheitstechnischer Kriterien“ bei der Evaluierung der in den Etappen des Sachplanverfahrens geprüften Standortoptionen vorgelegt (HSK 2007). Das Dokument beschreibt, welche sicherheitstechnischen Kriterien bei der Auswahl potenzieller Standortregionen und Standorte für geologische Tiefenlager zur Anwendung kommen, wie diese von den Entsorgungspflichtigen bei der Erarbeitung von Vorschlägen zu berücksichtigen sind und wie sie bei der Prüfung und Beurteilung der Vorschläge durch die Behörden verwendet werden. Das Dokument beruft sich dabei auch auf internationale Ausarbeitungen der ICRP, der IAEA und der Joint Con-

vention, sowie auf die schweizerische Gesetzgebung und das dazu gehörige behördliche Regelwerk.

Im Hinblick auf die standortbezogenen Eigenschaften der potenziellen Wirtsgesteinsvorkommen und ihren Vergleich zwischen den betrachteten Standorten wurden von der HSK folgende sicherheitstechnischen Kriteriengruppen und zugehörige Kriterien benannt, die im Standortauswahlverfahren oberste Priorität (HSK 2007)⁴⁰ haben:

- Eigenschaften des Wirtsgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches
 - Räumliche Ausdehnung (Mächtigkeit, laterale Ausdehnung, Verbreitung, Tiefenlage, unter Berücksichtigung der geologisch-tektonischen Verhältnisse und des Platzbedarfs des Endlagers)
 - Hydraulische Barrierenwirkung (Wasserführung, Stofftransport, regionale hydrogeologische Situation, hydraulische Durchlässigkeit, hydraulischer Gradient)
 - Geochemische Bedingungen (Mineralogie, Wasserchemismus, pH-Wert, Redox-Bedingungen)
 - Freisetzungspfade (Art und Verteilung von Porosität bzw. Kluftsystem, Selbstabdichtungspotenzial)
- Langzeitstabilität
 - Beständigkeit der Standort- und Gesteinseigenschaften (Möglichkeit der Beeinträchtigung und Veränderung des Isolationspotenzials)
 - Einfluss Erosion (Tiefenlage des Endlagers, Hebungsrate, Erosionsrate, glaziale Tiefenerosion)
 - Lagerbedingte Einflüsse (Gasentwicklung der Abfälle, Gastransport, Wärmeeintrag und Wärmeempfindlichkeit, THMC-gekoppelte Prozesse, chemische Wechselwirkungen, Auflockerungszone (EDZ), Selbstabdichtungs- und Verheilungsvermögen)
 - Nutzungskonflikte (aus heutiger Sicht wirtschaftlich nutzungswürdige Rohstoffe)
- Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen
 - Charakterisierbarkeit der Gesteine (Möglichkeiten der Charakterisierung, Homogenität, Heterogenität der Gesteinseigenschaften)
 - Explorierbarkeit der räumlichen Verhältnisse (geologisch-tektonische Komplexität der geologischen Verhältnisse)
 - Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen (Klimaentwicklung, Geodynamik, Neotektonik, Seismizität während des Beurteilungszeitraums)
- Bautechnische Eignung
 - Felsmechanische Eigenschaften und Bedingungen (felsmechanische Eigenschaften, Bedingungen für Bau, Betrieb, Überwachung und Verschluss)
 - Untertägige Erschließung und Wasserhaltung (Bedingungen für die Erschließung von untertägigen Hohlräumen, insbesondere bautechnische und hydrogeologische Verhältnisse)

Die einzelnen Kriterien werden in (HSK 2007) im Einzelnen erläutert, dabei werden die zu beurteilenden Aspekte und die Relevanz für die Sicherheit des Endlagers näher ausgeführt. Auf diese Beschreibungen kann an dieser Stelle verwiesen werden.

⁴⁰ Heutige gesellschaftliche, raumplanerische, umweltschutzbezogene und wirtschaftliche Aspekte sind der Sicherheit des Endlagers nachgeordnet.

5.4. Deutschland

5.4.1. Das deutsche Standortauswahlverfahren

In Deutschland hat das Auswahlverfahren für einen Endlagerstandort für hoch radioaktive Abfälle im Jahr 2013 neu begonnen, nachdem die jahrzehntelange alleinige Untersuchung des Salzstockes Gorleben nicht zu einem abschließenden Ergebnis geführt hat. In den Jahren 2014 bis 2016 hat eine pluralistisch besetzte „Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“ (Endlagerkommission) über die in Deutschland bestehenden wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und juristischen Randbedingungen und die Gestaltung des Standortauswahlprozesses beraten (Endlagerkommission 2016). Mit Verabschiedung des revidierten Standortauswahlgesetzes im Frühjahr 2017 (Deutscher Bundestag 2017) besteht nun eine neue gesetzliche Grundlage für eine deutschlandweite Standortsuche unter Einbeziehung der drei international diskutierten Wirtsgesteinsoptionen Steinsalz, Tonstein oder Kristallin.

Zentrale Merkmale des Verfahrens sollen

- Partizipation
- Wissenschaftsbasiertheit
- Transparenz
- selbsthinterfragendes und lernendes Verfahren

sein. In den kommenden Jahren soll auf dieser Grundlage ein mehrstufiges Verfahren durchlaufen werden, in dem, ausgehend vom gesamten deutschen Staatsgebiet, systematisch und für jeden nachvollziehbar zunächst geologische Suchräume (z.B. Wirtsgesteinsvorkommen) und dann schrittweise Gebiete mit günstigen geologischen Verhältnissen (Einhaltung von Mindestanforderungen und Ausschlusskriterien), Standortregionen zur übertägigen Erkundung, Standorte zur untertägigen Erkundung und letztlich der eine Standort zur Realisierung des Endlagers gefunden werden soll.

Die operative Verantwortung für die Standortauswahl liegt dabei unmittelbar in staatlicher Hand. Hierzu wurden im Laufe der Neuordnung des Standortauswahlprozesses auch die Organisationsstrukturen neu gefasst: Unmittelbar zuständig für die Standortauswahl ist nunmehr die in Bundesbesitz befindliche, privatrechtlich organisierte Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE). Aufsicht und Regulierung obliegen dem neu geschaffenen Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE).

Der Gesetzgeber hat für das Standortauswahlverfahren eine Reihe von geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien festgelegt. Darüber hinaus wurden planungswissenschaftliche Abwägungskriterien definiert, die zum Vergleich ansonsten gleichwertiger Standortoptionen herangezogen werden sollen. Es wurden keine planungsbezogenen Ausschlusskriterien definiert.

Zentraler Begriff im deutschen Standortauswahlverfahren ist der sogenannte „einschlusswirksame Gebirgsbereich“. Mit diesem Bereich ist bei Endlagersystemen, die wesentlich auf geologischen Barrieren beruhen, der Teil des Gesteinsvolumens unter Tage (bzw. des Gebirges im bergmännischen Sinn) gemeint, der im Zusammenwirken mit den technischen und geotechnischen Verschlüssen den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle gewährleistet. Auf Endlagerkonzepte in Kristallingesteinen, die im Wesentlichen auf der Wirksamkeit technischer Barrieren beruhen, wie dem tschechischen Konzept, ist dieser Begriff nicht ohne weiteres übertragbar, obwohl er auch im deutschen Kontext im Sinne eines kristallinen Homogenbereichs geführt wird.

Die Kriterien sind während des gesamten Auswahlprozesses, also bei jeder Standortbewertung, zugrunde zu legen, sie werden außerdem von schrittweise verfeinerten Sicherheitsuntersuchungen untersetzt. Aufgrund der in Deutschland vorhandenen Vielfalt an möglichen Wirtsgesteinen sollen die Kriterien wirtsgesteinsunabhängig gelten, sind aber teilweise mit wirtsgesteinsspezifischen Aspekten ausgestattet.

5.4.2. Geowissenschaftliche Ausschlusskriterien

Gemäß Standortauswahlgesetz (Deutscher Bundestag 2017) sind Gebiete nicht als Endlagerstandort geeignet, wenn mindestens eines der folgenden Ausschlusskriterien erfüllt ist:

- Großräumige Vertikalbewegungen von im Mittel mehr als 1 mm pro Jahr innerhalb der kommenden 1 Mio. Jahre
- Aktive Störungszonen, an denen innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre Bewegungen stattgefunden haben
- Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit mit negativen Einflüssen auf Spannungszustand und Permeabilität des Gebirges im Endlagerbereich, vorhandene alte Bohrungen dürfen die Einschlussfunktion nachweislich nicht beeinträchtigen
- Die örtliche seismische Gefährdung ist größer als in Erdbebenzone 1 (nach DIN EN 1998-1/NA 2011-01)
- Quartärer oder zukünftig zu erwartender Vulkanismus
- Vorhandensein von jungem Grundwasser im Endlagerbereich

5.4.3. Geowissenschaftliche Mindestanforderungen

Im Standortauswahlverfahren geprüfte Gebiete gelten dann als für einen Endlagerstandort geeignet, wenn sämtliche der folgenden Mindestanforderungen erfüllt sind:

- Gebirgsdurchlässigkeit im einschlusswirksamen Gebirgsbereich oder in den Einlagerungsbereich überlagernden Gesteinsschichten geringer als 10^{-10} m/s
- Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mindesten 100 m, in Kristallingestein ersetzbar durch das Zusammenwirken von Gestein und technischen/geotechnischen Barrieren
- Die Oberfläche eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs muss mindestens 300 m unter der Geländeoberfläche liegen, in jedem Fall tiefer als die zu erwartende größte Tiefe von Erosionsauswirkungen in den kommenden eine Million Jahren. Spezifische Randbedingungen bei Steinsalz (300 m Salzscheibe) und Tonstein (genügen Überdeckung um Dekompaktion bei Erosion auszuschließen) sind zusätzlich zu beachten.
- Ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich muss über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht.
- Es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, über die kommenden eine Million Jahre zweifelhaft erscheinen lassen.

5.4.4. Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien dienen dem Vergleich von Standorten, die durch Einhaltung der Mindestanforderungen und Ausschlusskriterien für den weiteren Auswahlprozess qualifiziert sind. Dabei sind immer alle Abwägungskriterien zu prüfen und im Vergleich zwischen Standorten zu bewerten. Z.T. lassen sich die in den Abwägungskriterien abgefragten Aspekte an einem bestimmten Standort erst bei fortgeschrittenem Kenntnisstand prüfen.

Die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien sind teilweise in komplexer Art und Weise mit Eigenschaften, Indikatoren und zugehörigen Bewertungsspektren (in der Regel gestaffelt in „günstig“, „bedingt günstig“, „ungünstig“) unterlegt. Bezüglich der Details wird hier auf die zugehörigen Anlagen 1 bis 12 des Standortauswahlgesetzes (Deutscher Bundestag 2017) verwiesen. Sie betreffen die folgenden Eigenschaften eines Endlagerstandorts:

- Transport radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Grundwasserströmung, Grundwasserangebot, Diffusionsgeschwindigkeit)
- Konfiguration der Gesteinskörper (Barrierewirksamkeit, Robustheit und Sicherheitsreserven, Volumen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, Anschluss an bzw. Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial)
- Räumliche Charakterisierbarkeit (Variationsbreite und räumliche Verteilung der geologischen und tektonischen Merkmale)
- langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse (hergeleitet aus der geologischen Entstehungsgeschichte des jeweiligen Gesteinsvorkommens)
- günstige gebirgsmechanische Eigenschaften (Neigung zur Ausbildung mechanisch induzierter Sekundärpermeabilitäten im einschlusswirksamen Gebirgsbereich)
- Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten (Veränderbarkeit der Gebirgsdurchlässigkeit, Rückbildbarkeit von Rissen)
- Gasbildung (Wasserangebot im Einlagerungsbereich)
- Temperaturverträglichkeit gegenüber dem Wärmeeintrag durch die hochradioaktiven Abfälle
- Rückhaltevermögen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Sorptionsfähigkeit der Gesteine gegenüber Radionukliden)
- hydrochemische Verhältnisse (chemisches Gleichgewicht mit dem Wirtsgestein, neutraler bis leicht alkalischer pH-Wert, reduzierendes Milieu, Konzentration an Kolloiden, Komplexbildnern und Karbonat)
- Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge (Überdeckung, erosionshemmende Gesteine, strukturelle Komplikationen)

5.4.5. Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien

Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien dienen vorrangig der räumlichen Eingrenzung potenziell für ein Endlager geeigneter Gebiete, soweit eine Eingrenzung sich nicht bereits aus der Anwendung der geowissenschaftlichen Kriterien und vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen ergibt. Sie können auch für einen Vergleich zwischen Gebieten herangezogen werden, die unter Sicherheitsaspekten als gleichwertig zu betrachten sind. Eine Abwägung der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien mit den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien erfolgt nicht, da im Gesamtprozess der Standortauswahl die sicherheitsgerichteten geowissenschaftlichen Merkmale Vorrang genießen (Primat des Sicherheit). Planungswissenschaftliche Kriterien werden im Stand-

ortauswahlgesetz in Anlage 12 näher spezifiziert. Sie betreffen die folgenden Eigenschaften eines Gebiets:

- Abstand zu vorhandener bebauter Fläche von Wohngebieten und Mischgebieten
- Emissionen (zum Beispiel Lärm, Schadstoffe)
- Grundwasservorkommen zur Trinkwassergewinnung
- Naturschutz- und Schutzgebiete
- bedeutende Kulturgüter
- Anlagen mit Störfallrisiko am Standort
- potenzieller Nutzung des Untergrunds zum Abbau von Bodenschätzen, zum Fracking, für geothermische Nutzung oder Nutzung zu Speicherzwecken

6. Gesamtbewertung

6.1. Bewertung übergeordneter Aspekte

6.1.1. Geplante Vorgehensweise im tschechischen Standortauswahlverfahren

Wie die Analyse in den vorangehenden Kapiteln zeigt, hat der derzeitige Ansatz der Standortauswahl in Tschechien eine vergleichsweise lange Vorgeschichte. Seit Anfang der 1990er Jahre wurden verschiedene Standortoptionen betrachtet. Die dabei zusammengetragenen Informationen und ihre Bewertung hinsichtlich einer potenziellen Standorteignung bilden die Grundlage des heutigen Kriterien-Leitfadens (SÚRAO 2015d).

Darüber hinaus haben die vergangenen Aktivitäten bereits zu einer Auswahl an potenziellen Standortgebieten geführt: sechs Gebiete⁴¹ wurden zuletzt im Projekt „Geobariéra“ (Geobariéra 2006) als vorläufiges Endergebnis der seit Anfang der 1990er Jahre durchgeführten wissenschaftlichen Betrachtungen als vielversprechend für weiterführende Untersuchungen ausgewählt. Diese Standortgebiete werden von SÚRAO hinsichtlich ihrer potenziellen Eignung als gleichwertig angesehen. Sie gelten jedenfalls unter sicherheitlichen Gesichtspunkten ohne zusätzliche standortspezifische Untersuchungen nicht weiter differenzierbar.

Ein weiteres Standortgebiet, Kravi Hora, wurde aufgrund des dortigen ehemaligen Uranbergbaus, des in der Region ansässigen Staatsbetriebs DIAMO und der hieraus erwarteten Synergie und örtlichen Akzeptanz, also offenbar als „gute Gelegenheit“ in die Auswahl aufgenommen. Die Erstprüfung der Standorteignung steht offenbar noch aus. In der dortigen ehemaligen Uranmine in Rohna wird allerdings seit 2013 ein Untertagelabor („Bukov Underground Research Facility“) eingerichtet.

Erst 2015 wurden mit dem Vorschlag, das Endlager aus Akzeptanz- und Praktikabilitätsgründen in der Nähe eines der beiden Kernkraftwerksstandorte Temelín und Dukovany zu errichten, die Auswahl um zwei weitere Optionen ergänzt. Auch hier steht das Ergebnis der Erstprüfung noch aus. Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist, dass sich die Leiterin der Regulierungsbehörde SÚJB erst im Dezember 2016 fachöffentlich und unabhängig von der laufenden Prüfung dafür ausgesprochen hat, dass das tschechische Endlager am besten in der Nähe eines der Kernkraftwerke in Temelín oder Dukovany platziert wäre⁴².

Insofern stehen derzeit insgesamt neun Standortoptionen in der Diskussion. Sämtliche Standortgebiete weisen Kristallinvorkommen als potenzielle Wirtsgesteine auf. Obwohl sich der aktuelle Kriterien-Leitfaden (SÚRAO 2015d) von seiner Widmung her nur auf die sechs im wissenschaftlichen Verfahren ausgewählten Standortgebiete bezieht, kann wohl davon ausgegangen werden, dass er für alle neun Optionen Anwendung finden soll. Den sechs bereits ausgewählten Standortgebieten wird unterstellt, dass ihre bis dato bekannten Eigenschaften (frei übersetzt⁴³) „erwarten lassen, dass es zukünftig möglich sein wird, die Betriebs- und Langzeitsicherheit eines Endlagers im betreffenden Gebiet nachzuweisen und ihre Umweltverträglichkeit sowie einen akzeptablen Einfluss auf die Lebensqualität der örtlichen Bevölkerung zu zeigen.“ Für die drei nachträglich in

⁴¹ Lodhéřov, Budišov, Blatno, Božejovice, Pačejov, Rohozná

⁴² NE 2016, p. 7 (News)

⁴³ SÚRAO 2015d, S. 13: “[...]indicating that it may be feasible in the future to clearly demonstrate operational and long-term safety of the DGR and its acceptable impacts on the environment and on the living conditions of the population within the area.”

die Auswahl genommenen Standortgebiete steht eine entsprechende Auswertung und Bewertung vorhandener Daten noch aus.

In keinem der betrachteten Standortgebiete wurden bisher geologische Erkundungsmaßnahmen mit dem Ziel einer standortspezifischen Charakterisierung des potenziellen Endlagerbereichs (der sogenannten „isolation section“⁴⁴) durchgeführt. Vielmehr beruht der Kenntnisstand auf der Sichtung und Interpretation vorhandener Informationen, die sich im Wesentlichen auf die oberflächennahe Geologie, vorhandene, flachgründige Bohrlochdaten, indirekte, gering auflösende geophysikalische Messdaten und planungswissenschaftliche Erhebungen zur technischen Machbarkeit beziehen.

Selbstverständlich beinhalten der hieraus entstandene Kenntnisstand und die vorgenommenen Bewertungen Unsicherheiten. SÚRAO weist auch selbst darauf hin, dass zentrale Wirtsgesteinsmerkmale im eigentlichen Endlagerbereich in der derzeitigen Verfahrensstufe nur durch Analogieschlüsse aus anderen, tschechischen oder ausländischen, Kristallingesteinsvorkommen oder aus Experimenten in Untertagelaboren abgeschätzt werden können. Genannt werden in diesem Zusammenhang thermische, hydraulische, mechanische, chemische und mikrobiologische Eigenschaften des Wirtsgesteinsvorkommens sowie seine Gaspermeabilität⁴⁵, standortspezifische hydrogeologische Merkmale (insb. Kluftsystem, benachbarte Störungszonen, Gebirgsdurchlässigkeit)⁴⁶, sowie Eigenschaften von Gestein und Grundwasser hinsichtlich eines potenziellen Radionuklidtransports⁴⁷. Für diese Eigenschaften liegen bisher keine unmittelbaren Erkenntnisse vor.

Vor diesem Hintergrund ist der aktuelle Zweck des tschechischen Kriterien-Leitfadens zu beachten: Er dient der weiteren Eingrenzung der bereits vorausgewählten Optionen auf zwei Standortgebiete⁴⁸. Diese Eingrenzung soll bis 2020 erfolgen. Methodisch erhebt SÚRAO dabei den Anspruch, dass die derzeitige Liste im Laufe eines sich weiter entwickelnden Kenntnisstands⁴⁹ in einem schrittweisen Prozess⁵⁰ verkürzt werden soll. Dabei wird für jeden Untersuchungsschritt eine Vertiefung der geologischen Untersuchungen und Analysen angekündigt⁵¹. Aus den methodischen Hinweisen in Kapitel 4 des Kriterien-Leitfadens geht außerdem hervor, dass standortspezifische Endlagerkonzepte für die in der Auswahl stehenden Standortoptionen erarbeitet werden sollen⁵². Dies ist sinnvoll, da sicherheitsbezogene Vergleiche zwischen den einzelnen Standortoptionen immer auch das jeweilige standortspezifische Konzept berücksichtigen müssen, so dass letztlich insgesamt nicht (nur) Standortmerkmale, sondern Endlagersysteme als Ganzes miteinander verglichen werden.

⁴⁴ Der Begriff „Isolation Section“ wird in der englischen Übersetzung des Kriterien-Leitfadens verwendet. Zu verstehen ist er im Sinne eines Einlagerungsbereichs unter Tage (SÚRAO 2015: „That part of the underground repository in which radioactive wastes are stored“). Dieser Bereich verfügt nicht (wie der Begriff verstanden werden könnte) per se über eine Isolations- bzw. Einschlusseigenschaft gegen über den Abfällen: im tschechischen Endlagerkonzept liegt die Einschlussfunktion in erster Linie bei den technischen Barrieren (Abfallmatrix, Behälter, Buffer). Strecken- und Schachtverschlüsse verschließen die durch das Endlager hervorgerufenen Hohlräume und blockieren damit präferenzielle Fließwege. Dem Kristallingestein selbst wird keine Einschlusseigenschaft beigemessen. Insofern wäre eine Lesart analog des im Deutschen definierten „einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ nicht korrekt.

⁴⁵ SÚRAO 2015d, Kap. 6.2.5

⁴⁶ SÚRAO 2015d, Kap. 6.2.2

⁴⁷ SÚRAO 2015d, Kap. 6.2.6

⁴⁸ SÚRAO 2015d, Kap. 1.1, S. 11

⁴⁹ SÚRAO 2015d S. 17: „... as our knowledge of the sites broadens and deepens.“

⁵⁰ SÚRAO 2015d Kap. 4

⁵¹ SÚRAO 2015d, S. 17: “The site data and information will be refined and deepened within each consecutive stage by using a more detailed geological survey and more analyses.”

⁵² SÚRAO 2015d, Kap. 4, S. 17 Nr. 2 und 3 in der dortigen Aufzählung

SÚRAO beschreibt die Durchführung standortspezifischer Erkundungsprogramme auch in ihrem mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsplan (SÚRAO 2015b)⁵³. Dort sind die Erkundungsprogramme als „scheduled work“⁵⁴, also als geplante Arbeiten, angegeben. Es wird zwischen einer nicht invasiven, oberflächlichen „*prospecting stage*“, einer mit (ersten) tiefen Bohrungen verbundenen „*survey stage*“ und einer vertiefenden „*detailed survey stage*“ unterschieden, wobei letztere erst im Zuge des Genehmigungsverfahrens und nur für die beiden finalen Standortkandidaten zum Tragen kommen soll.

Bereits im Rahmen der „*prospecting stage*“ soll die Anzahl der Standortoptionen auf nur noch vier eingeschränkt werden, ohne dass hierfür gegenüber dem heutigen Kenntnisstand mit genaueren Informationen bezüglich der Endlagersicherheit zu rechnen ist.

Genauere Informationen zu den sicherheitsrelevanten Standorteigenschaften sollen demzufolge erst für die dann ausgewählten vier Standorte im Rahmen der „*survey stage*“ gewonnen werden. Unserer Ansicht nach setzt hingegen ein auf Kriterien gestützter Standortvergleich in einem am Primat der Sicherheit ausgerichteten Auswahlverfahren voraus, dass an allen derzeit in der Diskussion stehenden, von SÚRAO als sicherheitlich nicht unterscheidbar betrachteten, Standortgebieten geowissenschaftliche Erkundungen bis mindestens zur o.g. „*survey stage*“ durchgeführt werden. Diese müssen standortbezogen die wesentlichen geologischen Parameter liefern, die zur Anwendung der definierten Indikatoren erforderlich sind, um auf diesem Weg sicherheitsgerichtete Unterschiede zwischen den Standortgebieten zu erkennen und vergleichen zu können. Erst dann lässt sich belastbar begründen, welche Standortoptionen prioritär weiter zu untersuchen sind.

Dass die Ergebnisse dieser Arbeiten von SÚRAO für entsprechend der derzeitigen Planung bis 2020 vorgelegt und die Reduzierung der Standortoptionen auf zwei Standortkandidaten bis dahin abgeschlossen und mit sicherheitsbezogenen Argumenten begründet werden können, erscheint vor dem Hintergrund, dass die erforderlichen Untersuchungen noch ausstehen, eher unwahrscheinlich. Falls entsprechend dem (politischen) Zeitplan bis 2020 zwei Standortkandidaten benannt würden, wäre besondere Aufmerksamkeit bezüglich der dabei verwendeten standortspezifischen Datenlage geboten.

6.1.2. Das tschechische Endlagerkonzept

Das tschechische Endlagerkonzept sieht die Endlagerung radioaktiver Abfälle, die nicht den Anforderungen der bestehenden oberflächennahen Endlager entsprechen, sowie abgebrannter Brennelemente in einem kristallinen Wirtsgestein in einer Tiefe von ca. 500 m vor. Radioaktive Abfälle sollen in Betoncontainern in Lagerkammern endgelagert werden. Für abgebrannte Brennelemente ist eine Endlagerung vertikal oder horizontal in Bohrlöchern in sogenannten Supercontainern vorgesehen. Im mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsplan (SÚRAO 2015b) ist als Grundlage für die Endlagerplanung eine Schätzung der einzulagernden Abfallmengen enthalten: 12.000 t an abgebrannten Brennelementen (mit rd. 7.700 t SM), etwa 1 m³ hochradioaktiver Wiederaufarbeitungsabfälle aus Forschungsreaktoren und etwa 4.300 t schwach- und mittelradioaktive Abfälle sollen im zukünftigen Endlager untergebracht werden. Diese Schätzung berücksichtigt auch Inventare aus geplanten Kernkraftwerken. Als Ausgangspunkt für die ersten Schritte eines Standortauswahlverfahrens sind die Angaben aus unserer Sicht hinreichend plausibel.

Unter dem „Supercontainer“ wird ein Metallcontainer verstanden, der sich in einem Bentonitmantel befindet. Der eigentliche Metallcontainer ist zweilagig aufgebaut: die äußere Ummantelung besteht

⁵³ SÚRAO 2015b, Kap. 5, S. 35

⁵⁴ SÚRAO 2015b, Kap. 5.1.3, S. 36f,

aus Kohlenstoffstahl, die innere aus rostfreiem Edelstahl⁵⁵. Hierbei fällt auf, dass keine dickwandigen Kupferbehälter vorgesehen sind, wie sie bei den fortgeschrittenen Endlagerkonzepten im Kristallin in Schweden und Finnland Anwendung finden. Das Konzept des „Supercontainers“ ist eigentlich typisch für Endlagerkonzepte in Tonstein, bei denen das Wirtsgestein maßgeblich zur langfristigen Rückhaltung von Radionukliden beiträgt. In Kristallin hat die Integrität des Behälters über lange Zeiträume aufgrund der zu unterstellenden Wechselwirkung mit Grundwasser eine höhere Bedeutung, weshalb hier die Verwendung korrosionsstabilerer Kupferbehälter den Stand von Wissenschaft und Technik darstellt, (wenngleich auch für diesen Korrosionseffekte diskutiert werden). Insofern bleibt zunächst unklar, inwieweit das tschechische Endlagerkonzept, basierend auf dem „Supercontainer“ aus Stahl in einer kristallinen Wirtsgesteinsumgebung, im Hinblick auf seine Wechselwirkung mit Grundwasser, der erwarteten Versagenswahrscheinlichkeit und der hieraus abgeleiteten Radionuklidfreisetzung vergleichbar ist mit dem schwedischen KBS-3-Konzept und den dort vorgesehen Kupferbehältern.

6.1.3. Die Sicherheitsphilosophie

Die im tschechischen Standortauswahlverfahren verfolgte Sicherheitsphilosophie zielt, anders als dies z.B. in Deutschland formuliert ist, nicht (erkennbar) darauf ab, den im Hinblick auf die Sicherheit *bestmöglichen* Standort zu finden. Vielmehr lassen einzelne Formulierungen im Kriterien-Leitfaden⁵⁶ darauf schließen, dass Standorte, die die Sicherheitsanforderungen einhalten, als sicherheitstechnisch gleichwertig angesehen werden und diese dann unter nicht-sicherheitsbezogenen Gesichtspunkten miteinander verglichen und hierarchisiert werden können. Dieser Ansatz ist an den in der Kerntechnik (außerhalb der Endlagerung!) üblichen Prinzipien orientiert: der erforderliche Sicherheitsnachweis ist im Wesentlichen erbracht, wenn die Einhaltung der Grenzwerte gezeigt ist.

In der Endlagerung – mit ihren besonderen Herausforderungen bezüglich der Langzeitsicherheit – wird allerdings in allen in Europa laufenden Standortauswahlverfahren eine Philosophie verfolgt, die einen sicherheitstechnischen Vergleich von Standorten auch deutlich unterhalb regulatorischer Grenz- und Richtwerte verfolgt. Dieses Vorgehen ist somit als Stand von Wissenschaft und Technik zu bezeichnen. In diesem Fall dürfen Anforderungen und Kriterien, die aus technischem Aufwand, aus der Umweltverträglichkeit, aus sozioökonomischen Aspekten oder auch aus der lokalen Akzeptanz abgeleitet werden, erst in zweiter Linie angewendet werden, um sicherheitlich gleichwertige Standortoptionen im Hinblick auf günstige Randbedingungen zur Realisierung eines Endlagers miteinander zu vergleichen. Es ist daher im tschechischen Verfahren darauf zu achten, dass die weitere Eingrenzung der Standortoptionen nicht primär mit Argumenten begründet wird, die nicht unmittelbar auf die Endlagersicherheit bezogen sind, wie beispielsweise , Kosteneffizienz, Bevorzugung anderer Schutzgüter bei Zielkonflikten oder örtliche Akzeptanz. Dieser Aspekt ist umso wichtiger, als in der derzeit in Rede stehenden Liste von neun Standortoptionen drei Optionen (Kraví hora, Temelín, Dukovany) enthalten sind, die sich nicht durch wissenschaftliche Betrachtungen in den früheren Standortauswahlprojekten qualifiziert haben, sondern die offenbar aus Opportunitätsgründen in die Liste aufgenommen wurden.

⁵⁵ Broschüre Hlubinné úložiště, SÚRAO 2016, <https://www.SÚRAO.cz/data/original/files/pr/brozury/brozura-hlubinne-uloziste-2016.pdf>, s.a.: <https://www.SÚRAO.cz/data/original/files/dgr/deep-geological-repository-project-design.pdf>

⁵⁶ z.B. (SÚRAO 2015), Kap. 5.3 „*The costs of constructing the repository are not an issue of first priority but they are important when comparing site suitability where more than one site meets the safety requirements and the impact on the environment and on the living conditions is comparable.*“ (Hervorhebung durch die Autoren)

6.1.4. Informationsqualität

Die Feststellung, ob ein Standort die sicherheitstechnischen (Mindest-)anforderungen erfüllt, setzt voraus, dass die für die Eignungsprüfung herangezogenen Indikatoren hinreichend konkret sind und dass ihre Erfüllung auf der Basis standortbezogenen Daten hinreichend gut belegt werden kann. Beides ist derzeit nicht der Fall. Für zentrale Sicherheitsmerkmale steht die Konkretisierung der Anforderungen im Kriterien-Leitfaden noch aus: Für die erforderliche Größe des Wirtsgesteinsvorkommens, die Abstände von Grundwasser führenden Strukturen, die Eigenschaften des Kluftsystems im Endlagerbereich und die erforderlichen mechanischen, thermischen und chemischen Eigenschaften des Wirtsgesteins sind keine Kennwerte festgelegt. Zum Teil sollen diese Kennwerte erst im Zusammenhang mit konkreten Standortuntersuchungen ermittelt werden. Außerdem ist der standortspezifische Kenntnisstand derzeit noch sehr eingeschränkt und wird ergänzt um generische Annahmen und standortfremde Analogieschlüsse, insbesondere wenn es sich um Parameter handelt, die im unmittelbaren Endlagerbereich, d.h. im jeweiligen Wirtsgesteinsvorkommen in etwa 500 m Tiefe, zu bewerten sind.

Diese Unschärfe der Informationsqualität hat Folgen für die Aussagekraft standortspezifischer Bewertungen und ihres Vergleichs untereinander. Solange für diese Merkmale lediglich generische bzw. von anderen Orten her abgeleitete Werte (Analogieschlüsse) angesetzt werden, ist nicht zu erwarten, dass ein Vergleich sicherheitsbezogene Unterschiede zutage fördert, die außerhalb der in den Abschätzungen, Annahmen und Analogieschlüssen enthaltenen Unsicherheiten und Bandbreiten liegen. Jedenfalls wären derartige Unterschiede sehr kritisch daraufhin zu prüfen, inwieweit sie auf tatsächlicher Information beruhen. Unterschiede, die auf einer variablen Anwendung, Modellierung und/oder Interpretation unsicherer Informationen beruhen, wären für eine Priorisierung der Standortoptionen nicht geeignet.

6.2. Bewertung der im Kriterien-Leitfaden der SÚRAO angesprochenen „Anforderungen, Eignungsindikatoren und Kriterien“

Die in (SÚRAO 2015d) zusammengestellten „Anforderungen, Eignungsindikatoren und Kriterien“ können aus derzeitiger Sicht für eine sicherheitsbezogene Einschätzung der Endlagerstandorte als thematisch grundsätzlich abdeckend und geeignet bewertet werden. Allerdings sind sie in Bezug auf die abzuprüfenden Indikatoren nicht hinreichend konkret.

SÚRAO unterscheidet dabei zwischen drei Typen von Indikatoren:

- **Ausschluss (exclusion):** eine Nichteinhaltung des Indikatorwertes führt zum Ausschluss aus der Auswahl.
- **Bedingtheit (conditional):** die beschriebene Eigenschaft macht die Realisierung eines Endlagers von zusätzlichen technischen Maßnahmen abhängig.
- **Vergleich (comparison):** die Eigenschaft dient dem Vergleich der Standorte untereinander, schließt aber keinen der Standorte grundsätzlich aus.

Für etliche der angeführten Indikatoren werden auch die Kombination „comparison to exclusion“ oder „conditional to exclusion“ verwendet. Hiermit soll vermutlich beschrieben werden, dass der entsprechende Indikator unter bestimmten Bedingungen zum Ausschluss des betrachteten Standortgebietes aus der Auswahl führen kann.

Viele der im Kriterien-Leitfaden als Ausschlussmerkmal eingestuft Indikatoren sind nicht unmittelbar sicherheitsbezogen oder haben keinen unmittelbaren Bezug zu den Sicherheitseigenschaften des Endlagerbereichs. Besonders fällt in diesem Zusammenhang die in Kap. 5.2.3 des Krite-

rien-Leitfadens (SÚRAO 2015d) angesprochene Behandlung von Zielkonflikten bei konkurrierenden Interessenslagen oder Schutzgütern auf, die bei unauflösbaren Konflikten zum Ausschluss eines Standorts führen kann. Im Bereich der betrieblichen Sicherheit ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.4) werden Strahlenschutz- und Arbeitsschutzaspekte als Ausschlusskriterien genannt, obwohl nicht erkennbar ist, dass es sich um unüberwindbare standortspezifische Defizite handeln könnte. Vielmehr handelt es sich um Herausforderungen, denen durch geeignete und weitgehend übliche Maßnahmen der Arbeitsplanung und -vorbereitung, des betrieblichen Sicherheitsmanagements etc. zu begegnen ist. Des Weiteren werden verschiedene umweltbezogene Indikatoren ((SÚRAO 2015d), Kap. 7) wie das Vorhandensein von Naturschutzgebieten verschiedener Kategorien und nicht akzeptabel abzumildernde Umweltverträglichkeitsfaktoren als Ausschlusskriterien genannt.

Selbstverständlich spielen derartige Überlegungen in der Abwägung von sicherheitlich gleichwertigen Standortoptionen eine Rolle. Es widerspricht allerdings der internationalen Praxis, hieraus Ausschlusskriterien abzuleiten. In Deutschland und in der Schweiz ist beispielsweise ein klarer Vorrang der sicherheitsbezogenen Merkmale eines potenziellen Endlagerstandorts gegenüber raumplanerischen oder umweltbezogenen Faktoren formuliert. Letztere fließen dort in der ersten Etappe der Auswahlverfahren noch nicht in die Bewertung ein und führen im Folgenden nicht zum Ausschluss eines Standorts.

Neben den hier beschriebenen übergeordneten Aspekten ergeben sich aus der Analyse des tschechischen Kriterien-Leitfadens im Einzelnen die in den folgenden Unterkapiteln zusammengestellten Hinweise. Die Darstellung orientiert sich an der Gliederung des Kriterien-Leitfadens.

6.2.1. Grundanforderungen ((SÚRAO 2015d), Kap. 2)

Der Kriterien-Leitfaden der SÚRAO nennt in Kapitel 2 vier Gruppen von Grundanforderungen an das zukünftige Endlager, von denen aus die untersetzenden designbezogenen, sicherheitsbezogenen, umweltbezogenen Indikatoren und Kriterien abgeleitet werden:

1. Sicherstellung ausreichender Kapazität (bedarfsgerecht für alle Arten von radioaktiven Abfällen), technische Machbarkeit, Optimierung des Strahlenschutzes für höchstmögliche Sicherheit⁵⁷ und angemessene Kosten.
2. Gewährleistung der Betriebs- und Langzeitsicherheit in Bezug auf den Strahlenschutz durch Begrenzung der Exposition für Einzelpersonen der kritischen Gruppe am Endlagerstandort auf eine effektive Dosis von maximal 0,25 mSv/a als Optimierungsziel in der normalen Entwicklung und 1 mSv/a für den Fall menschlichen Eindringens.
3. Ausschluss von „offensichtlichen“ Interessenskonflikten oder Schadensrisiken für empfindliche Ökosysteme und Ausschluss der Verschlechterung des Zustands anderer Umweltkompartimente und der Lebensbedingungen der örtlichen Bevölkerung.
4. Entscheidungsfindung bei der Standortauswahl unter aktiver Partizipation der betroffenen Öffentlichkeit.

Die vier hier zusammenfassend dargestellten Aspekte sind in der englischsprachigen Veröffentlichung des Kriterien-Leitfadens alle als „must“-Bestimmung formuliert. Im Sprachgebrauch der IAEA ist hiermit ein hoher Grad an Verbindlichkeit angesprochen, der sich beispielsweise in der Formulierung der „IAEA Safety Fundamentals“ wiederfindet. Es fällt auf, dass mit diesen Grundanforderungen keine Priorisierung der in Punkt 1 und 2 enthaltenen sicherheitsbezogenen Aspekte gegenüber anderen Grundanforderungen verknüpft wird. Es wird kein Hinweis darauf gegeben,

⁵⁷ SÚRAO 2015d, S. 13: “[...] radiation protection must be optimized so as to ensure the highest possible level of safety”

wie Zielkonflikte im Standortauswahlverfahren zu behandeln sind, die sich beispielsweise aus der Abwägung von langzeitsicherheitsrelevanten Eigenschaften gegenüber Naturschutz- oder Denkmalschutzbelangen ergeben können. Ein am Primat der Sicherheit ausgerichtetes Auswahlverfahren müsste hier einen klaren Vorrang sicherheitsbezogener Aspekte enthalten, verbunden mit dem Grundsatz, dass derartige Zielkonflikte grundsätzlich zugunsten der sicherheitlichen Aspekte aufzulösen (und hierdurch entstehende Beeinträchtigungen anderer Schutzgüter zu kompensieren) sind.

Im Hinblick auf das in den Grundanforderungen formulierte strahlenschutzfachliche Optimierungsziel einer Individualdosis von 0,25 mSv/a ist anzumerken, dass der angesetzt Wert den Minimalanforderungen entspricht, die an ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle zu stellen sind. Er beruht auf Empfehlungen der internationalen Strahlenschutz-Kommission ICRP, die auch von der IAEA übernommen wurden. In verschiedenen nationalen Regelwerken sind jedoch deutlich ambitioniertere Standards festgelegt. In Deutschland gilt für die wahrscheinlichen Entwicklungen ein Dosiskriterium von 10 µSv/a und für die weniger wahrscheinlichen 0,1 mSv/a (BMU 2010). In der Schweiz ist für die wahrscheinlichen Entwicklungen nachzuweisen, dass eine Individualdosis von 0,1 mSv/a unterschritten wird.

Unterhalb der definierten Dosiskriterien kann der Abstand der für die zu analysierenden Standorte ermittelten Dosisintervalle zum Richtwert einen Hinweis zur Rangfolge der Standorte geben. Gemäß dem Regelwerk der Schweiz gelten Standorte unterhalb eines Schwellenwerts von 10 µSv als sicherheitstechnisch gleichwertig (HSK 2007).

Zu beachten ist, dass Dosisberechnungen in den ersten Schritten eines Standortauswahlverfahrens nur einen grob orientierenden Charakter haben und daher nicht überbewertet werden dürfen. Solange noch keine detaillierteren Untersuchungen des Endlagerbereichs durchgeführt wurden, werden Ergebnisse von Dosisrechnungen wesentlich von dem eingeschränkten Kenntnisstand und den generischen Annahmen zur Standorteignung beeinflusst. Die hieraus resultierenden Unsicherheiten und Wertebandbreiten erlauben keine belastbare Differenzierung zwischen den Standortgebieten. Erst in späteren Stadien der Untersuchung werden sich hier Unterschiede ergeben, die weniger von Annahmen und Analogieschlüssen abhängig und daher zur Begründung einer Auswahl oder Priorisierung von Standorten besser geeignet sind.

6.2.2. Design-bezogene Indikatoren ((SÚRAO 2015d), Kap. 5)

6.2.2.1. Machbarkeit der Untertageanlagen ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.1)

· Größe des nutzbaren Wirtsgesteins-Vorkommens ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.1.1)

Im Sinne der erforderlichen Kapazität dient dieser Indikator dem Vergleich der bereits ausgewählten Optionen. Es wird darauf verzichtet, eine Mindestgröße anzugeben. Allerdings sollen Standorte, die zu klein sind, um die endzulagernde Abfallmenge aufzunehmen, ausgeschlossen werden. Die Mindestgröße ist abhängig vom jeweiligen Endlagerkonzept, in dem auch der Wärmeeintrag der hoch radioaktiven Abfälle das erforderliche Wirtsgesteinsvolumen beeinflusst. Im Kriterien-Leitfaden wird eine maximale Temperatur im gesamten Endlagersystem von unter 100°C angegeben, was für Endlagerkonzepte, die weitgehend von der Integrität eines Buffermaterials wie Bentonit Kredit nehmen, eine international übliche Größe ist.

Obwohl zum einzulagernden Inventar bereits relativ konkrete Angaben vorliegen, fehlt eine auf ein Referenz-Endlagerkonzept bezogene Richtgröße (je nach Konzept als Fläche oder Volumen

zu definieren) für das erforderliche Wirtsgesteinsvorkommen, anhand derer die grundsätzliche Eignung eines Standorts in Bezug auf die erforderliche Größe bewertet werden könnte⁵⁸.

- Bergbautechnische Wirtsgesteinseigenschaften in Bezug auf die Errichtung der unterirdischen Teile des Endlagers (SÚRAO 2015, Kap. 5.1.2)

Qualitativ werden im Kriterien-Leitfaden das Kluftsystem, die Bildung einer bergbaubedingten Auflockerungszone („Excavation Disturbed Zone“, EDZ), die Anwendbarkeit standardmäßiger Bergbautechnologien für Hohlraumausbruch und Bohrungen sowie die Handhabung von Grundwasserzutritten angesprochen.

Im Kontext der Machbarkeit weisen sie im Wesentlichen auf den erforderlichen bautechnischen Aufwand („conditional“) zur Realisierung des Endlagers und damit indirekt auch auf die Kosten bei der Realisierung eines Endlagers hin und können in diesem Kontext auch als Vergleich zwischen sicherheitlich gleichwertigen Standortgebieten herangezogen werden.

Diese Indikatoren haben aber auch enge Querbezüge zu Fragen der Langzeitsicherheit: Keiner der genannten Indikatoren darf Ausmaße erreichen, die die Langzeitsicherheit des Endlagers in Frage stellen, auch wenn sie bautechnisch handhabbar sein mögen. Dies wird besonders für die hydrogeologischen Randbedingungen deutlich, für die hier im ungünstigen Fall ein zusätzliches Ausschlussmerkmal definiert wird⁵⁹.

Die genannten Eigenschaften beziehen sich (mit Ausnahme der Zugangsschächte oder -rampen) auf den Wirtsgesteinsbereich in der vorgesehenen Endlagertiefe. Der derzeitige Kenntnisstand (ohne unmittelbare Untersuchung des Endlagerbereichs) dürfte hier keine maßgebliche Differenzierung der vorausgewählten Standortgebiete erlauben, solange über den Endlagerbereich selbst nur Annahmen und Analogieschlüsse in die Bewertung Eingang finden.

6.2.2.2. Machbarkeit der Übertageanlagen ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.2)

Baugrundeigenschaften ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.2.1)

In diesem Zusammenhang fällt auf, dass ungünstige Baugrundeigenschaften für die Übertageanlagen als mögliches Ausschlussmerkmal angesehen werden⁶⁰.

Die planerischen und technischen Möglichkeiten eröffnen allerdings derart viele Freiheitsgrade für die Errichtung von Übertageanlagen, dass es schwer vorstellbar ist, dass unüberwindbare Schwierigkeiten verbleiben, die zum Ausschluss eines ggf. geologisch geeigneten Standorts führen müssen. Es ist auch im internationalen Vergleich nicht üblich, diesbezüglich ein Ausschlusskriterium zu definieren, Baugrundeigenschaften werden vielmehr zur Abwägung und Optimierung beim Vergleich sicherheitlich gleichwertiger Standorte herangezogen. Ein Ausschluss aus diesem Grund, ggf. unter Verzicht auf einen Standort mit besseren sicherheitlichen Eigenschaften, wäre jedenfalls nicht akzeptabel.

⁵⁸ In früheren Veröffentlichungen wurden bezüglich der erforderlichen Ausdehnung eines potenziellen Wirtsgesteinsvorkommen bereits konkretere Angaben gemacht: In (Piskač et al. 2003) wurde für Kristallingestein konzeptionell ein einstöckiges Endlager mit einem Flächenbedarf von etwa 1,5 x 2,0 km in 600-800 m Tiefe ableitete. In den Unterlagen zum IAEA Peer Review aus dem Jahr 2004 SÚRAO 2004b wurde diesbezüglich eine (deutlich größere) wirtsgesteinsabhängige Ausdehnung des eigentlichen Wirtsgesteinsvorkommens genannt: kristalline Wirtsgesteinsvorkommen sollten nunmehr eine Fläche von mindestens 10 km² und eine Tiefenerstreckung bis 1.500 m aufweisen, für Sedimentgesteine wurde eine Fläche von mindestens 25 km² mit minimaler Mächtigkeit von 100 m genannt.

⁵⁹ SÚRAO 2015d: Kap. 5.4, S. 23: A very unfavorable hydrogeological situation at the site or in a part thereof may be a reason for site exclusion from the list of potential sites

⁶⁰ SÚRAO 2015d, S. 21: Repository siting may be ruled out if unsuitable values of the construction stability parameters are identified.

Verfügbarkeit von Infrastruktur ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.2.2)

Die Verfügbarkeit verschiedener Infrastrukturen ist im Standortvergleich ebenfalls ein Aufwands-, bzw. Kostenargument, dass in jedem Fall zweitrangig gegenüber sicherheitlichen Standorteigenschaften zu bewerten ist. Der tschechische Kriterien-Leitfaden ordnet diesem Kriterium insofern zu Recht eine vergleichende (keine ausschließende) Wirkung zu.

Darüber hinaus ist allerdings zu beachten, dass es sich um einen raumplanerischen Aspekt handelt, dem beim Vergleich von Standorten eine gegenüber den sicherheitsbezogenen Vergleichskriterien untergeordnete Bedeutung zukommt.

Anzahl und Komplexität von Interessenskonflikten ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.2.3)

Es ist bemerkenswert, dass hier als Ausschlusskriterium der Fall formuliert wird, dass sich festgestellte Interessenskonflikte nicht auflösen lassen⁶¹. In Deutschland und in der Schweiz wird stattdessen diesbezüglich ein klarer Vorrang des Endlagers vor anderen möglichen Nutzungen eines Standorts formuliert.

In diesem Zusammenhang fehlt also im tschechischen Kriterien-Leitfaden ein klares Bekenntnis zum Primat der Sicherheit: Er lässt zu, dass an einem ggf. sicherheitlich besser geeigneten Standort konfligierende Interessen unterschiedlichster Art zu einem Ausschluss des Standorts führen, und dass in der Konsequenz ein weniger sicherer Standort ausgewählt wird (siehe auch oben in Kapitel 6.1.3). Obwohl selbstverständlich beim Vergleich sicherheitlich gleichwertiger Standorte solche Interessenskonflikte berücksichtigt werden müssen, ist es in einem am Primat der Sicherheit ausgerichteten Auswahlverfahren nicht akzeptabel, anhand von Interessenskonflikten ein Ausschlusskriterium zu formulieren.

6.2.2.3. Kosten ((SÚRAO 2015d), Kap. 5.3)

Das Kriterium Minimierung von Kosten ist zwar als Vergleichskriterium ausgeführt, allerdings ist darauf hinzuweisen, dass hier enge Querverbindungen zu den Aspekten der Machbarkeit der Über- und Untertageanlagen sowie zur Lösung von Interessenkonflikten bestehen, für die im tschechischen Kriterien-Leitfaden teilweise durchaus Ausschlussmerkmale benannt werden (s.o.).

Wie bereits oben in Kapitel 6.1.3 ausgeführt, lässt das Kriterium außerdem ökonomische Vergleiche bereits für solche Standorte zu, die (Sicherheits-)anforderungen einhalten, auch wenn diese – unterhalb dieser Anforderungen – sicherheitstechnische Unterschiede aufweisen. Es widerspricht damit dem in anderen Ländern verfolgten Ansatz der sicherheitlichen Optimierung unterhalb von Grenz- bzw. Richtwerten.

6.2.3. Sicherheitsbezogene Indikatoren und Kriterien ((SÚRAO 2015d), Kap. 6)

6.2.3.1. Langzeitsicherheit ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2)

Beschreibbarkeit und Prognosesicherheit ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2.1)

Die gute Beschreibbarkeit der sicherheitsbezogenen Merkmale eines Standorts ist eine zentrale, für die Prognose der Langzeitsicherheit essenzielle Eigenschaft. Zu unterscheiden ist in diesem Zusammenhang zwischen eingeschränkter Beschreibbarkeit und Prognosesicherheit aufgrund von

⁶¹ SÚRAO 2015d, S. 24: This [Number and complexity of conflicts of interests] may become an exclusion criterion if no acceptable solution to the conflicts can be found.

Informationsdefiziten oder aufgrund einer vorgefundenen Komplexität der Standortsituation, die es auch bei guter Informationslage nicht erlaubt, die für belastbare Prognosen erforderlichen standortspezifischen Modelle zu erstellen.

Ein Informationsdefizit wäre als Begründung einer schlechten Beschreibbarkeit und damit eines Ausschlusses inakzeptabel. In Deutschland⁶² ist beispielsweise vorgesehen, dass in Gebieten mit nicht ausreichender geowissenschaftlicher Datenlage Erkundungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, wenn sie ansonsten nicht hinsichtlich ihres Verbleibs im Auswahlverfahren charakterisiert werden können. Hingegen ist der Grad der Komplexität des Untergrundaufbaus ein sinnvolles Ausschlusskriterium, da eine mit großen Unsicherheiten behaftete Prognose der geologischen Situation nicht zu einem akzeptablen Sicherheitsnachweis führen kann.

Die diesbezüglich im Kriterien-Leitfaden genannten Indikatoren sind daher zu Recht weitgehend mit dem Attribut „exclusion“ belegt⁶³. Belastbare Informationen hierzu werden sich erst im Zuge vertiefter standortspezifischer Erkundungen ergeben.

Hydrogeologische Standorteigenschaften ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2.2)

Die hydrogeologischen Standorteigenschaften bilden zentrale Merkmale eines potenziellen Endlagerbereichs ab. In einem Endlagerkonzept in Kristallingestein ist dabei der Kontakt zu Grundwasser systemimmanent, d.h. ein weitgehend „trockenes“ Endlager ist in Kristallingestein nicht realistisch. Dies ist auch der Grund, warum entsprechende Konzepte weitgehend von der Integrität und Langlebigkeit technischer und geotechnischer Barrieren abhängig sind. Gleichwohl sind möglichst geringe zu erwartenden Grundwassermengen im Endlagerbereich ein Kriterium für die Güte eines Standorts. Der für diese Einschätzung erforderliche Kenntnisstand bedingt allerdings unmittelbare Informationen aus dem vorgesehenen Endlagerbereich, so dass zum jetzigen Zeitpunkt ein Abschluss oder eine belastbare Rangfolgenbildung in der Auswahl vorhandenen Standortoptionen kaum vorstellbar ist.

· Abstand zu wasserführenden Störungszonen ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2.2.1)

Als wichtige Randbedingungen werden hier die Verfügbarkeit belastbarer hydraulischer Modelle für die jeweiligen Standortgebiete sowie die Identifizierung relevanter Störungszonen genannt. Ein Mindestabstand wird nicht festgelegt, es wird lediglich beispielhaft auf Schweden verwiesen, wo ein Mindestabstand 100 m zu regional wirksamen Störungszonen und „einige 10er Meter“ zu lokalen Störungszonen als Ausschlusskriterium angewendet wurden. Die methodische Umsetzung im Rahmen der Standortauswahl, insbesondere in Bezug auf den eigentlichen Endlagerbereich, bleibt unklar. Diesbezüglich wird auf die zukünftige Weiterentwicklung des Kriterien-Leitfadens verwiesen.

Ein Vergleich der Standortoptionen bedingt eine standortspezifische Aussage, ob der vorgesehene Endlagerbereich am Standort mit einem Mindestabstand zu wasserführenden Strukturen positioniert werden kann, und wie groß der Abstand tatsächlich ist. Die Einhaltung eines (noch zu spezifizierenden) Mindestabstands ist dabei die Voraussetzung für den Verbleib eines Standortgebietes in der Auswahl („exclusion“), während für die hierdurch qualifizierten Standortgebiete eine Rangfolge („comparison“) anhand der tatsächlichen Abstände, bzw. der damit verbundenen Randbedingungen („conditional“) zu bilden ist.

· Offene Klüfte im Endlagerbereich ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2.2.2)

⁶² s. z.B.: Endlagerkommission 2016, S. 342ff

⁶³ SÚRAO 2015d, S. 34

Diese Eigenschaft bezieht sich auf die erwartbare Dichte an Klüften in der vorgesehenen Endlagertiefe. Sie ist im derzeitigen Stand des Auswahlverfahrens einer vergleichenden Bewertung nicht zugänglich.

Im Kriterien-Leitfaden wird beispielhaft auf ein in Schweden angewendetes Ausschlusskriterium für einzelne Einlagerungsbohrlöcher verwiesen. Dieses Kriterium wird entsprechend dem schwedischen Endlagerkonzept für jedes einzelne Einlagerungsbohrloch bei seiner Einrichtung geprüft, kommt mithin erst beim Bau des Endlagers überhaupt zum Tragen.

Grundwasserfließgeschwindigkeit im Endlagerbereich ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2.2.3)

Diskutiert wird hier die Gebirgsdurchlässigkeit in Zusammenhang mit dem hydraulischen Gradienten. Für die Gebirgsdurchlässigkeit wird unter Verweis auf schwedische Quellen (SKB 2000a) eine Obergrenze von 10^{-8} m/s angegeben, bei einem hydraulischen Gradienten vom maximal 1%. Diese Werte gelten allerdings nicht als Mindestanforderung, sondern werden als „bevorzugte“ Wirtsgesteinseigenschaft beschrieben.

Es ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, dass in früheren Verfahrensschritten (Piskač et al. 2003) Gebirgsdurchlässigkeiten von 10^{-9} m/s als Kriterium beschrieben wurden. SÚRAO beruft sich für die jetzige Setzung als Referenz zwar auf das schwedische Endlagerkonzept, begründet aber nicht, warum von der damals ambitionierteren Herangehensweise im aktuellen Kriterien-Leitfaden abgewichen werden soll.

Die angesetzte Gebirgsdurchlässigkeit ist im Vergleich verschiedener Endlagerkonzepte relativ hoch. Eine Gebirgsdurchlässigkeit von maximal 10^{-8} m/s findet sich als Anforderung in Endlagerkonzepten mit vergleichsweise ungünstigen hydrogeologischen Randbedingungen, die sehr stark von der Wirkung geotechnischer und technischer Barrieren abhängig sind. Schweden ist hierfür ein Beispiel, verfolgt aber auch ein hierauf abgestimmtes Behälterkonzept mit einem speziellen Kupferbehälter („KBS-3-Konzept“), der in Tschechien derzeit nicht vorgesehen ist (vergleiche Ausführungen oben in Kapitel 6.1.2). Derzeit ist unklar, ob das tschechische Endlagerkonzept, basierend auf dem sogenannten „Supercontainer“ aus Stahl, im Hinblick auf seine Wechselwirkung mit Grundwasser mit den im schwedischen Konzept vorgesehenen Kupferbehältern vergleichbar ist. Nur bei entsprechender Vergleichbarkeit wäre eine unmittelbare Bezugnahme auf die in Schweden definierten Kriterien akzeptabel.

In Deutschland wird im Rahmen des Standortauswahlverfahrens für alle Wirtsgesteinstypen nach Gebirgsbereichen mit einer Gebirgsdurchlässigkeit von maximal 10^{-10} m/s gesucht, ein Unterschied von 2 Größenordnungen. In der Schweiz ist der gleiche Wert für das dort vorgesehene Wirtsgestein Opalinuston und das darauf abgeleitete Endlagerkonzept (das behältertechnisch ebenfalls auf dem Supercontainer beruht) festgelegt. Im Schweizer Endlagerkonzept übernimmt das Wirtsgestein allerdings auch eine maßgebliche Sicherheitsfunktion in Bezug auf die Verhinderung eines Radionuklidtransfers in die Biosphäre.

Unabhängig vom eigentlichen Wert ist darauf hinzuweisen, dass der Parameter Gebirgsdurchlässigkeit im Endlagerbereich nur durch unmittelbare standortspezifische Untersuchungen zu bestimmen ist. Insbesondere in der hier als Kriterium angesetzten Größenordnung von 10^{-8} m/s dürfte bei indirekter Herleitung die zu berücksichtigende Unsicherheit kaum zu einem Ausschluss oder zu belastbar unterschiedlichen Standortbewertungen führen.

Stabilität der geologischen Verhältnisse ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2.3)

Die in diesem Kontext im Kriterien-Leitfaden angeführten Indikatoren seismische Stabilität, großräumige Vertikalbewegungen und (post)vulkanische Aktivität sind aus regionalgeologischen Infor-

mationen frühzeitig abzuleiten und wurden bei der Auswahl der sechs ursprünglichen Standortoptionen bereits berücksichtigt. Für die drei nachträglich in die Auswahl genommenen Standortgebiete steht diese Bewertung formal noch aus. Da es sich bei zweien dieser drei Standortgebiete um die tschechischen Kernkraftwerksstandorte handelt, dürfte für diese zumindest die seismische Stabilität und die Abwesenheit vulkanischer Aktivität aus vorhandenem Kenntnisstand einfach und plausibel abzuleiten sein.

Die Einflüsse von Eiszeiten und Klimawandel werden als weitere, allerdings für alle Standortoptionen gleichwertige, Indikatoren benannt, die insofern keinen Einfluss auf die Standortauswahl haben können. Eine unmittelbare Vergletscherung während zukünftiger Eiszeiten wird offenbar nicht erwartet, und daher auch keine relevanten Veränderungen der hydrogeologischen Randbedingungen. Als maximale Permafrost-Tiefe werden in Tschechien 250 m angegeben, was weit oberhalb der vorgesehenen Endlagertiefe liegt.

Klimatische Indikatoren sollen entsprechend dem Kriterien-Leitfaden zu Vergleichszwecken herangezogen werden. Aus unserer Sicht, und nach den im Kriterien-Leitfaden dargestellten Randbedingungen, ist allerdings nicht zu erwarten, dass sich daraus relevante Argumente für oder gegen eine Standortoption oder für eine Herabstufung in einer Rangfolge ableiten lassen.

Wahrscheinlichkeit menschlichen Eindringens in das Endlager ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2.4)

Im Kriterien-Leitfaden ist diesbezüglich spezifiziert, dass zur Minimierung des zukünftigen Risikos eines menschlichen Eindringens bei der Standortauswahl relevante Rohstoff- oder Trinkwasservorkommen sowie geothermische Ressourcen vermieden werden sollen („exclusion“) und dass vorhandene Bohrungen unterhalb von 300 m oder ehemalige Bergwerke beim Vergleich von Standorten zu berücksichtigen sind. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass die Möglichkeit menschlichen Eindringens nur in besonders ernsten Fällen zu einem Ausschluss eines Standorts führen wird.

Die Anwesenheit mineralischer Ressourcen, relevante Vorkommen von Grundwasser oder geothermischer Energie werden üblicherweise (z.B. in Deutschland und in der Schweiz) im Zusammenhang mit möglichen Nutzungskonflikten diskutiert, verbunden mit einem klaren Vorrang der Nutzung als Endlager vor einer wie auch immer gearteten wirtschaftlichen Nutzung des Untergrunds. Insofern entspricht die Formulierung eines Ausschlusskriteriums nicht dem international üblichen Vorgehen.

Die deutsche Entsorgungskommission (ESK 2012) ordnet das Problem eines möglichen menschlichen Eindringens als nachrangiges Optimierungsziel ein. Die deutsche Endlagerkommission⁶⁴ ordnet „Überlegungen zur Verhinderung des menschlichen Eindringens nach dem Verschluss“ den standortspezifischen Sicherheitsuntersuchungen zu, verbindet mit dem Problem aber kein Ausschlusskriterium.

Im Hinblick auf das Kriterium zum Vorkommen alter, über 300 m tiefer Bohrlöcher und benachbarter Bergwerke wird im weiteren Auswahlverfahren die Standortoption im Uranbergbaugesamt um Kravi hora besondere Aufmerksamkeit finden müssen.

⁶⁴ Endlagerkommission 2016, S. 293

Kompatibilität der Wirtsgesteinseigenschaften mit den geotechnischen und technischen Barrieren ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2.5)

Hier geht es im Wesentlichen um chemische Wechselwirkungen zwischen Wirtsgestein, Formationswasser und den in das Endlager eingebrachten Materialien. Dieser Aspekt wäre um Alternativen der technischen und geotechnischen Barrieren zu ergänzen: Die Abfallform ist weitgehend durch den Zustand der einzulagernden Abfälle vorgegeben. Sowohl hinsichtlich des Buffermaterials (e.g. verschiedene Bentonitarten, Mischungsverhältnisse und Verarbeitungsformen), als auch hinsichtlich des Behälterkonzepts (Kupferbehälter anstelle der vorgesehenen Stahlbehälter, Behälterbauweisen) sind allerdings Alternativen denkbar, die in Bezug auf ihre Kompatibilität mit einer spezifischen geologischen Standortsituation zu bewerten wären.

Die in diesem Zusammenhang im Kriterien-Leitfaden genannten Parameter thermische, hydraulische, mechanische, chemische und mikrobiologische Eigenschaften des Wirtsgesteinsvorkommens sowie seine Gaspermeabilität sind im Hinblick auf die Standortauswahl wichtig und werden international intensiv untersucht. Im Rahmen einer Standortauswahl lassen sie sich aber erst nach einer geologischen Erkundung der Endlagerformation vergleichend bewerten. Auch SÚRAO erwartet daher in der ersten Stufe des Auswahlverfahrens nicht, dass sich aus diesem Kriterium ein Beitrag zum Standortvergleich ergibt⁶⁵.

Eigenschaften von Gestein und Grundwasser hinsichtlich eines potenziellen Radionuklidtransports ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.2.6)

Da ein Kontakt mit Grundwasser und eine Freisetzung von Radionukliden in einem Endlagerkonzept in Kristallingestein systemimmanent sind, ist eine Beurteilung der Gesteins- und Grundwassereigenschaften im Hinblick auf den Radionuklidtransport von größter Bedeutung. Ihre standortspezifische Erforschung und Bewertung ist daher internationaler Standard. In diesem Zusammenhang ist neben den hier angesprochenen Deckgebirgseigenschaften auch die Entwicklung konzeptspezifischer Freisetzungsszenarien wichtig, über die im Kriterien-Leitfaden nicht berichtet wird.

Auch hier weist SÚRAO (zurecht) darauf hin⁶⁶ dass die in Bezug zum Radionuklidtransport in die Biosphäre genannten Parameter wie Transportgeschwindigkeit, Retardationsfaktoren, Radionuklidlöslichkeit im standortspezifischen Grundwasser sowie Dispersion und Verdünnung entlang der hydrogeologischen Transportwege im Rahmen einer Standortauswahl erst nach einer geologischen Erkundung der Endlagerformation bewertet und verglichen werden können. Im Rahmen der Eingrenzung der Optionenliste sollen die erforderlichen Daten daher auf Basis von Modellen, Oberflächendaten und Analogieschlüssen abgeschätzt werden.

Betrachtungen zur Radionuklidrückhaltung entlang potenzieller Transportwege fließen unmittelbar in die Modellierung der radiologischen Konsequenzen ein und dienen daher auch der Abschätzung der Einhaltung des allgemeinen Dosiskriteriums der Grundanforderungen (s.o., Kap. 6.2.1).

6.2.3.2. Betriebssicherheit ((SÚRAO 2015d), Kap. 6.4)

Strahlenschutzanforderungen, Anforderungen an die Arbeitssicherheit über und unter Tage und Aspekte der Notfallplanung, wie sie im Kriterien-Leitfaden genannt werden, sind standortunabhängige Anforderungen, die als Managementaufgaben durch eine geeignete Abfolge von organisatorischen, technischen und persönlichen Schutzmaßnahmen zu erfüllen sind. Es ist kaum vorstellbar,

⁶⁵ SÚRAO 2015d, Kap. 6.2.5, S. 31: However, it will be difficult to differentiate between the sites with respect to their compatibility with the engineered barriers during the first site selection stage till 2020 because the majority of requisite data will be from the depth of the repository.

⁶⁶ SÚRAO 2015d, S. 33

dass aus den Standorteigenschaften heraus für die derzeit in der Auswahl befindlichen Optionen Zweifel an der Gewährleistung des betrieblichen Strahlen- und Arbeitsschutzes bei der Realisierung eines Endlagers auftreten können.

Unter diesem Blickwinkel ist die im Kriterien-Leitfaden vorgenommene Einstufung als Ausschlusskriterium⁶⁷, z.B. beim allgemeinen oder betrieblichen Strahlenschutz oder bei der Notfallplanung, unverständlich und für eine Standortauswahl aus unserer Sicht auch nicht notwendig (siehe dazu auch oben die einleitenden Ausführungen zum Kapitel 6.2).

Ebensowenig lassen sich aus der heutigen Anwesenheit störfallanfälliger Infrastrukturen (im Kriterien-Leitfaden unter dem Aspekt „Fire, Explosion“ bei der betrieblichen Sicherheit diskutiert) Ausschlusskriterien für ein Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle formulieren. In einem auf höchstmögliche Endlagersicherheit ausgerichteten Auswahlverfahren muss statt dessen die optionale Verlegung dieser Infrastrukturen⁶⁸ (genannt werden beispielsweise Schutzzonen um Autobahnen, Industrieanlagen, Energiequellen, diverse Pipelines, Speicheranlagen oder Flughäfen) aus Sicherheitsgründen diskutiert werden, womit dieser Aspekt ein Bedingtheits-Kriterium aber kein Ausschlusskriterium darstellt.

Das ebenfalls unter dem Aspekt der Betriebssicherheit diskutierte Ausschlusskriterium „Wasserschutzgebiete“ ist an dieser Stelle deplatziert. Wasserschutzgebiete sind typischerweise im Kontext der Umweltverträglichkeit zu betrachten. Inwieweit hiervon die Betriebssicherheit eines Endlagers so betroffen sein kann, dass ein Standort deswegen ausgeschlossen werden müsste, ist nicht nachvollziehbar.

Unterschiede zwischen Standorten können sich bezüglich des für die betriebliche Sicherheit erforderlichen Aufwands ergeben. Hiermit ist aber implizit lediglich die Kostenfrage angesprochen, die gegenüber einer prioritär sicherheitsgerichteten Bewertung keine Rolle spielen darf.

6.2.4. Umweltbezogene Indikatoren ((SÚRAO 2015d), Kap. 7), sozioökonomische Aspekte und Akzeptanzfragen ((SÚRAO 2015d), Kap. 8)

Die hier angesprochenen, nicht unmittelbar mit der Endlagersicherheit verknüpften Standorteigenschaften können in einem nach dem Primat der Sicherheit durchgeführten Auswahlverfahren zum Vergleich sicherheitlich gleichwertiger Standortoptionen herangezogen werden, um unter Wahrung des erreichten Sicherheitsniveaus die letztliche Standortentscheidung zur Ansiedelung eines Endlagers zu rechtfertigen. Das hierbei zu verfolgende Ziel ist dann die hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit mildeste, hinsichtlich ihrer sozioökonomischen Effekte positivste und/oder hinsichtlich ihres Grades an lokaler Akzeptanz höchste Standortentscheidung.

Sie können indes nicht dazu herangezogen werden, sicherheitsbezogene Standorteigenschaften gegenüber sicherheitsfremden Aspekten abzuwägen oder gar Standorte auf dieser Basis auszuschließen, womöglich mit dem Ziel, eine opportune Lösung unter Inkaufnahme von Abschlägen in der Langzeitsicherheit herbeizuführen. Dass im Kriterien-Leitfaden eine Vielzahl der umweltbezogenen Indikatoren als Ausschlusskriterium („Exclusion“) gekennzeichnet oder mit Ausschlussmerkmalen belegt ist („Comparison to exclusion“), widerspricht daher sowohl einem am Primat der Sicherheit orientierten Ansatz als auch der international üblichen Vorgehensweise.

⁶⁷ SÚRAO 2015d, S. 40

⁶⁸ Es gibt etliche Beispiele dafür, dass ein prioritär eingestuftes Projekt (z.B. Braunkohletagebaue, Stauseen, Nordwestlandebahn Flughafen Frankfurt) eine Verlegung kritischer Infrastrukturen oder ganzer Ortschaften nach sich gezogen hat.

Selbstverständlich wird die Abwesenheit eines mit Schutzstatus belegten Gebietes oder nutzbarer Ressourcen z.B. auch in Deutschland als günstiger bewertet als ein bestehender Zielkonflikt, es wird aber kein Anlass dafür gesehen, einen an einem geeigneten Endlagerstandort bestehenden andersartigen Schutzstatus grundsätzlich über die Endlagersicherheit zu stellen.

So wird beispielsweise die Anwesenheit von Naturschutzgebieten verschiedener Kategorien in Tschechien als Ausschlusskriterium formuliert. Im Kriterien-Leitfaden wird diesbezüglich die Frage aufgeworfen, inwieweit die dort definierten, auf Schutzgebiete bezogenen Ausschlusskriterien auch für den untertägigen Bereich des Endlagers gelten sollen⁶⁹. Diese Frage ist in Tschechien offenbar noch ungeklärt. Die deutsche Endlagerkommission hat diesbezüglich Stellung bezogen und planungswissenschaftliche Abwägungskriterien entwickelt, die zwischen obertägigen und untertägigen Planungsaspekten unterscheiden. Damit wird einerseits die mögliche räumliche Entkopplung der obertägigen Anlagen vom untertägigen Einlagerungsbereich durch Zugang über eine Rampe berücksichtigt, andererseits wird der grundsätzlich unterschiedlichen Wirkung der ober- und untertägigen Anlagen auf die Umwelt Rechnung getragen⁷⁰. Ein Schutzgebietsstatus wird in Deutschland als planungswissenschaftliches Kriterium bezüglich der obertägigen Anlagen zwar in die Abwägung einbezogen, aber gegenüber sicherheitlichen Standorteigenschaften klar nachrangig eingestuft.

Ein Beispiel für die Behandlung von Faktoren der Umweltverträglichkeit ist die mögliche Beeinträchtigung von Trinkwasservorkommen. Im tschechischen Kriterien-Leitfaden wird der Einfluss auf Oberflächen- oder Trinkwasservorkommen als Vergleichskriterium benannt, das zu einem Ausschlusskriterium werden kann, wenn sich ungünstige Einflüsse nicht auf ein akzeptables Niveau begrenzen lassen ("comparison to exclusion").

In Deutschland ist der Einfluss auf oberflächennahe oder tiefe Grundwasservorkommen zur Trinkwassergewinnung in der Abwägung zu berücksichtigen, wird aber als planungswissenschaftlicher Aspekt immer nachrangig zur Endlagersicherheit beurteilt. Ein Ausschlusskriterium wird hiermit nicht verbunden, da davon auszugehen ist, dass tatsächliche negative Einflüsse eines Endlagers auf ein lokales Grundwasservorkommen an dem in Deutschland gesuchten Standort mit der bestmöglichen Sicherheit in jedem Fall kompensiert werden können und müssen.

6.3. Fazit

Der tschechische Kriterien-Leitfaden enthält eine umfassende und thematisch abdeckende Aufzählung an Indikatoren und Kriterien für eine Standortauswahl. Die Schwierigkeiten liegen vor allem in ihrer Anwendung und Gewichtung bei der Bewertung der vorhandenen Standortoptionen. Die zentralen, auf die Langzeitsicherheit ausgerichteten Merkmale sollen im derzeitigen Kenntnisstand, ohne unmittelbare Informationen aus den jeweiligen Endlagerbereichen, weitgehend anhand oberflächennaher Erkenntnisse, generischer Annahmen und standortfremder Analogieschlüsse abgeschätzt werden. Ob ein weiterer Kenntnisgewinn im Sinne der im mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsplan (SÚRAO 2015b) genannten Erkundungsmaßnahmen bis zum Jahr 2020 – dem Zeitpunkt bis zu dem die vorhandenen Optionen auf lediglich zwei Standorte eingegrenzt werden sollen – tatsächlich gelingen kann, scheint aus heutiger Sicht zumindest sehr fraglich. Wenn dies dazu führt, dass die sicherheitsbezogenen Standortmerkmale aufgrund des eingeschränkten Kenntnisstandes nicht weiter differenziert werden und die Standorte deshalb als gleich gut geeignet angesehen werden, können die nicht sicherheitsbezogenen Ausschlusskriterien wie z.B. raum-

⁶⁹ (SÚRAO 2015), S. 44

⁷⁰ Endlagerkommission 2016, S. 349

planerische Aspekte einen unzulässig großen Einfluss auf die Standortauswahl erlangen. Eine sicherheitsbasierte Standortauswahl wäre in diesem Fall nicht gewährleistet.

Für den weiteren Verlauf sind folgende übergeordnete Anforderungen an das tschechische Standortauswahlverfahren zu stellen:

- Nachweis, dass im tschechischen Endlagerkonzept das Zusammenspiel der technischen Barrieren (Supercontainer und Bentonitbuffer) mit einem kristallinen Wirtsgestein mit vergleichsweise hoher Gebirgsdurchlässigkeit gegenüber dem vielfach als Referenz angeführten schwedischen Endlagerkonzept zu einer mindestens gleichwertigen Langzeitsicherheitsprognose führen kann. Diesbezüglich ist insbesondere das unterschiedliche Verhalten von Endlagerbehältern auf Stahlbasis (Supercontainer) und auf Kupferbasis (schwedisches KBS-3-Konzept) zu berücksichtigen. Ein entsprechender Abgleich fehlt im Kriterien-Leitfaden.
- Durchführung standortbezogener Erkundungsprogramme vor einer weiteren Eingrenzung der Standortoptionen mit dem Ziel einer begründbaren Differenzierung der Standortoptionen nach sicherheitlichen Merkmalen.
- Klares Bekenntnis zum Primat der Sicherheit, klare Regelung zum sicherheitsgerichteten Umgang mit Zielkonflikten.
- Klare Regelung der nachrangigen Bedeutung und Anwendung nicht-sicherheitsbezogener Indikatoren und Kriterien.

Für das weitere Engagement der Landesregierungen von Niederösterreich und Oberösterreich im tschechischen Standortauswahlverfahren ist es daher empfehlenswert, die tschechische Argumentation bei der weiteren Eingrenzung der Standortoptionen darauf hin zu prüfen, dass die Standortoptionen primär nach sicherheitlichen Merkmalen eingestuft werden und dass nicht unmittelbar auf die Endlagersicherheit bezogene Kriterien und Indikatoren nur bei Standortgebieten mit nachweislich gleichwertigen sicherheitlichen Merkmalen zur Differenzierung einer Rangfolge herangezogen werden. Ferner ist zu empfehlen, die zur standortbezogenen Bewertung verwendeten Daten kritisch daraufhin zu prüfen, ob sie tatsächlich standortspezifisch gewonnen wurden und als Grundlage für eine qualifizierte Bewertung geeignet sind.

7. Literaturverzeichnis

- BFE (2011a): Drei Etappen. Bundesamt für Energie BFE. Online verfügbar unter <http://www.bfe.admin.ch/radioaktiveabfaelle/01277/05192/index.html?...>, zuletzt aktualisiert am 30.11.2011.
- BFE (2011b): Sachplan geologische Tiefenlager. Konzeptteil. April 2008 (Revision vom 30. November 2011). Bundesamt für Energie BFE, Abteilung Recht und Sicherheit.
- BGR (2015): Beratung der Kommission „Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“ gemäß § 3 Standortauswahlgesetz - Abriss der Standortauswahl und Darstellung der angewandten geowissenschaftlichen Kriterien bei den Endlagerprojekten in den Ländern Schweiz, Frankreich, Schweden, Belgien und USA. Projekt Endlagerkommission. Deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).
- BMU (2010): Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle. BMU. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Online verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/sicherheitsanforderungen_endlagerung_bf.pdf, zuletzt geprüft am 13.06.2017.
- ČGS (2011): Ukládání vysoce aktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva do geologického prostředí. Česká geologická služba ČGS. Online verfügbar unter <http://www.geology.cz/extranet/vav/prirodni-zdroje/geoenergie/radioaktivni-odpady>.
- ČGÚ (1997-99): Ročenka (Jahresbericht). Hg. v. P. Pálenský. Česká geologická služba ČGÚ.
- ČSKAE (1987): Jaderná energetika - Příručka pro lektorský sbor ČSKAE. připraveno pro Československou komisi pro atomovou energii. Ustřední informační středisko pro jaderný program.
- Czech Parliament (1997): Act on Peaceful Utilisation of Nuclear Energy and Ionising Radiation (the Atomic Act) and on Amendments and Alterations to Some Acts. The English translation is working document, vom ACT No. 18/1997 Coll., 24.01.1997.
- Czech Parliament (2016): ACT No. 263/2016 of Coll. Atomic Act, 14. Juli 2016. Working unauthorized translation.
- Deutscher Bundestag (2017): Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG). StandAG, vom Standortauswahlgesetz vom 05.05.2017 (BGBl. I S. 1074), das durch Artikel 25 des Gesetzes vom 27.06.2017 (BGBl. I S. 1966) geändert worden ist.
- EGP (1999): Referenční projekt povrchových i podzemních systémů HÚ v hostitelském prostředí granitových hornin v dohodnuté skladbě úvodního projektu a hloubce projektové studie. EGP Invest spol. s r.o.,
- Endlagerkommission (2016): Abschlussbericht der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe. Verantwortung für die Zukunft Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes. Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe gemäß § 3 Standortauswahlgesetz (K-Drs. 268).
- ESK (2012): EMPFEHLUNG - Leitlinie zum menschlichen Eindringen in ein Endlager für radioaktive Abfälle. Entsorgungskommission (ESK).

Geobariéra (2006): Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Zkrácená závěrečná zpráva sdružení GEOBARIÉRA. Unter Mitarbeit von F. Woller. Správa úložišť radioaktivních odpadů SÚRAO.

GRS (2014): Natural Analogue Study Ruprechtov (CZ) - An Experience Report. Unter Mitarbeit von Ulrich Noseck, Vaclava Havlova (eds.) Thomas Brassler, Wernt Brewitz, Radek Cervinka, Vaclava Havolva und Frantisek. Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) mbH (GRS - 349).

HSK (2005): Entsorgungsnachweis: Etappe auf einem langen Weg. Historischer Abriss der bisherigen Entscheidungen und Tätigkeiten im Hinblick auf die geologische Tiefenlagerung der hochaktiven Abfälle in der Schweiz. Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK).

HSK (2007): Sachplan geologische Tiefenlager. Herleitung, Beschreibung und Anwendung der sicherheitstechnischen Kriterien für die Standortevaluation. Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK).

IAEA (1991): Earthquakes and Associated Topics in Relation to Nuclear Power Plant Siting. Safety Series No. 050-SG-S1. A Safety Guide. Rev. 1. International Atomic Energy Agency IAEA. Vienna.

IAEA (1994a): Siting of Geological Disposal Facilities. A Safety Guide. International Atomic Energy Agency IAEA. Wien (IAEA Safety Standards, Safety Series No 111-G-4 1).

IAEA (1994b): Siting of Geological Disposal Facilities. Safety Series 111-G-4.1. A Safety Guide. International Atomic Energy Agency IAEA.

IAEA (1995): The Principles of Radioactive Waste Management. Safety Series No. 111-F. International Atomic Energy Agency IAEA. Vienna.

IAEA (1997): Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management (INFCIRC/546), zuletzt geprüft am 18.07.2017.

IAEA-WATRP (1998): WATRP and IAEA's International Peer Reviews on Geological Disposal of Radioactive Waste. Unter Mitarbeit von Arnold A. BONNE. International Atomic Energy Agency IAEA. Online verfügbar unter <http://www.wmsym.org/archives/1998/html/sess23/23-03/23-03.htm>.

IPPA (2012): Short report about the results of the questionnaire on the participatory process for a radioactive waste repository for high level waste (HLW) in the Czech Republic. Unter Mitarbeit von V. Ustohalova, A. Minhans and B. Kallenbach-Herbert. Öko-Institut e.V. (Project co-funded by the European Commission under the Seventh Euratom Framework Programme for Nuclear Research and Training Activities (2007-20011), Deliverable 5.1.3).

Kališová (2016): Dlouhodobě nakládání s RAO a vyhořelým jaderným palivem I. In: *tzbin-fo/http://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika/14104-dlouhodobě-udrzitelne-nakladani-s-radioaktivnimi-odpady-a-vyhorelym-jadernym-palivem-i*, 2016 (vom 25.04.).

Kříž et al. (1991): Geologický výzkum bezpečného uložení vysoce radioaktivního odpadu - I. etapa - Výběr perspektivních oblastí v Českém masivu. MS ČGÚ. Unter Mitarbeit von Kříž J. Český geologický ústav ČGÚ. Praha.

Lorenz et al. (2013): Tschechische Endlagerpläne für geologische Tiefenlager – historische Entwicklung, wissenschaftliche und politische Beurteilung, Auswirkungen auf Österreich. ATOM Studie. Unter Mitarbeit von R. Lahodinsky P. Lorenz.

Metlay (2017): Selecting a Site for a Radioactive Waste Repository: A Historical Analysis. In: *Elements - An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology* (June 2017 - Volume 13, Number 3).

- MPO (2002): The Concept of Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management in the Czech Republic. Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic.
- MPO (2014): Update of the Concept of Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management. Ministerstvo průmyslu a obchodu (Ministry of Industry and Trade).
- NAGRA (2015): Annual Report 2015. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle.
- NE (2016): Radwaste-News. In: *Nuclear Engineering International (NEI)* (Dezember 2016), S. 7.
- Piskač et al. (2003): Výběr lokality a staveniště HÚ v ČR. Analýza území ČR Fáze regionálního mapování Zpráva část A. Unter Mitarbeit von J. Piskač, P. Šimůnek, I. Prachař, D. Tucauerová, B. Romportl, J. Blažek. ENERGOPRŮZKUM PRAHA, spol. s r.o. für Správa úložišť radioaktivních odpadů SÚRAO.
- POSIVA (2000): The site selection process for a spent fuel repository in Finland - Summary report. Unter Mitarbeit von T. Äikäs T. McEwen. Posiva Oy/EnvirosQuantiSci UK.
- Procházka et al. (1993): Metodika geologicko - průzkumných prací pro hostitelskou strukturu hlubinného úložiště ve vyvrelých horninách. Český geologický ústav ČGÚ. Prag.
- Procházka V. (2010): Fosfáty a akcesorické oxidy ve vybraných granitoidech a pararulách moldanubické oblasti v jihovýchodních a jižních Čechách. Disertační práce. Unter Mitarbeit von V. Procházka. Univerzita Karlova v Praze (Karlsuniversität Prag). Prag.
- PS (2015a): Statut Pracovní skupiny pro dialog o hlubinném úložišti. vlastní statut dle čl. 6 odst. 1 Statutu Rady vlády pro energetickou a surovinovou strategii ČR. Hg. v. Regierungsrat für Energie- und Rohstoffstrategie der Tschechischen Republik (Rada vlády pro energetickou a surovinovou strategii ČR). Pracovní skupina č. 9 Rady vlády pro energetickou a surovinovou strategii ČR. Prag.
- PS (2015b): Zápis z 18. Schůze Pracovní skupiny pro dialog o HÚ. (Protokoll der 18. Sitzung der Arbeitsgruppe zum Dialog über das Endlager). Pracovní skupiny pro dialog o HÚ.
- PS (2016): Zápis z 19. Schůze Pracovní skupiny pro dialog o HÚ. (Protokoll der 19. Sitzung der Arbeitsgruppe Zum Dialog über das Endlager. Pracovní skupina pro dialog o HÚ.
- SKB (2000a): What requirements does the KBS-3 repository make on the host rock? Geoscientific suitability indicators and criteria for siting and site evaluation. Unter Mitarbeit von J. Andersson, G. Grundteknik, A. Ström, Ch. Svemar, K-E. Almén, L. O Ericsson. Svensk Kärnbränslehantering AB, KEA Geo-Konsult AB, Chalmers University of Technology.
- SKB (2000b): Integrated account of method, site selection and programme prior to the site investigation phase. Svensk Kärnbränslehantering AB (TR-01-03).
- SKB (2011): Site selection – siting of the final repository for spent nuclear fuel. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Skopový et al. (1999): Výzkum homogenity vybraných granitoidních masivů – Projekt prací na hypotetické lokalitě. Nepublikovaná zpráva (nicht publizierte Arbeit).
- Slovák (2016): Ukládání RAO v ČR a stav projektu hlubinného úložiště. Seminář OBK při JE Dukovany, . Dukovany, 29.11.2016.
- SÚJB (1997): REGULATION No. 215 of the State Office for Nuclear Safety on Criteria for Siting Nuclear Facilities and Very Significant Ionising Radiation Sources. English translation issued as a working document, vom No. 215/1997 Sb. Juli 1997.

SÚJB (2016a): DECREE No. 377 on the requirements for the safe management of radioactive waste and on the decommissioning of nuclear installations or category III or IV workplaces. DECREE No. 377, 7 November 2016.

SÚJB (2016b): DECREE No. 378 on siting of a nuclear installation. Working unauthorized translation, vom 378/2016 Coll., 07.11.2016.

SÚRAO (2004a): Annual Report 2004. Správa úložišť radioaktivních odpadů SÚRAO.

SÚRAO (2004b): WATRP Mission to the Czech Republic. International peer review of the Czech programme of the geological repository development. Background materials. SÚRAO | RAWRA - Radioactive Waste Repository Authority,

SÚRAO (2011): Plán činnosti a rozpočet Správy úložišť radioaktivních odpadů na rok 2012, tříletý plán a dlouhodobý plán. (Plan der Tätigkeiten für 2012, dreijähriger und langfristiger Plan). Správa úložišť radioaktivních odpadů SÚRAO.

SÚRAO (2015a): Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Metodické pokyny. Ausgabe 2 vom Mai 2015, Revision 1. Unter Mitarbeit von A. Vokál, L. Pospíšková, I. Vondrovic, M. Kováčik und L. Lucie Steinerová. Správa úložišť radioaktivních odpadů SÚRAO (MP.22).

SÚRAO (2015b): Medium term plan for research and development of activities needed for DGR siting in CZ within years 2015 - 2025. Unter Mitarbeit von I. Pospíšková, A.Vokál, L. Vondrovic, P. Dusílek, M. Dvořáková, I. Hanusová, M. Kováčik, M. Vencel, F. Woller. Prague (Technical report number 1/2015/ENG). Online verfügbar unter <https://www.surao.cz/data/original/files/dgr/medium-term-plan-for>.

SÚRAO (2015c): Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Letzte Ausgabe vom Juli 2015. Unter Mitarbeit von A. Vokál, L. Pospíšková, I. Vondrovic, M. Kováčik, L. Steinerová, P. Dusílek und F. Woller. Správa úložišť radioaktivních odpadů SÚRAO. Prag (Technická zpráva (Technischer Bericht) 2/2015).

SÚRAO (2015d): Requirements, suitability indicators and criteria for the selection of potential deep geological repository sites. Englische Übersetzung des tschechischen Dokumentes. Ausgabe vom Juli 2015. Unter Mitarbeit von A. Vokál, I. Pospíšková, L. Vondrovic, M. Kováčik, I. Steinerová, P. Dusílek, F. Woller. Správa úložišť radioaktivních odpadů SÚRAO (Technical Report 2/2015/ENG). Online verfügbar unter <https://www.surao.cz/data/original/files/dgr/requirements-suitability-indicators-and-criteria-for-the-selection-of-potential-deep-geological-repository-sites.pdf>.

SÚRAO (2015e): Střednědobý plán výzkumu a vývoje Evidenční označení: pro potřeby umístění hlubinného úložiště v ČR 2015 - 2025. Unter Mitarbeit von I. Pospíšková, A.Vokál, L. Vondrovic, P. Dusílek, M. Dvořáková, I. Hanusová, M. Kováčik, M. Vencel, F. Woller (SÚRAO TZ 1/2015).

SÚRAO (2016a): Alternativy při hledání vhodné lokality a Projekt Moldanubikum. Pressemitteilung vom Juli 2016. Online verfügbar unter <https://www.surao.cz/tiskove-zpravy/clanek-275-alternativy-pri-hledani-vhodne-lokality-a-projekt-moldanubikum>.

SÚRAO (2016b): Metodika použití kritérií při zužování počtu lokalit pro další fázi výběru lokality. (Metodik zur Anwendung der Kriterien bei der Eingrenzung der Standortauswahl für die weitere Phase der Standortauswahl). Úkol z 18. Schůze Pracovní skupiny pro dialog o HÚ (Aufgabe aus der 18. Sitzung der Arbeitsgruppe "Working Group for Dialogue on the Deep Geological Repository". 19. Schůze Pracovní skupiny pro dialog o HÚ.

SÚRAO (2017a): Zprávy ze Správy. Zpravodaj Správy úložišť radioaktivních odpadů. - Berichter-
statter des SÚRAO (Frühling 2017). Online verfügbar unter
<https://www.surao.cz/data/original/files/pr/zzs/2017/zpravy-ze-spravy-jaro-2017.pdf>.

SÚRAO (2017b): Geological Exploration Work. Správa úložišť radioaktivních odpadů SÚRAO. On-
line verfügbar unter <https://www.surao.cz/en/dgr/geological-exploration-work>.

ÚJV (2012): Referenční projekt hlubinného úložiště. Aktualizace referenčního projektu hlubinného
úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě. Unter Mitarbeit von L. Pospíšková, A. Vokál,
F. Fiedler, I. Prachař und P. Kotnour. Nuclear Research Institute Řež, plc (Ústav jaderného
výzkumu Řež, a.s.), EGP Invest, EPP, ŠKODA JS a.s. (Archiv-Nr. EGP 5014-F-120055).

Woller, F. (2011): Výběr lokalit pro HÚ a kritéria jejich hodnocení v etapě charakterizace lokalit.
Správa úložišť radioaktivních odpadů SÚRAO (arch. č. SÚRAO 27/11).

Woller et al. (1998): Kritická rešerše archivovaných geologických informací. Závěrečné zho-
dnocení. Unter Mitarbeit von F. Woller (ÚJV a.s.), AGE s.r.o (P. Bílý), K. Domečka (Geotechnika
a.s.), F.Fediuk (Geohelp), M. Hercík (ÚJV a.s.), E. Jelínek (PřF UK), M. Karous (Geonika s.r.o.), A.
Laciok (ÚJV a.s.), J. Skopový (ÚJV a.s.). Řež (Aufgabenstellung-Nr. 59 94 0001).

Woller F., Šimůnek P. (2002): Požadavky na lokalitu v etapě hodnocení lokalit. ZA.S./HÚ.

Zelinka (1993): Návrh semikvantitativních kritérií geologických aspektů hostitelského prostředí
hlubinného úložiště VAO a skladu vyhořelého paliva v České republice. Unter Mitarbeit von Z.
Zelinka. Český geologický ústav ČGÚ.

8. Anhang

Tabelle 8-1: Überblick über Standortgebiete im Verlauf des Auswahlverfahrens

1990 – 1993 (Kříž et al. 1991)		1994 – 1998 (Woller et al. 1998)		2002 – 2003 (Piskač et al. 2003)		2003 – bis heute (SÚRAO 2004b)
**Nr.	Standortgebiet oder Standort	**Nr.	Standortgebiet oder Standort	**Nr.	Standortgebiet oder Standort	Standortgebiet oder Standort
1	Melechov					
2.	Dolní město					
3	Kamenná Lhota					
4.	Větrný Jeníkov	4.	Větrný Jeníkov			
5	Westlich Třešť	5	Růžená, westlich Třešť	5	Rohozná-Růžená	Rohozná-Růžená
6	Nördlich Nová Bystřice	6	Klenová, nördlich Nová Bystřice			
			Kunějov nördlich Nová Bystřice			
7	Klenov	7	Lodhěřov im Klenov Massiv	4	Pluhův Žďár-Lodhěřov	Pluhův Žďár-Lodhěřov
8	Třebíč	8	Třebíč masív	6	Budišov	Budišov
9	Říčany	9				
10	Blatná	10	Blatná	2	Pačejov nádraží	Pačejov nádraží
11	Zvíkovské Podhradí	11				
12	Milevo – Brod	12	Milevo – Brod			
13	Sedmíhoří	13	Sedmíhoří			
14	Tiský úsek	14	Tis u Blatna, Tiský úsek	1	Lubeneč-Blatno	Lubeneč-Blatno
			Blatno, Tiský úsek			
15	Čistecský úsek	15	Čistecský úsek			
16	Kdyně	16	Kdyně			
17	Bory					
18	Hrubšice					
19	Z. od Mladé Vožice					
20	JZ. od Pelhřimova					
21	Senožaty					
22	S. od Pacova					
23	V. od Mladé Vožice					
24	Blovice					
25	Bruntál					
26	Dětřichov					
27	Libavá					
		30	Chyšky, nordwestlich Milevsko			
			Vlksice, nordwestlich Milevsko	3	Božejovice-Vlksice	Božejovice-Vlksice
		31	Jihlava Massiv			
				7	Borohrádek	
				8	Teplá	
				9	Zbytiny	
				10	Opatovice- Silváňka	
				11	Lodín- Nový Bydžov	

** Nummerierung der Standortgebiete in der jeweiligen Etappe

Tabelle 8-2: Beispiel einer tabellarischen Bewertung von Standortmerkmalen für neun Standortoptionen

Požadavek	Specifikace požadavku	Indikátory vhodnosti lokalit	Hodnotící kritéria vhodnosti lokality	č.	Hodnocení lokality										
					Čertovka	Březový p.	Mladá aléna	Čihadlo	Hrádek	Horka	Kráv. h.	Nová 1	Nová 2		
Proveditelnost úložiště	Proveditelnost podzemní části úložiště	Velikost využitelného, v prostoru a odpovídající hloubce vymezeného, horninového bloku	Možnost uložení 10 000 t VJP a 5 000 m ³ RAO	1											
		Charakteristiky horninového prostředí pro konstrukci podzemní části úložiště	Viz indikátor investiční náklady	2											
	Proveditelnost nadzemní části úložiště	Zajištění stability staveb	Umístitelnost povrchového areálu do 5km od hranice podzemního areálu.	3											
		Dostupnost technické infrastruktury	Umístitelnost povrchového areálu do 5km od hranice podzemního areálu. (finanční rozdíly: viz indikátor investiční náklady a indikátor provozní náklady)	4											
		Množství a složitost střetů zájmů	Všechny střety zájmů jsou technicky řešitelné (finanční rozdíly: viz indikátor investiční náklady a indikátor provozní náklady)	5											
	Náklady	Investiční náklady	Investiční náklady jsou o méně než 3mlrd Kč vyšší oproti referenční lokalitě.	6											
		Provozní náklady	Provozní náklady jsou o méně než 30mil Kč/rok vyšší oproti referenční lokalitě.	7											
Popsatelnost a predikovatelnost lokality	Míra nejistoty v popisu geologické stavby a tektonických poměrů lokality	Míra nejistoty v popisu a predikovatelnosti hydrogeologických poměrů v lokalitě	Horninové prostředí území k umístění hlubinného úložiště a jeho okolí zajišťuje izolaci uloženého radioaktivního odpadu od životního prostředí a procesů, které v něm probíhají a jsou způsobitelné hlubinné úložiště narušit.	8a											
		Míra variability vlastností horninového prostředí	Horninové prostředí území k umístění hlubinného úložiště a jeho okolí je homogenní s minimálním výskytem petrograficky i mechanicky odlišných typů hornin a je nepoškozené hydrotermálními a jinými druhotnými přeměnami.	9a											
		Aplikovatelnost standardních metod geologického průzkumu		9b											
	Hydrogeologické vlastnosti lokality	Vzdálenost úložných prostor od vzvodněných poruchových zón	Hydrogeologické vlastnosti horninového prostředí území k umístění hlubinného úložiště a jeho okolí splňují podmínky nízké propustnosti, nízké rychlosti proudění a vysokého stáří podzemní vody tak, aby byla co nejvíce omezena migrace uvolněných radionuklidů.	10a											
		Četnost otevřených a křehkých struktur v izolační části horninového prostředí (ve vymezeném horninovém masivu, pro realizaci podzemní části)		10b											
		Rychlost proudění vody v izolační části horninového prostředí.		10c											

Kategorizace vhodnosti - způsob posuzování kritérií k zúžení počtu lokalit (I. etapa - 2017):	
Příležitost převažuje nad rizikem (zjištěné informace spíše vedou k závěru, že kritérium vhodnosti bude splněno)	
Referenční/průměrná lokalita v příslušném indikátoru/kritérii	
Riziko převažuje nad příležitostí (zjištěné informace indikují překážku k splnění kritéria vhodnosti lokality)	
Málo relevantních informací pro odhad rizika/příležitosti	
Doklady k vyhodnocení kritérií: zprávy z průzkumů, projektové studie, studie bezpečnosti, studie vlivu na životní prostředí, výsledky průzkumů veřejného mínění	

Quelle: Auszug aus dem Anhang zum Protokoll der 19. Sitzung der Arbeitsgruppe PS ((PS 2016) -von SÚRAO nachgereicht