



# Stellungnahme der ESchT zum Abschluss der ersten Etappe des Schweizer Standortauswahlverfahrens für ein geologisches Tiefenlager – Anforderungen an Etappe 2

**Autoren:**

R. Barth  
Dr. J.-D. Eckhardt  
G. Enste  
Dr. P. Hocke  
Prof. Dr. K.-H. Lux  
Dr. J. Mönig  
Prof. Dr. Dr. B. Müller  
Prof. Dr. O. Renn  
Prof. Dr. R. Watzel

**Leitung:**

Dr. W. Hund (BfS)

Mai 2011

## **Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager**

Im Juni 2006 hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) die deutsche „Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager“ (ESchT) einberufen. Die Expertengruppe soll Fragen des BMU und der deutschen Begleitkommission Schweiz (BeKo-Schweiz) zum Sachplan „Geologische Tiefenlager“ der Schweiz beantworten sowie das Standortauswahlverfahren fachlich begleiten.

### Kontakt:

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH  
Hr. Karsten Bruns-Schüler  
Schwertnergasse 1  
50667 Köln  
Karsten.brunschueler@grs.de  
Tel.: +49 (0) 221-20 68-689  
Fax: +49 (0) 221-20 68-734  
Internet: [www.escht.de](http://www.escht.de)

### **Anmerkung:**

Dieser Bericht ist von der Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager (ESchT) im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) erstellt worden.  
Der Bericht kann unter Quellenangabe zitiert und auszugsweise reproduziert werden.

## Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung .....	1
II.	Randbedingungen für Etappe 2.....	2
II.1	Regulatorische Randbedingungen für den sicherheitstechnischen Vergleich.....	3
II.2	Testrechnungen der Nagra .....	4
III.	Bewertungen der ESchT zu den sicherheitstechnischen Aspekten .....	5
III.1	Nachvollziehbarkeit der Daten und des Bewertungsverfahrens .....	5
III.1.1	Zugänglichkeit und Nachvollziehbarkeit von Informationen .....	5
III.1.2	Verfahren zur qualitativen Bewertung der Kriterien bzgl. Sicherheit und technischer Machbarkeit .....	8
III.2	Datengrundlage und verfügbare geologische Informationen.....	9
III.2.1	Kenntnisstand zu den Wirtsgesteinen für SMA-Tiefenlager.....	10
III.2.2	Systematik der geplanten Feld- und Laboruntersuchungen.....	11
III.3	Geowissenschaftliche und geotechnische Aspekte .....	12
III.3.1	Glaziale Tiefenerosion .....	12
III.3.2	Bautechnische Eignung und Machbarkeit .....	13
III.4	Gasbildung .....	17
IV.	Raumplanerische Beurteilungsmethodik für den Standortvergleich in Etappe 2.....	19
IV.1	Hintergrund.....	19
IV.2	Überblick über die Methodik.....	20
IV.3	Einschätzung der Methodik.....	22
IV.3.1	Grundsätzliche Aspekte .....	22
IV.3.2	Ziel- und Indikatorensystem.....	23
IV.3.3	Nutzwertpunkte und Gewichtungen .....	25
V.	Empfehlungen der ESchT .....	26
Empfehlungen zu den geowissenschaftlichen, geotechnischen und sicherheitstechnischen Aspekten.....		26
Empfehlungen und Feststellungen zur raumplanerischen Beurteilungsmethodik .....		28
VI.	Literatur .....	29

## ***I. Einleitung***

Die Etappe 1 gemäß „Sachplan Geologische Tiefenlager“ (SGT) nähert sich dem Ende. Das Schweizerische Bundesamt für Energie (BFE) als verfahrensleitende Behörde hat auf Basis der vorliegenden Bewertungen verschiedener Kommissionen empfohlen, sämtliche von der Nagra vorgeschlagenen potenziellen Standortgebiete in Etappe 2 weiter im Verfahren zu betrachten. Im Herbst 2011 wird der Schweizerische Bundesrat über die Festlegung der sechs von der Nagra vorgeschlagenen Standortgebiete entscheiden. Im Anschluss beginnt Etappe 2 des SGT.

In Etappe 2 sollen mindestens zwei potenzielle Standorte je für das SMA- und das HAA-Tiefenlager ausgewählt werden, wobei die sicherheitstechnische Bewertung in Hinblick auf den langfristigen Schutz von Mensch und Umwelt nach wie vor höchste Priorität besitzt (SGT 2008). Dazu erarbeiten die Entsorgungspflichtigen unter Einbezug der Standortregionen und abgestimmt auf die bautechnische Machbarkeit Vorschläge zur Anordnung und Ausgestaltung der notwendigen Oberflächeninfrastruktur sowie der untertägigen Teile des Lagers und schlagen für den Auswahlprozess zunächst pro geologischem Standortgebiet mindestens einen Standort vor. Für jeden dieser Standorte sind in Etappe 2 quantitative provisorische Sicherheitsanalysen durchzuführen, die als Grundlage für einen sicherheitstechnischen Vergleich der Standorte dienen. Außerdem sind sozioökonomische und raumplanerische Aspekte bei der Einengungsprozedur angemessen zu würdigen.

Laut Konzeptteil zum SGT (2008) müssen die Kenntnisse über die Standorte die Durchführung der provisorischen Sicherheitsanalysen in Etappe 2 erlauben. Dazu sind die vorliegenden Kenntnisse gegebenenfalls durch Untersuchungen zu ergänzen. In dem Bericht ENSI (2010a) wird zudem verlangt, dass die Entsorgungspflichtigen die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen abklären. Die verwendeten geologischen Daten müssen die aktuelle Situation am Standort adäquat wiedergeben und vorhandene Ungewissheiten berücksichtigen.

In dem Bericht Nagra (2010) legt die Nagra ihren Kenntnisstand bezüglich der geowissenschaftlichen Daten dar und beschreibt die begonnenen und noch geplanten Untersuchungen. Auf dieser Basis kommt die Nagra zu dem Schluss, dass der Kenntnisstand eindeutige Aussagen bezüglich der sicherheitstechnischen Eignung und der sicherheitstechnischen Gleichwertigkeit zulässt und dass im Hinblick auf die provisorischen Sicherheitsanalysen in Etappe 2 keine weiteren Untersuchungen notwendig sind.

Die ESchT hat sich zunächst mit der Frage befasst, ob aufgrund des von der Nagra dokumentierten geowissenschaftlichen Kenntnisstands nachvollziehbar ist, dass ein sicherheits-

technischer Vergleich der potenziellen Standorte für geologische Tiefenlager und eine stufengerechte weitere Einengung der potenziellen Standorte durchführbar sein werden. In dieser Stellungnahme bewertet die ESchT die in Etappe 2 von der Nagra geplanten ergänzenden Untersuchungen. Darüber hinaus werden Anforderungen an die aus Sicht der ESchT notwendigen Untersuchungen und Bewertungen in Etappe 2 abgeleitet. Diese Anforderungen betreffen alle Aspekte, die im Rahmen des Einengungsprozesses in Etappe 2 entscheidungsrelevant sind, d.h. neben den geowissenschaftlichen und sicherheitstechnischen auch die sozioökonomischen und die raumplanerischen Belange.

Fragen der regionalen Beteiligung, die bei vier der sechs potenziellen Standortgebiete auch südwestdeutsche Kommunen und Akteure betreffen, werden an dieser Stelle nicht vertieft bewertet, da die ESchT dazu bereits eine Kurzstellungnahme veröffentlicht hat (ESchT 2011). Die dort getroffenen Kernaussagen haben aus Sicht der ESchT weiter Bestand. In den aktuell stattfindenden, hochdynamischen Beratungs- und Abstimmungsprozessen zur Vorbereitung der Regionalkonferenzen zeigen die regional Betroffenen in der Umsetzung des Sachplananforderungen, welches Maß an Kreativität und Qualität in der konkreten Einrichtung der Regionalkonferenzen gerade angesichts der vielfältigen Interessenlagen realisiert werden kann. Die Ergebnisse dieser Beratungen und Abstimmungen sind abzuwarten. Das BFE-Dokument zu Grundlagen und Umsetzung der regionalen Partizipation (BFE 2011) verdichtet die bereits bekannten Vorstellungen und Randbedingungen zur regionalen Partizipation.

Diese ESchT-Stellungnahme berücksichtigt die im Verfahren vorliegenden relevanten Unterlagen mit Ausnahme der jüngst veröffentlichten Stellungnahmen ENSI (2011) und KNE (2011). Sie werden in die weitere Arbeit der ESchT einfließen.

## ***II. Randbedingungen für Etappe 2***

Für die Identifizierung von potenziellen Standorten in Etappe 2 ergeben sich Randbedingungen durch die regulatorischen Anforderungen an den sicherheitstechnischen Vergleich. Darüber hinaus lassen sich auf Basis der bereits vorliegenden Ergebnisse der von der Nagra zu den einzelnen Standortgebieten durchgeführten Testrechnungen Schlussfolgerungen bezüglich der Relevanz verschiedener Einflussgrößen und Bewertungsschritte auf den Auswahlprozess in Etappe 2 ziehen. Dies betrifft auch die Vorbereitungen und Ergebnisse zur raumplanerischen Beurteilungsmethodik (s. Kap. IV).

## II.1 Regulatorische Randbedingungen für den sicherheitstechnischen Vergleich

In Etappe 2 sollen vornehmlich auf Basis provisorischer Sicherheitsanalysen mindestens je zwei Standorte für das SMA- und das HAA-Tiefenlager benannt werden. Die Anforderungen an die quantitativen provisorischen Sicherheitsanalysen für die einzelnen Standorte und deren sicherheitstechnischen Vergleich sind in ENSI (2010b) konkretisiert. Darin ist auch festgelegt, dass die in den provisorischen Sicherheitsanalysen verwendeten Informationen und Daten durch Kenntnisse aus dem geologischen Standortgebiet zu belegen sind. Sollte dieser Beleg nicht vollständig möglich sein, ist aufzuzeigen, dass die Übertragung von Informationen aus dem gleichen oder einem Wirtsgestein mit sicherheitstechnisch ähnlichen Eigenschaften an anderen Orten zulässig ist.

Der sicherheitstechnische Vergleich umfasst nach ENSI (2010b) drei Schritte, in denen quantitative und qualitative Vergleiche und Bewertungen zum Einsatz kommen.

1. Zunächst erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse von Dosisberechnungen, die auf provisorischen Sicherheitsanalysen beruhen. Dabei werden sowohl die erwartete Entwicklung des Gesamtsystems als auch weniger wahrscheinliche Entwicklungsmöglichkeiten analysiert. Auf diese Weise kann sowohl die Robustheit des Gesamtsystems aufgezeigt, wie auch die Ungewissheiten und Variabilitäten in den quantitativen Parametern berücksichtigt werden. Damit werden im Hinblick auf die Radionuklidfreisetzung numerische Ergebnisse für den Referenzfall sowie zu den Parametervariationen ermittelt. Standorte, die das Dosis-Schutzkriterium nicht erfüllen oder die sich bei diesem Vergleich als eindeutig weniger geeignet erweisen, scheidern aus. Für diesen quantitativen Vergleich sind sowohl die Vorgehensweise zur Durchführung der Dosisberechnungen einschließlich des standardisierten Parameter variationsverfahrens, die anschließenden Bewertungsmethode und die anzuwendenden Kriterien in ENSI (2010b) vorgegeben.
2. Die verbleibenden Standorte werden anschließend hinsichtlich der Sicherheit und bautechnischen Machbarkeit qualitativ bewertet. Dabei werden die Kriterien zur Standortevaluation gemäß SGT angewendet, wobei vorrangig die Kriteriengruppe 3 „Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen“ und „Bautechnische Eignung“ bewertet werden. Eine Vorgabe bezüglich der anzuwendenden Indikatoren, zur Abwägungsmethodik und zur Aggregation der Ergebnisse gibt es nicht.
3. Auf Basis dieser beiden Schritte erfolgt für alle Standorte eine zusammenfassende Gesamtbewertung, die in einem sicherheitstechnischen Bericht dokumentiert wird. Die Diskussion der Sicherheitsfunktionen der geologischen Barriere und die qualitative Bewertung der Kriterien werden beim Vergleich im sicherheitstechnischen Bericht berücksichtigt.

Zusammen mit weiteren Berichten zu raumplanerischen Aspekten, Voruntersuchungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung und sozioökonomischen Wirkungsstudien bildet der sicherheitstechnische Bericht die Grundlage für die Standortvorschläge in Etappe 2.

## **II.2 Testrechnungen der Nagra**

In Nagra (2010) sind die Ergebnisse umfangreicher und sehr systematischer Modellrechnungen für alle in Etappe 1 vorgeschlagenen potenziellen Standortgebiete für SMA- und HAA-Tiefenlager dokumentiert. Diese als Testrechnungen bezeichneten Dosisberechnungen bildeten eine Grundlage für die Evaluation des Kenntnisstands durch die Nagra hinsichtlich der Eindeutigkeit ihrer Aussagen bezüglich der sicherheitstechnischen Eignung bzw. sicherheitstechnischen Vergleichbarkeit der Standortgebiete.

Auf der Basis von Systemanalysen werden die Grundlagen der Dosisberechnung aufgezeigt. Dies umfasst die Modellkonzepte, die verwendeten Rechencodes und die Eingangsdaten mit ihren Variationsbreiten. Im Hinblick auf die zu betrachtenden Szenarien und die Vorgehensweise beim standardisierten Parametervariationsverfahren wurden bei diesen Testrechnungen die Anforderungen aus ENSI (2010b) an die provisorischen Sicherheitsanalysen vollständig berücksichtigt. Wegen der Betrachtung von sogenannten „What-If?“-Szenarien gehen die Testrechnungen sogar darüber hinaus.

Selbst wenn diese Testrechnungen nicht die quantitativen provisorischen Sicherheitsanalysen darstellen, lässt sich auf Basis der vorliegenden Ergebnisse der Schluss ziehen, dass voraussichtlich anhand der quantitativen Ergebnisse keine sicherheitstechnischen Unterschiede zwischen den Standortgebieten zu belegen sind und alle Standorte als sicherheitstechnisch geeignet einzustufen sind. In der Konsequenz bedeutet diese Vermutung, dass auf der Grundlage der quantitativen Rechnungen kein Standortgebiet ausscheiden würde und dass für die Einengungsprozedur in Etappe 2 die qualitativen sicherheitstechnischen Kriterien und Indikatoren, die raumplanerischen Aspekte und die Ergebnisse der sozioökonomischen Wirkungsanalysen eine zentrale Rolle spielen und letztlich entscheidungsrelevant werden. Vor diesem Hintergrund sind die Fragen zum Kenntnisstand der benötigten geowissenschaftlichen Daten für Etappe 2 zu beantworten, die Anforderungen an die Vorgehensweisen zur Bewertung aller Aspekte, die in die Bewertungen in Etappe 2 einfließen, abzuleiten und die Bedeutung der sonstigen Bewertungsaspekte zu bewerten.

### **III. *Bewertungen der ESchT zu den sicherheitstechnischen Aspekten***

Zu den von der Nagra in Etappe 1 vorgelegten Unterlagen, mit denen die Auswahl von potenziellen Standortgebieten dokumentiert und begründet wird, sind Gutachten und Stellungnahmen von verschiedenen Schweizer Gremien (ENSI 2010a, KNS 2010, KNE 2010 und AdK 2010a) sowie von der ESchT (2010a) erstellt worden, in denen auch Empfehlungen für die Etappe 2 ausgesprochen werden.

Bei der Bewertung der Standortvorschläge durch die ESchT konzentrierten sich die Überprüfungen auf Plausibilitätsprüfungen sowie auf stichprobenartige Prüfungen an einigen Stellen, zu denen detailliertere Kenntnisse bei den deutschen Experten vorliegen. Die ESchT ist davon ausgegangen, dass die geowissenschaftlichen Daten insbesondere durch Schweizer Institutionen und Aufsichtsbehörden einer kritischen Würdigung unterzogen werden (ESchT 2010a). In die vorliegenden Bewertungen der ESchT fließen daher auch Argumente ein, die inzwischen in den verschiedenen Stellungnahmen und Bewertungen Schweizer Gremien aufgeführt sind.

#### **III.1 *Nachvollziehbarkeit der Daten und des Bewertungsverfahrens***

Das ENSI hat eine transparente Klärung der Notwendigkeit weiterer Untersuchungen und die standortspezifische Darstellung des Wissensstands gefordert; unterschiedliche Annahmen aufgrund unterschiedlichen Kenntnisstandes sollen ausgewiesen werden (ENSI 2010a, S. 6). Die ESchT hat in ihrer Stellungnahme vom März 2010 neben der Bewertung der fachlichen Aspekte die Bedeutung eines transparenten Verfahrens betont (ESchT 2010a). Diese Aussage erfolgte auch in Erwartung eines Berichts der Nagra, der inzwischen vorgelegt wurde und in dem die Datenlage und Vergleichbarkeit des Wissensstands der Standortgebiete klar und nachvollziehbar dargestellt werden sollte (Nagra 2010). Die nachvollziehbare Darstellung des Wissensstands ist auch deshalb von Relevanz, weil für die Dokumentation in Etappe 2 neben der Betrachtung technischer Aspekte ausdrücklich die Berücksichtigung der Aspekte „Nachvollziehbarkeit“, „Ungewissheiten“ und „Verlässlichkeit der Aussagen“ gefordert wird (ENSI 2010b, S. 9). Aus Sicht der ESchT wird der Anspruch einer nachvollziehbaren und transparenten Darstellung mit dem Bericht (Nagra 2010) noch nicht durchgehend erfüllt. Diese Bewertung soll mit Beispielen aus unterschiedlichen Bereichen veranschaulicht werden.

##### **III.1.1 *Zugänglichkeit und Nachvollziehbarkeit von Informationen***

Generell ist festzustellen, dass die Gleichwertigkeit der Informationslagen für die verschiedenen Standortgebiete aus den Darstellungen in Nagra (2010) nur bedingt nachvollzogen wer-

den kann. Denn es ist zwar ein vollständiger Quellennachweis geführt, jedoch sind von den insgesamt 248 referenzierten Publikationen ein Viertel nicht öffentlich zugänglich. Gut die Hälfte davon sind Nagra Arbeitsberichte (NAB), die auf Nachfrage erhältlich sind und nicht der Vertraulichkeit unterliegen. Bei den anderen, nicht öffentlich zugänglichen Literaturstellen, handelt es sich um unpublizierte Nagra interne Forschungsberichte (NIB), die vertraulich zu behandeln sind.

Unter den NABs finden sich wichtige Berichte wie Untersuchungen von niedrig-pH Zement (Nagra 2007), die Kompilation der Bohrungen, Übersichts- und Aufschlussprofile (Naef 2008) und der lithologischen Daten (Mazurek 2010). Betrachtungen über die technische Machbarkeit von Zugangsbauwerken sind in unpublizierten Nagra internen Berichten (NIB) niedergelegt (Kellerhals + Haefeli 2010a, 2010b).

In Nagra (2010) wird also zur ergänzenden Dokumentation der Informations- oder Datenlage häufig auf NABs und NIBs verwiesen. Deren Zugänglichkeit ist eingeschränkt bzw. nicht gegeben. Zudem handelt es sich bei den zitierten Werken teilweise wiederum um eine Kompilation von Referenzen wie beispielsweise Mazurek (2010), in denen ebenfalls die Daten nicht vorgelegt werden. Diese Form der Darstellung in Nagra (2010) ermöglicht es nur einem sehr eingeschränkten Kreis von Fachleuten, die Kernaussagen nachzuvollziehen. Im Sinne des Transparenzgebots des Verfahrens ist dies als Mangel anzusehen, da die Gleichwertigkeit der Datensätze selbst in Stichproben nicht überprüfbar ist und die Bewertung sich damit weiterhin auf die Glaubwürdigkeit der Nagra – und ihrer bislang als solide eingeschätzten Arbeit – stützen muss.

#### *Beispiel 1: Prozesse und Parameter bzw. Bewertungsverfahren*

Die Nagra hat in Nagra (2010), basierend auf den in Nagra (2008a) dargestellten Zusammenhängen zwischen Indikatoren und Sicherheitsfunktionen, „relevante Prozesse und Parameter“ zusammengestellt, anhand derer „die Wirkung der sicherheitsrelevanten Eigenschaften bestimmt werden soll[en]“. In Nagra (2010) sind in Tab. 3.2.1 die relevanten Prozesse und Parameter gelistet und die zugehörigen Indikatoren für die qualitative Bewertung dargestellt.

Prozesse und Parameter fließen entweder direkt in die Modellrechnungen ein oder sie werden in begleitenden Systemanalysen verwendet (Nagra 2010, S. 24). Insbesondere im Anhang von Nagra (2010) sind umfangreiche Tabellen mit Datensätzen vorhanden. In Kapitel 6.2 werden die Systemanalysen diskutiert. Dabei werden die entsprechenden Zusammenhänge umfassend erläutert.

Allerdings fehlt eine systematische Darstellung wie bestimmte Indikatoren, Prozesse und Parameter in ihre Bewertungsskala bzw. das Bewertungsverfahren übertragen werden. Es ist zum Beispiel für den wichtigen Parameter PG 21 „Sorptionskoeffizient“ nicht nachzuvollziehen, wie aus der Systemanalyse quantitative Werte hergeleitet werden. Dies liegt vor allem daran, dass die zitierten Referenzen nicht veröffentlichte interne Nagra-Berichte (NIB) und Arbeitsberichte der Nagra (NAB) sind. Weiterhin wird darauf verwiesen, dass der in Etappe 1 erstellte Datensatz für die Testrechnungen verwendet wird: In dem zugehörigen Bericht (Nagra 2008c) wird jedoch wiederum auf unveröffentlichte Referenzen verwiesen.

### *Beispiel 2: Tongehalt*

In Nagra (2010) erfolgt keine Spezifizierung der bereits in ESchT (2010a) dargelegten Problematik der Bewertung der „weichen“ Indikatoren. Ein besonders deutliches Beispiel hierfür ist der Tongehalt. Dieser Indikator wird zwar wissenschaftlich korrekt eingesetzt und die von der Nagra genannten Gehalte (Nagra 2010, Tab A6-8) entsprechen nach Stand des Fachwissens realistischen Werten. Dennoch ist kritisch anzumerken:

1. Die Herleitung der Werte ist kaum nachvollziehbar, für die Datengrundlage wird meist auf NABs verwiesen. Wie bereits in ESchT (2010) angemerkt, wird die Bestimmung des Tongehalts lediglich in einer Fußnote in Nagra (2008b, S. 88) definiert. Die analytische Quantifizierung wird in keinem der relevanten Nagra Technischen Berichte (NTBs) beschrieben. Nach mündlicher Mitteilung seitens der Nagra erfasst das beschriebene Verfahren den Gesamtgehalt an Tonmineralen.

Wesentlich für die Rolle des Tongehalts (bezüglich hydraulischer Durchlässigkeit, Sorptionsverhalten, Quellverhalten und anderem) ist aber nicht nur der prozentuale Anteil an Tonmineralen, sondern vor allem die spezifische mineralogische Zusammensetzung. Über die Gehalte spezifischer Tonminerale finden sich lediglich Angaben für den Opalinuston. Die in Nagra (2010) zitierte Referenz (Mazurek 2010) ist ein nicht öffentlicher NAB, in dem wiederum auf Sekundärreferenzen verwiesen wird.

2. Die Verwendung des Tongehalts als wesentlicher Indikator bzw. stellvertretenden Parameter für hydraulische Leitfähigkeit ist prinzipiell gerechtfertigt. Die Verlässlichkeit der Aussagen ist jedoch auf Basis der öffentlich zugänglichen Berichte (NTBs) schwer überprüfbar, wenn sich die Quantifizierung nur eingeschränkt nachvollziehen lässt.
3. Der Tongehalt wird bei weiteren Indikatoren als Bewertungsbasis eingesetzt: Mineralogie, Transmissivität präferentieller Freisetzungspfade, Indikatoren zu geochemischen Bedingungen (mikrobielle Prozesse, pH-Wert, Kolloide und weitere).  
Aufgrund der unklaren Darstellung ist nicht nachvollziehbar, ob mit dieser mehrfachen Berücksichtigung dem Tongehalt im Bewertungsverfahren (auch statistisch) eine zu große Bedeutung zukommt.

Die ESchT weist an dieser Stelle nochmals ausdrücklich darauf hin, dass die Bedeutung des Tongehalts für die Qualität eines Wirtsgesteins von großer Bedeutung ist und dieser Parameter von der Nagra nachvollziehbar und inhaltlich korrekt eingesetzt wurde. Es ist aufgrund geowissenschaftlicher Erfahrungswerte und des Wissenstands anzunehmen, dass auch die bei der Umsetzung in die Quantifizierung erhaltenen Ergebnisse prinzipiell sinnvoll und nachvollziehbar sind. Die ESchT kritisiert jedoch, dass die Umsetzung aus den vorliegenden NTBs nicht transparent und damit die Verlässlichkeit der Aussagen nicht bewertbar ist. Es fehlen die zugrundeliegenden Datensätze über den Tongehalt, die tonmineralogische Zusammensetzung und zudem der Zugang zu zitierten Referenzen. Weiterhin ist nicht ersichtlich, wie die Überführung in die Noten der Bewertungsskala aus Nagra (2008a) und die Quantifizierung in hydrogeologische Kennwerte für die Rechenbeispiele erfolgte.

### **III.1.2 Verfahren zur qualitativen Bewertung der Kriterien bzgl. Sicherheit und technischer Machbarkeit**

Nach ENSI (2010b) umfassen die provisorischen Sicherheitsanalysen neben den quantitativen Ergebnissen der Modellrechnungen zum Referenzfall und den standardisierten Parameter variationsverfahren auch die Resultate einer qualitativen Bewertung der Kriterien gemäß SGT (2008, Tabelle 1), in der 13 Kriterien bzgl. Sicherheit und technischer Machbarkeit in vier Kriteriengruppen zusammengefasst werden. Damit sollen auch die Aspekte der Kriteriengruppen 3 „Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen“ und 4 „Bautechnische Eignung“ in die sicherheitstechnische Bewertung der Standorte einfließen, die bei den quantitativen Modellrechnungen nicht direkt betrachtet werden können. Für die zu beurteilenden Kriterien ist nach ENSI (2010b) eine qualitative Bewertungsskala („sehr günstig“, „günstig“, „bedingt günstig“, „ungünstig“) anzuwenden, weitere Vorgaben zur Vorgehensweise werden nicht gemacht.

Die ESchT hält die Berücksichtigung aller Kriterien bzgl. Sicherheit und technischer Machbarkeit gemäß SGT bei der Einengung der Standorte in Etappe 2 für sachgerecht und angemessen. Die qualitative Bewertung für den sicherheitstechnischen Vergleich der Standorte kann eine entscheidende Rolle im Einengungsprozess in Etappe 2 spielen, was aus Sicht der ESchT eine Folge der Anwendung von verschärften Anforderungen in Etappe 1 ist. Daher empfiehlt die ESchT, frühzeitig in Etappe 2 und vor Durchführung der sicherheitstechnischen Bewertung der einzelnen Standorte sowohl die Indikatoren, mit denen die Kriterien beurteilt werden, als auch deren Bewertungsmaßstäbe festzulegen und zu dokumentieren. Außerdem ist die Vorgehensweise, mit der die Einzelbeurteilungen der Indikatoren und Kriterien zu einer Gesamtaussage zusammengezogen und der sicherheitstechnische Vergleich der Standorte durchgeführt werden soll, festzulegen.

Für den Fall, dass ein ähnliches Bewertungsverfahren wie in Etappe 1 zur Anwendung kommt, sollten die diesbezüglichen Empfehlungen der Stellungnahmen der verschiedenen Institutionen, einschließlich der ESchT, insbesondere im Hinblick auf die Verwendung und Wichtung der Indikatoren und Kriterien, die Mittelwertbildung und die Aggregation der Ergebnisse zu einer Gesamtbewertung berücksichtigt und das Vorgehen transparent und nachvollziehbar dargestellt werden.

### **III.2 Datengrundlage und verfügbare geologische Informationen**

Die Gutachten und Stellungnahmen von ENSI (2010a), KNS (2010), AdK (2010a) und ESchT (2010a) haben auf der Basis der für die Etappe 1 vorgelegten Unterlagen folgende Empfehlungen für Etappe 2 bezüglich des Kenntnisstandes zu den geowissenschaftlichen Daten ausgesprochen:

- Der Wissensstand zu den Standortgebieten ist zu vervollständigen. Bei allen Standortgebieten außer dem Gebiet Zürich Nordost ist der Wissensstand beschränkt (ENSI 2010a). Das ENSI sieht in seinen Anforderungen an die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich (ENSI 2010b) bei den erforderlichen Analysen und Daten zur Charakterisierung der Wirts- und Rahmengesteine vor, dass verwendete Daten durch Kenntnisse aus dem geologischen Standortgebiet zu belegen sind und die Übertragung von Informationen aus anderen Gebieten belastbar sein muss.
- Die KNS (KNS 2010) geht davon aus, dass für vergleichbare provisorische Sicherheitsanalysen zusätzliche erdwissenschaftliche Untersuchungen z. B. „3D-Seismik, Tiefbohrungen und Datierungen“ erforderlich sind. Nach ihrer Auffassung bestehen bei den Themen Neotektonik und Erosion noch beträchtliche Ungewissheiten. Sie stellt weiterhin fest, dass der Wissensstand bei den Effinger Schichten und beim „Braunen Dogger“ ungenügend ist und dies im weiteren Verfahren zu Schwierigkeiten führen kann. Die KNS verweist darauf, dass fehlende Informationen dazu führen können, dass Standortgebiete unter- oder überbewertet werden und es im weiteren Verlauf möglich ist, dass deshalb vorgeschlagene Standortgebiete ausscheiden. Ebenfalls verweist die KNS darauf, dass bei der pauschalen Bewertung des Tongehalts von Wirtsgesteinen die unterschiedliche Quellfähigkeit verschiedener Tonmineralien nicht berücksichtigt wird.
- Die ESchT hat in ihrer Stellungnahme (ESchT 2010a) darauf hingewiesen, dass keine Standorte aufgrund einer schlechteren fachlichen Datengrundlage als weniger geeignet erscheinen und bewertet werden und dadurch aus der weiteren Betrachtung herausfallen sollten. Eine ausführliche und übersichtliche Darstellung des unterschiedlichen Datenbestandes und Wissensstandes aller untersuchten Wirtsgesteine und Standortgebiete für SMA und HAA-Lager wird gefordert (ENSI 2010a, ESchT 2010a).

### III.2.1 Kenntnisstand zu den Wirtsgesteinen für SMA-Tiefenlager

Nach Auffassung der KNS ist der Wissensstand zu den Effinger Schichten und dem „Braunen Dogger“ durch weitere Abklärungen, insbesondere auch standortspezifische, zu verbessern. ENSI (2010a), KNS (2010), AdK (2010a) und ESchT (2010a) stimmen überein, dass bei tonigen Gesteinen nicht der Tongehalt allein, sondern der Anteil an quellfähigen Tonmineralen eine entscheidende Beurteilungsgröße für die Barrierewirkung ist. Daneben ist das Verkarstungspotenzial, insbesondere bei den Effinger Schichten, stufengerecht und standortspezifisch zu berücksichtigen.

Für die Beschreibung und Bewertung der Durchlässigkeit des Untergrunds sind die Eigenschaften des Wirtsgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs von maßgeblicher Bedeutung. Die hydraulische Durchlässigkeit ist neben den Sorptionskoeffizienten und der effektiven Diffusionskoeffizienten die Schlüsselgröße zur sicherheitstechnischen Beurteilung der Barrierewirkung von Wirtsgesteinen und einschlusswirksamer Gebirgsbereiche. Die Tabelle der Nagra (Nagra 2010, A 3.4) zeigt, dass für die Effinger Schichten und den „Braunen Dogger“ nur sehr wenige Durchlässigkeitsbestimmungen vorliegen, deren Repräsentativität für die vorgeschlagenen Standortgebiete nicht ausreichend belegt ist. Die Nagra beschreibt die geplanten Feld- und Laborarbeiten zur Überprüfung, Vertiefung und Ergänzung der Informationen zur Erfüllung der Aufgaben in Etappe 2 (Nagra 2010, Kap. 8). Die Nagra gibt an, im Wesentlichen einschlägige Untersuchungen an Bohrungen Dritter, an verfügbaren Bohrkernen aus früheren Nagra-Bohrungen und Oberflächenaufschlüssen vornehmen zu wollen. Es wird beispielsweise ausgeführt, dass „angestrebt [werde], weitere Messwerte aus Bohrungen Dritter sowie semi-quantitative Angaben über Wasserflüsse in Erdwärmesondenbohrungen zu gewinnen“ (Nagra 2010, S. 198).

Bei den bisherigen orientierenden Testrechnungen (Nagra 2010, Kap. 6) wurde die gemittelte Transmissivität („What if?“-Szenarien) von größeren vertikalen Störungszonen mit  $T = 1 \text{ E-}10 \text{ m}^2/\text{s}$  bzw.  $1 \text{ E-}09 \text{ m}^2/\text{s}$  und  $1 \text{ E-}08 \text{ m}^2/\text{s}$  angenommen. In allen Szenarien wurden mit dieser Annahme die Sicherheitsziele erreicht. Demzufolge scheinen, zumindest bei generischen Betrachtungen, auch sehr ungünstige Annahmen für die hydraulische Durchlässigkeit von vertikalen Störungszonen kein Ausschlusskriterium zu sein. Vor diesem Hintergrund sollte u.a. aufgezeigt werden, in welcher Form und in welchem Umfang (z.B. geowissenschaftliche Attribute von Störungen) Störungszonen bei den qualitativen Kriterien der Standortgebietsbewertung berücksichtigt werden (Nagra 2010, Kap. 8.2).

Bei den orientierenden Testrechnungen (Nagra 2010) werden die wenigen Durchlässigkeitsbestimmungen für die Effinger Schichten und den „Braunen Dogger“ mit weitreichenden Sicherheitszuschlägen (Oberer Eckwert) berücksichtigt. Dieses Vorgehen ist nach Ansicht der

ESchT für den Zweck der provisorischen Sicherheitsanalyse grundsätzlich anwendbar. Hierbei geht es um einen relativen Vergleich verschiedener Standortgebiete bzw. den Nachweis des Einhaltens der sicherheitstechnischen Vorgaben. Sicherheitszuschläge sind abstrahierte Werte, die die Ungewissheiten von Werten, die aus Analogieschlüssen und allgemeinen fachlichen Betrachtungen herrühren, in angemessener Weise berücksichtigen sollen. Sie stellen jedoch keine absolute, geowissenschaftliche Beschreibung der tatsächlich gegebenen Bedingungen in einem Standortgebiet dar.

### **III.2.2 Systematik der geplanten Feld- und Laboruntersuchungen**

Die verwendeten geologischen Daten erlauben die Durchführung von provisorischen Sicherheitsanalysen, wenn sie die aktuelle Situation am Standort adäquat wiedergeben und die vorhandenen Ungewissheiten abdecken (Nagra 2010). Darüber hinaus werden die Daten für die qualitative Bewertung der Kriterien bzgl. Sicherheit und technischer Machbarkeit (inkl. Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen) herangezogen (ENSI 2010a) und können damit entscheidungsrelevant für den sicherheitstechnischen Vergleich sein. Reichen die vorhandenen Kenntnisse nicht oder nur teilweise, müssen sie durch weitere Untersuchungen ergänzt werden. Die Nagra hat den „erwarteten Kenntnisstand“ in allen Gebieten bewertet (Nagra 2010) und kommt zu dem Schluss, dass der erwartete Kenntnisstand für Etappe 2 in allen geologischen Standortgebieten genügt, um die provisorischen Sicherheitsanalysen durchzuführen. Die Nagra spricht in diesem Zusammenhang von einer „Konsolidierung“ des vorliegenden Datenbestandes durch zusätzliche geowissenschaftliche Untersuchungen in Etappe 2. Ein Nachbesserungsbedarf ist also erkannt.

Gleichwohl sind Grundsätze oder Prinzipien, denen weitere Datenerhebungen und eine systematische Datenvervollständigung folgen sollen, nicht benannt. So wird bei der Beschreibung der geplanten Untersuchungen durch Feld- und Laborarbeiten im Hinblick auf den Schlüsselparameter „hydraulische Durchlässigkeit“ (wie in Nagra 2010 dargelegt) kein eigenes systematisches Untersuchungskonzept für die Standortgebiete vorgelegt. Es wird der Ansatz verfolgt, auf „Bohrungen Dritter“ zurückzugreifen, was bedeutet, dass die Generierung neuer Informationen nicht initiativ betrieben wird, sondern von externen Aktivitäten abhängig ist. Unklar bleibt damit ebenfalls, ob die Forderungen des ENSI (2010b) durch Verwendung von Daten aus dem (jeweiligen) geologischen Standortgebiet bzw. nach belastbaren Übertragungen von Daten aus anderen Gebieten erfüllt werden kann.

### **III.3 Geowissenschaftliche und geotechnische Aspekte**

#### **III.3.1 Glaziale Tiefenerosion**

Nach Auffassung der KNS (KNS 2010) bestehen bei Neotektonik und Erosion noch beträchtliche Ungewissheiten. Dieses betrifft insbesondere Prognosen zur glazialen Tiefenerosion. Die ESchT hält es für notwendig, dass der Frage der glazialen Tiefenerosion mit modernen Methoden nachgegangen wird, um belastbare und quantitative Aussagen treffen zu können.

In den Berichten der Nagra (Nagra 2008a, b) sind die Anforderungen an den Indikator „Tiefenlage unter Oberfläche Fels im Hinblick auf glaziale Tiefenerosion“ definiert worden. Der Indikator wird bei den Mindestanforderungen und den verschärften Anforderungen verwendet. Für SMA-Lager werden vertikale Abstände von 200 m und für HAA-Lager von 400 m als Mindestanforderung angegeben. Im Bereich übertiefer Rinnen werden weitere 100 m gefordert (verschärfte Anforderungen).

Die von der glazialen Tiefenerosion potenziell am stärksten betroffene Standortgebiete sind Nördlich Lägern und Zürich Nordost. Hier sind in Teilbereichen der Standortgebiete glazial übertiefte Rinnen vorhanden.

Die Nagra hat in ihrem Bericht (Nagra 2010) dargelegt, welche Fragestellungen im Hinblick auf die provisorischen Sicherheitsanalysen vertieft untersucht werden sollen. Hierzu gehört u.a. die Verteilung und Geometrie von glazial übertieften Rinnen. Basis für die Überarbeitung soll eine ergänzte Bohrdatenbank, die reprozessierten und die neu erhobenen Seismikdaten sowie ein ergänzter und neu reprozessierter Gravimetriedatensatz sein. Zusätzlich sollen verschiedene Felsrinnen erbohrt und die Talfüllungen charakterisiert und datiert werden. Diese Arbeiten sollen in Etappe 2 beginnen und in Etappe 3 weitergeführt werden. Zum Prozessverständnis der glazialen Tiefenerosion hat die Nagra im April 2010 einen internationalen Workshop durchgeführt. Es ist geplant, längerfristige Forschungsprojekte in Bezug auf ein besseres Prozessverständnis zu initiieren. Für jedes Standortgebiet soll eine Beurteilung möglicher Effekte der glazialen Tiefenerosion durchgeführt und Eingangsparemeter für die provisorische Sicherheitsanalyse und/oder Konsequenzen für die Anordnung der Lagerkammern abgeleitet werden. Die Nagra plant, sich für die Etappe 2 an Forschungsbohrungen in übertieften Felsrinnen zu beteiligen.

Das ENSI hat einen Expertenbericht anfertigen lassen, um das von der Nagra angewendete Verfahren zur Definition und Abgrenzung von Gebieten großer Quartärmächtigkeit bzw. mit übertieften Rinnen zu überprüfen (Moos 2009). Der Gutachter (Dr. von Moos AG) hält das Vorgehen der Nagra zur Erfassung des Problemkreises „Glaziale Tiefenerosion“ und zur De-

definition des Indikators für die Etappe 1 für nachvollziehbar und zweckmäßig und hat für die Etappe 2 und 3 folgende Vorschläge unterbreitet:

- Verbesserung der Datengrundlage,
- Vertiefung des Prozessverständnisses „Glaziale Tiefenerosion“,
- Szenarienbetrachtung.

In der Stellungnahme des ENSI (2010a) zu Nagra (2010) werden die Prozesse der glazialen Tiefenerosion dahingehend beurteilt, dass das Risiko einer Rinnenneubildung und zukünftiger Rinnenübertiefung in den vorgeschlagenen Standortgebieten als gering anzusehen ist. Gesondert müssen die bestehenden Thurtal- und Glattal-Rinnen aufgrund ihrer Nähe zu Standortgebieten betrachtet werden. Weitere Untersuchungen in Etappe 3, soweit die Standortgebiete Zürich Nordost und Nördlich Lägern weiterverfolgt werden, sind vorgesehen und schließen sich an die Empfehlung des Gutachters Dr. von Moos AG (2009) an. Für die ESchT ist die Vorgehensweise der Nagra in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand glazial übertiefer Rinnen nachvollziehbar und transparent. Die Forderungen des ENSI werden von der ESchT unterstützt.

### **III.3.2 Bautechnische Eignung und Machbarkeit**

In den verschiedenen Gutachten und Stellungnahmen (Amann + Löw 2009; Emch + Berger 2009, 2010; ENSI 2010a; Kellerhals + Haefeli 2010a, b; KNE 2010; Moos 2009) zu den in Etappe 1 vorgelegten Unterlagen der Nagra wird zu der Fragestellung der bautechnischen Eignung und Machbarkeit eine Reihe von Aspekten angesprochen, die in Etappe 2 aufgearbeitet werden sollten (bautechnische Machbarkeit für größere Tiefen, Platzangebot und Erschließung der Lagerstollen).

#### *Bautechnische Machbarkeit für größere Tiefen*

Ein zentraler Aspekt ist die mögliche Tiefenlage des HAA-Lagers im Opalinuston, dessen bautechnische Machbarkeit wesentlich durch die felsmechanischen Eigenschaften des Wirtsgesteins, den primären Gebirgsspannungszustand und das Lagerkonzept bedingt wird. Beim derzeitigen Lagerkonzept der Nagra für ein HAA-Lager mit der vorgesehenen Beschränkung auf Ausbaumittel wie Anker oder Netze ist unter den gebirgsmechanischen Randbedingungen die bautechnische Machbarkeit nur bis zu einer Tiefenlage von ca. 600 m gegeben (Amann + Löw 2009, ESchT 2010a, AdK 2010a). Ein HAA-Lager in größeren Tiefen erfordert eine die Inhomogenitäten des Gebirges stärker berücksichtigende räumliche Differenzierung, den Einsatz massiverer Stützmittel (Spritzbetonausbau, Stahlausbau) sowie eine Anpassung des Lagerkonzepts (z.B. räumliche Orientierung im Primärspannungsfeld, kleinere Stollenquerschnitte) und der Bau- und Einlagerungstechnik.

Um über hinreichende Standortalternativen zu verfügen, wurde gefordert, die Option offen zu halten, das HAA-Lager in Tiefenlagen größer 600 m zu errichten. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass eine bautechnische Machbarkeit auch für Tiefenlagen größer 900 m realisierbar ist. Neben der Notwendigkeit eines geeigneten Lagerkonzepts sind entsprechende felsmechanische Untersuchungen erforderlich.

Die Nagra stellt zusammenfassend fest, dass für die vorliegenden geologischen Bedingungen und die Varianten der Lagerhöhlräume entsprechend der Ergebnisse felsmechanischer Untersuchungen die Lagerhöhlräume zuverlässig erstellt werden können (Nagra 2010):

- SMA-Lagerkammern: Auswahl von auf die jeweilige Tiefenlage und die jeweiligen geomechanischen Bedingungen abgestimmten Kavernenquerschnitten und Sicherungs- bzw. Ausbaumitteln
- HAA-Lagerstollen: Bei einheitlichem Querschnitt und Ableitung eines den jeweiligen Standortbedingungen adäquaten Ausbaus: bloße Kontursicherung bis tragender Ausbau.

Berechnungsansätze und Ergebnisse von geomechanischen Berechnungen zum Beleg dieser Aussagen werden allerdings nicht mitgeteilt. Untersuchungen hinsichtlich ausbaumittelbedingter Wegsamkeitsbildung, Gasbildung und Veränderung des geochemischen Milieus sollen in Etappe 2 fortgeführt und vertieft werden.

Die Unterlagen für die Beurteilung der bautechnischen Machbarkeit sollen überprüft und Ungewissheiten nach Möglichkeit weiter reduziert werden.

### *Platzangebot*

Zur optimalen Nutzung des in den Standortgebieten vorhandenen Platzangebots werden folgende Ansätze vorgeschlagen:

- Anpassung der Form und Anordnung der Lagerkammern und -felder an die örtlichen geologischen Verhältnisse.
- Bei Standortgebieten mit zwei Wirtsgesteinen kann eine Aufteilung der Abfälle auf zwei übereinander lateral versetzte Lagerebenen erfolgen.

Aufgrund der standortbezogen ermittelten tektonischen und geologischen Elemente wird konstatiert, dass bei allen vorgeschlagenen Standortgebieten von einem ausreichenden Platzangebot auszugehen ist (Nagra 2010).

Nach Nagra (2010) sind in Etappe 2 eine Präzisierung der Geometrie der geologischen Strukturen und eine Konsolidierung der Machbarkeit bezüglich des Platzangebots unter Berücksichtigung der Explorierbarkeit vorgesehen. Hierfür sind auch 2D-Seismiklinien für die HAA-Gebiete Jura Ost und Nördlich Lägern geplant. Die konkrete Anordnung der Lagerbau-

ten und die genaue Quantifizierung des Platzangebotes wird erst in Etappe 3 mit Hilfe der Ergebnisse der Felduntersuchungen (Oberflächenseismik) und den nach Erteilung der Rahmenbewilligung aus der untertägigen Exploration erhaltenen Befunde erfolgen.

### *Untertägige Erschließung*

Die Erschließung der untertägigen Lagerfelder über Rampen und Schächte wird von der Nagra als vergleichbar zu der Erschließung anderer konventioneller untertägiger Anlagen wie Bergwerke, Wasserkraftanlagen oder Verkehrstunnelbauten angesehen. Bautechnischen Erschwernisse werden beim Durchfahren von verkarsteten Gebirgsschichten (Hohlräume, starke Wasserführung) und quellfähigen Gesteinen sowie beim Bau der Erschließungsbauwerke in Störungszonen, Gaszutritten und den oberflächennah anstehenden Lockergesteinen sowie aggressivem Bergwasser erwartet.

Bezüglich der potentiellen Linienführung für Zugangsbauwerke aus geotechnischer Sicht wird auf Kellerhals + Haefeli (2010b) verwiesen. Zusammenfassend wird die technische Machbarkeit der Zugangsbauwerke als gegeben angesehen.

Im Hinblick auf die Überprüfung, Vertiefung und Ergänzung der Informationen für die Beurteilung der bautechnischen Machbarkeit sind von der Nagra eine Reihe von Untersuchungen vorgesehen, die insbesondere die Ausarbeitung von Explorationskonzepten für alle Standortgebiete sowie Aspekte der Anlagenplanung und -auslegung und der Bildung und Freisetzung von Gasen betreffen. Art und Umfang der vorgesehenen Untersuchungen werden in Nagra (2010) allerdings nicht weiter spezifiziert.

In Nagra (2010) wird sowohl für SMA-Lagerkammern und insbesondere neuerdings auch für BE-/ HAA-Lagerstollen für vorgegebene Referenzquerschnitte ein Ausbau zugelassen, der an die jeweiligen gebirgsmechanischen Erfordernisse angepasst werden kann. Von der ESchT wird festgestellt, dass dieses Vorgehen dem Tunnelbau mit Ausbaufestlegung entsprechend Vorplanung und Vorort-Erfordernis entspricht. Die Relation Gebirgstragvermögen zu Gebirgsbeanspruchung ist damit kein zentraler Faktor der bautechnischen Machbarkeit mehr, so dass die Restriktionen bzgl. der Teufe zumindest aus gebirgsmechanischer Sicht weniger gravierend sind. Allerdings muss es nunmehr noch möglich sein, mit einem mehr oder weniger offenen Stahlbogenausbau mit Ankern und Verzugsmatten in den zwischengeschalteten Versiegelungsabschnitten der BE-/ HAA-Lagerstollen einerseits einen hinreichend großen Ausbauwiderstand, andererseits einen unmittelbaren Kontakt zwischen Bentonitgranulat und Gebirge zu realisieren. Der Bentonit-Quelldruck soll dabei in hinreichendem Maße auf die konturnahe Auflockerungszone einwirken und in dem erforderlichen Maße dazu beitragen, die dort existenten Wegsamkeiten zurückzubilden.

Die Korrosion des Stahlbogenausbaus in Bezug auf die Ausbildung zusätzlicher Hohlräume bzw. Wegsamkeiten wird explizit nicht ausgeführt. Heterogenitäten im Gebirgsbau mit lokal unterschiedlicher Grundwasserführung werden nicht thematisiert.

Da nach Aussage der Nagra unabhängig vom Ausbaukonzept bei Einsatz von „Niedrig-pH“-Spritzbeton die Langzeitsicherheit bezüglich Radionuklidfreisetzung nur wenig beeinflusst wird, ist damit prinzipiell die Möglichkeit gegeben, die Lagerstollen den jeweiligen gebirgsmechanischen Erfordernissen entsprechend sichern zu können. Aussagen zu Teufen bezogenen erforderlichen Ausbaumitteln werden nicht formuliert. Es ist vorgesehen, gerade in den Standortregionen in Etappe 2 vertiefte Explorationen vorzunehmen, in denen bislang ein relativ gesehen nur geringes robustes Platzangebot identifiziert worden ist (Nördlich Lägern, Jura Ost).

Im Hinblick auf die Minimierung der Barrierenschwächung wird seitens der Nagra die nachteilige Auswirkung von Auflockerungszonen auf die Langzeitsicherheit grundsätzlich gesehen. Allerdings wird für das SMA-Lager keine signifikante Auswirkung erwartet, da das Material für die Resthohlraumverfüllung mit einer porösen Struktur versehen ist. Für das HAA-Lager wird angeführt, dass durch die Endlagerkonzeption zumindest partiell (im Bereich jedes zehnten Endlagerbehälters) eine quelldruckbedingte Rückbildung der sekundären Wegsamkeiten zu erwarten ist und damit die Radionuklid Ausbreitung entlang der Lagerstollen für die Langzeitsicherheit nicht relevant ist.

Eine Minimierung der Gebirgsauflockerung soll grundsätzlich durch eine gebirgsschonende maschinelle Auffahrung der Lagerstollen und neuerdings bei den BE- / HAA-Lagerstollen durch einen den lokalen Verhältnissen angepassten auch frühtragenden Ausbau mit jeweils hinreichend großem Ausbauwiderstand erreicht werden.

Eine Optimierung von Lager- und Infrastruktur Hohlräumen im Hinblick auf eine Minimierung der Barrierendurchörterungen wird nicht angesprochen.

Aus Sicht der ESchT sollten in Etappe 2 zusätzlich zu den vorstehend aufgeführten Untersuchungen der Nagra folgenden Sachverhalten nachgegangen werden:

- Untersuchungen zu den Versiegelungsabschnitten in BE- / HAA-Lagerstollen für den Fall, dass in größeren Teufen oder bei nicht hinreichend tragfähigem Gebirge in diesen Bereichen entgegen den genannten Erwartungen ein hinreichend offener Stahlausbau nicht ausreicht und die Anordnung eines signifikant mittragenden Ausbaus zur Stabilisierung des Gebirges erforderlich wird.
- Ausarbeitung einer gebirgsmechanischen Stellungnahme zu der bautechnischen Machbarkeit von BE-/ HAA-Lagerstollen in Teufen größer 900 m.

Insgesamt stellt die ESchT im Hinblick auf Etappe 2 bezüglich der bautechnischen Machbarkeit fest, dass seitens der Nagra durch vertiefte Untersuchungen eine größere Flexibilität bei den Maßnahmen zur Gewährleistung von Standsicherheit und Gebrauchstüchtigkeit angestrebt wird. Dabei wird vielfach zu Recht auf praktische Erfahrungen verwiesen, aber es fehlen mitunter zumindest exemplarische Nachweisführungen. Dabei wäre auch auf lokalzonale Inhomogenitäten im Gebirgsbau einzugehen, z. B. vermindertes Gebirgs-Tragvermögen oder erhöhter Grundwasserzutritt. Die standortbezogene Heterogenität des Gebirges gezielt zu analysieren und in die Standortauswahl einzubringen, könnte in Etappe 2 auch die Grundlage für die Standortbewertung verbreitern.

Den Aussagen der Nagra bezüglich der grundsätzlichen bautechnischen Machbarkeit der Zugangsbauwerke stimmt die ESchT zu. Sie empfiehlt, repräsentative Ausführungsvarianten für die zu erwartenden geotektonischen Verhältnisse vorzuplanen und ihre Bedeutung für die Gewährleistung der Langzeitsicherheit darzustellen, z. B. Verschlussmöglichkeiten.

### **III.4 Gasbildung**

Die im Zusammenhang mit der Gasbildung stehenden Fragestellungen wurden in allen Gutachten, die zu den in Etappe 1 vorgelegten Unterlagen der Nagra erstellt worden sind, thematisiert. Die Gasbildung wird für beide Lagertypen HAA und SMA aus unterschiedlichen Gründen als relevant erachtet. Die ESchT empfiehlt, die damit verbundenen Fragen eingehend zu bearbeiten.

So wird in AdK (2010a) betont, dass bei dichten Wirtsgesteinen wie z.B. Opalinuston eine mögliche Gefährdung der Barrierenwirksamkeit durch den sich aufbauenden Gasdruck nicht auszuschließen ist. Eine wesentliche Empfehlung zum Umgang mit diesem Aspekt war, eher die Gasbildung selbst zu minimieren, als technische Vorkehrungen zu treffen, um die mit der Ausbildung von zusätzlichen Wegsamkeiten behafteten Auswirkungen zu beherrschen, da diese aufgrund größerer Durchlässigkeit potenzielle Barrierschwachstellen darstellen. Dazu wurde in swisstopo (2010) vorgeschlagen, die Verwendung alternativer Behältermaterialien die Reduzierung der Mengen an metallischen und organischen Stoffen, auch an Stützmitteln, die Vermeidung metallischer Abfälle sowie die Inertisierung organischer Abfälle zu prüfen. Zu diesen Fragestellungen wurde die Durchführung zielgerichteter F&E-Arbeiten angeregt.

In Nagra (2010) werden die Gasbildung und deren Auswirkungen deskriptiv unter Bezug auf die bisherigen Untersuchungen abgehandelt. In der Tendenz wird weder bei dem SMA-Lager noch beim HAA-Lager zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit das Erfordernis von grundlegenden zusätzlichen Arbeiten gesehen. Es wird allerdings eingeräumt, dass eine weitere Reduktion der Gasbildung durch verschiedene Maßnahmen möglich ist und geprüft werden

soll. Im Ergebnis ergäbe sich eine Verbesserung in der Robustheit der Argumentationen (keine gasdruckbedingten Fracs, keine wesentliche gasdruckbedingte Dilatanz der Wegsamkeiten und damit Vergrößerung der Wasserdurchlässigkeit). F&E-Arbeiten zu den Möglichkeiten einer Reduktion der Gasbildung sind aufgenommen.

Nach Aussage der Nagra ist im Opalinuston aufgrund der im Vergleich zu den anderen Wirtsgesteinen geringeren Gasdurchlässigkeit der Gastransport konservativ und abdeckend für die anderen Wirtsgesteine ausführlich betrachtet worden. Für realistische Gasbildungsrate wird als Gastransportmechanismus der Zweiphasenfluss angesehen bei vernachlässigbaren Deformationen des Porenraums. Eine Dilatanz-begleitete Gasfreisetzung wird als räumlich begrenzt postuliert, während die Bildung von Gasfracs aufgrund der zu erwartenden Gasbildungsrate in Verbindung mit den daraus resultierenden Gasdruckaufbauarten ausgeschlossen wird. Die Langzeitsicherheit werde weder durch verdrängtes radionuklidbelastetes Porenwasser noch durch radionuklidbelastetes Gas signifikant beeinflusst.

Für das HAA-Lager wird hervorgehoben, dass die Option besteht, anstelle von Stahl ein Behältermaterial mit einer deutlich reduzierten Gasbildungsrate zu verwenden (z.B. kupferummantelte Stahl-Behälter).

Gemäß Nagra erfolgt beim SMA-Lager die Gasfreisetzung durch Zweiphasenfluss über das Wirtsgestein. Sie kann bei entsprechender Wahl der Verfüll- und Versiegelungsmaterialien zusätzlich auch durch die Zugangsstollen erfolgen. Damit können die Gasdrücke in dem erforderlichen Maß reduziert werden (keine Dilatanz begleitete Gasfreisetzung, keine Gasfracs). Die durch die Gasbildung entstehenden Wasserflüsse in der Geosphäre bzw. entlang der Zugangsbauwerke führen zu einer derart geringen Radionuklidfreisetzung, dass die Langzeitsicherheit nicht signifikant beeinflusst wird. Insgesamt wird von der Nagra konstatiert, dass die Auswirkungen der Gasbildung klein sind und in den Testrechnungen keine explizite Berücksichtigung erfordern.

Nach Nagra (2010) sind in Etappe 2 neben den oben bereits erwähnten F&E-Arbeiten auch Untersuchungen zu den Gasbildungsrate der radioaktiven Abfälle sowie Feldversuche im Felslabor Grimsel zur Überprüfung der Gasfreisetzung über die Versiegelungsbauwerke (gas permeable seal test) geplant. Art und Umfang der vorgesehenen Untersuchungen werden aber nicht näher spezifiziert.

## **IV. Raumplanerische Beurteilungsmethodik für den Standortvergleich in Etappe 2**

### **IV.1 Hintergrund**

Gemäß dem Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager schlägt das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) dem Schweizer Bundesrat in Etappe 1 in Zusammenarbeit mit den Standortkantonen und den Entsorgungspflichtigen eine Methodik für die raumplanerische Beurteilung der Projektvorschläge für ein geologisches Tiefenlager vor, die in Etappe 2 zur Anwendung kommen soll. Mit dem Dokument „Raumplanerische Beurteilungsmethodik für den Standortvergleich in Etappe 2 – Methodik für die sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie SÖW“ vom Mai 2010 (ARE 2010), das vom Büro Ecoplan (Bern) erarbeitet wurde, ist dies geschehen.

Der Ausschuss der Kantone (AdK) hat in seiner Stellungnahme vom Juli 2010 (AdK 2010a) festgestellt, dass die vorliegende raumplanerische Beurteilungsmethodik geeignet ist für die Durchführung sozioökonomisch-ökologischer Wirkungsstudien (SÖW). Er sieht damit den Auftrag nach Sachplan für die Etappe 1 als erfüllt an (AdK 2010a, S. 19). Er regte jedoch auch an, die Methodik in gut begründeten Einzelfällen gegebenenfalls anzupassen und die Durchführung der sozioökonomisch-ökologischen Wirkungsstudie in Etappe 2 mit regionspezifischen Vertiefungen zu ergänzen.

Gleichzeitig betonte er, dass zusätzlich regionale, „zwischen den Standortregionen vergleichbare Studien zu den Themen gesellschaftlicher Zusammenhalt (Fokus Innensicht) und Image (Fokus Aussensicht)“ – ungeachtet methodischer Schwierigkeiten – sinnvoll seien, „um die bestehenden Wissenslücken schließen zu können“ (AdK 2010a, S. 20). Der AdK hielt in seiner Stellungnahme auch fest, es sei zu klären, „ob die eingeführten Standortregionen in diesem Zusammenhang überhaupt adäquat erfasst werden oder kleinere bzw. größere räumliche Einheiten massgebend sind.“ (AdK 2010a, S. 20). Letzteres kommt grundsätzlich auch der Empfehlung der ESchT<sup>1</sup> nahe, die „Betrachtungsregion“ hinsichtlich der Auswirkungen eines Endlagers räumlich zu erweitern und die Auswirkungen insgesamt – und nicht in voneinander losgelösten Teilräumen – zu analysieren.

Der „AdK-Auftrag: Studie zu Gesellschaft und Image (Arbeitstitel)“ vom November 2010 (AdK 2010b) enthält vier Ziele:

---

<sup>1</sup> Die ESchT formulierte in ihrer Mitteilung vom November 2010 (ESchT 2010b): „Sozio-ökonomische und ökologische Wirkungen eines geologischen Tiefenlagers sind in einem Raum zu erwarten, der deutlich größer ist als die definierten Standortregionen. Deshalb hält es die ESchT nach wie vor für erforderlich, dass die sozio-ökonomischen und ökologischen Wirkungen nicht nur in den jeweiligen Standortregionen, sondern im Hinblick auf Sachverhalte, die einen größeren Wirkungskreis entfalten, auch in einem größeren regionalen Betrachtungsraum untersucht werden. Es sollte dabei geprüft werden, inwieweit eine Untersuchung solcher Sachverhalte für alle Standortregionen gemeinsam erfolgen kann.“ An dieser Position hat sich nichts geändert.

1. Vorschlag belastbarer Kriterien für die Nachhaltigkeitsdimension Gesellschaft unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte Zusammenhalt, Identität (Innensicht) und Image (Außensicht) von Regionen, die sich mit einem möglichen Tiefenlager für radioaktive Abfälle konfrontiert sehen (als Ergänzung der erwähnten raumplanerischen Beurteilungsmethodik, anhand derer die «sozioökonomisch-ökologischen Wirkungsstudien SÖW» für alle sechs potenziellen Standortregionen in Etappe 2 erstellt werden);
2. Charakterisierung möglicher Auswirkungen eines Tiefenlagers auf den Bereich Image eines Orts, einer Region bzw. einer «regionalen Marke» (v. a. Außensicht) und den Bereich Identität und regionaler gesellschaftlicher Zusammenhalt (v. a. Innensicht);
3. Aufzeigen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den sechs Standortregionen;
4. Identifizierung von Themen/Problemfeldern, welche aus regionaler Sicht beachtet und diskutiert werden sollten.

Die ESchT teilt die Sichtweise, dass insbesondere die „Dimension Gesellschaft“ in der raumplanerischen Beurteilungsmethodik einer Ergänzung bedarf. Sie hat darüber hinaus aber auch weitere grundsätzliche Hinweise bezüglich der raumplanerischen Beurteilungsmethodik, die bei einem Beschluss des Schweizer Bundesrats bzw. spätestens bei der Anwendung der Methodik in Etappe 2 berücksichtigt werden sollten. Dabei spielt eine Rolle, dass die raumplanerischen Kriterien bei einer Gleichwertigkeit der Standorte aus geologischer Sicht möglicherweise eine besondere Bedeutung im weiteren Auswahlprozess erhalten könnten.

Die Anwendung der raumplanerischen Beurteilungsmethodik erfordert eine sachgerechte Abgrenzung der Betrachtungsregion. Die ESchT begrüßt, dass dies von der Schweizer Seite auch gesehen wird. Eine Erweiterung des räumlichen Betrachtungshorizonts gegenüber der engeren Standortregion ist erforderlich.

#### **IV.2 Überblick über die Methodik**

Die raumplanerische Methodik zum Standortvergleich in Etappe 2 enthält zwei Kernpunkte. Zum einen wird festgelegt, welche Auswirkungen eines Endlagers gemessen werden sollen. Hierzu wird ein entsprechendes *Ziel- und Indikatorensystem* erarbeitet. Zum anderen wird festgelegt, wie die Auswirkungen eines Endlagers zusammenfassend dargestellt werden sollen. Dies erfordert eine entsprechende *Aggregationsmethode* (vgl. hierzu und zum Folgenden „Raumplanerische Methodik zum Standortvergleich in Etappe 2“ (ARE 2010, S. 6ff).

Das *Ziel- und Indikatorensystem* ist hierarchisch aufgebaut. Es werden drei Nachhaltigkeitsdimensionen ((1) Umwelt, (2) Wirtschaft, (3) Gesellschaft) bestimmt. Diese werden durch jeweils zwei Oberziele ((1): Ressourcen schonen, Immissionen vermeiden; (2): regionalwirt-

schaftliche Effekte optimieren, öffentliche Finanzen optimieren; (3): Siedlungsraum entwickeln, Siedlungsraum schützen), insgesamt 16 Teilziele und zusammen 28 Kriterien konkretisiert. Die Kriterien werden durch insgesamt 46 Indikatoren erfasst, welche in umfangreichen Factsheets im Anhang des Dokuments beschrieben werden. Die Effekte werden für die jeweilige Standortregion und „für den gesamten Zeitraum des Projekts TL [Tiefenlager; Anmerkung der Verfasser] ermittelt“.

Die *Aggregation*, mit deren Hilfe der eigentliche Standortvergleich durchgeführt wird, basiert auf einer zusammenfassenden Bewertung mit Hilfe einer Nutzwertanalyse und – auf der obersten Ebene der sechs Oberziele – einer Vergleichswertanalyse.

Bei der *Nutzwertanalyse* werden die ermittelten Indikatorenwerte (für die Kriterien) in Nutzwertpunkte („Noten“; von -5 bis +5 Punkte) umgewandelt und auf den einzelnen „Hierarchieebenen“ bzw. Stufen des Verfahrens (Teilziele, Kriterien) einzeln gewichtet. Die Umrechnungsalgorithmen der Indikatorwerte in Nutzwertpunkte werden in den Factsheets zu den Indikatoren beschrieben.

Die jeweilige Gewichtung wurde anhand einer „Teststudie und in der Arbeitsgruppe Raumplanung diskutiert“. Dabei wird darauf hingewiesen, dass sich eine „Gewichtung dieser Art (...) nie streng wissenschaftlich herleiten (lässt), sondern (...) das Ergebnis einer Einschätzung der Bedeutung von Wirkungen in unterschiedlichen Teilbereichen“ ist (ARE 2010, S. 41). Besonders zu betonen sind die sog. „Null-Gewichtungen“ in all jenen Fällen, „bei denen beim jetzigen Stand (bzw. ex ante) eine Bewertung des Indikators aufgrund fehlender Informationen nicht möglich ist bzw. mit äusserst hoher Ungenauigkeit verbunden wäre. (...) Eine Null-Gewichtung bei diesen Indikatoren bedeutet (...), dass diese in der SÖW nicht erhoben werden und damit auch nicht in die Gesamtbewertung des Standortvergleichs einfließen“ (ARE 2010, S. 40).

Im Ergebnis der Nutzwertanalyse wird für jedes Oberziel (zusammenfassend) eine Punktzahl ermittelt.

Diese Punktzahlen werden dann nicht mehr weiter aggregiert, sondern im Rahmen einer *Vergleichswertanalyse* einer diskursiven Abwägung zugeführt. In die Diskussion um den Vergleich der Standortregionen im Hinblick auf die Oberziele sollen auch weitere qualitative Aussagen (z.B. Effekte außerhalb der Standortregion) einfließen. Insgesamt geht es im Ergebnis um eine Kategorisierung von Standorten als gut, mittelmäßig oder weniger geeignet.

Über die beiden Kernpunkte Ziel- und Indikatorensystem sowie Aggregationsmethode hinaus enthält die Beurteilungsmethodik Hinweise zum *Studiendesign*. Diesbezüglich wird festgelegt, dass die Auswirkungen eines Tiefenlagers über alle Standorte einheitlich ermittelt werden sollen. Eine Studie (mit verschiedenen lokalen Bezügen) eigne sich besser als separate

Studien für jeden Standort. In gut begründeten Einzelfällen soll es möglich sein, die Methodik (für alle Standorte gemeinsam) anzupassen. Zudem soll in einer Sensitivitätsanalyse überprüft werden, welchen Einfluss unterschiedliche Gewichtungen auf das Endergebnis der SÖW haben.

### **IV.3 Einschätzung der Methodik**

#### **IV.3.1 Grundsätzliche Aspekte**

Die raumplanerische Beurteilungsmethodik ist nachvollziehbar und in sich konsistent. Die gewählte Kombination von Nutzwertanalyse und Vergleichswertanalyse ist grundsätzlich sinnvoll. Beide Methoden sind seit langem erprobt. Ihre Auswahl basiert u.a. auf der Grundlage einer vergleichenden Betrachtung mit ausgewählten anderen gängigen Bewertungsmethoden (Kosten-Wirksamkeits-Analyse, Kosten-Nutzen-Analyse, Multikriterien-Analyse; nicht betrachtet wurde z.B. die ökologische Risikoanalyse). In diesem Rahmen ist die Auswahl gut begründet.

Insbesondere die Nutzwertanalyse ist nicht frei von – zum Teil erheblichen – methodischen Schwächen (z.B. Kriterienauswahl, Gewichtung, Skalenproblematik, Veränderungen im Zeitverlauf; siehe auch weiter unten). Die Schwächen und Grenzen der Methodik werden aber nur bedingt offengelegt. Wenn zum Beispiel die Oberziele durch jeweils einen Punktwert („gewichteter Notendurchschnitt“) dargestellt werden, dann täuscht dies eine Genauigkeit und „Wissenschaftlichkeit“ vor, der die Methodik nicht gerecht wird, zumal wenn bei der Aggregation ein mehrfacher Wechsel zwischen Kardinal- und Ordinalskalenniveau erfolgt. Eine intensive Diskussion mit den Betroffenen über Schwächen und Grenzen der Methodik und insbesondere Probleme der Scheingenauigkeit der (Zwischen-) Ergebnisse – zum Beispiel im Rahmen der regionalen Partizipation – wird deshalb für notwendig erachtet.

Die Vergleichswertanalyse ist eine Methode, die sich gut für die knappe Veranschaulichung von Sachverhalten eignet. Sie stellt eine wertvolle Grundlage für weiterführende Diskussionen über Prioritätensetzungen dar. Dabei sollte stets bedacht werden, dass es sich bei den Werten, die miteinander verglichen werden, bereits um Aggregatwerte von hochkomplexen ökologischen, ökonomischen und sozialen Sachverhalten handelt. Dies wird von den Akteuren häufig übersehen. Insofern ist eine intensive Kommunikation über die Grenzen der Methode zu einem möglichst frühen Zeitpunkt angebracht.

Weiterhin ist im Hinblick auf die Standortauswahl in Etappe 2 zu bedenken, dass es sich bei der Nutzwertanalyse – insbesondere in der hier vorgeschlagenen Form – in erster Linie um ein Expertenverfahren handelt. Auch die Kombination mit dem Vergleichswertverfahren ändert daran grundsätzlich nichts. Dies bedeutet, dass die Betroffenen in den Standortregionen

– über formale Stellungnahmen hinaus – erst zu einem relativ späten Zeitpunkt einbezogen werden, in diesem Fall sogar erst im Rahmen des Vergleichswertverfahrens (und damit erst nach Anwendung der eigentlichen Nutzwertanalyse).

Dies kann zu erheblichen lokalen und regionalen Akzeptanzproblemen der Ergebnisse der SÖW und der Beurteilung der einzelnen Standorte führen. Deshalb wird es für dringend erforderlich gehalten, die Methodik in all ihren Details ihrer Anwendung und mit all ihren Festlegungen intensiv mit den Gremien der regionalen Partizipation zu diskutieren und gegebenenfalls zu modifizieren. Diskursive Elemente dürfen nicht erst bei der Vergleichswertanalyse Berücksichtigung finden, sondern sollten bereits zu Beginn der Festlegung der Einzelheiten der Methodik Anwendung finden.

#### **IV.3.2 Ziel- und Indikatorensystem**

Das vorgeschlagene Ziel- und Indikatorensystem ist auf der Ebene der Dimensionen gut begründet. Die drei Dimensionen (Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft) greifen wichtige Aspekte der Nachhaltigkeitsdiskussion – wie sie auch in der deutschen Raumplanung Anwendung finden (vgl. § 1 Abs. 2 ROG (2008) – auf.

Die Ausdifferenzierung auf den nachfolgenden Ebenen (Oberziele, Teilziele, Kriterien, Indikatoren) lässt eine ähnlich gut begründete Ableitung vermissen. Teilweise sind Formulierungen auch irreführend. Einige Beispiele sollen dies belegen:

- Es ist zum Beispiel nicht nachvollziehbar, wie gesellschaftliche Aspekte der Schaffung eines Endlagers allein durch die Oberziele „Siedlungsraum entwickeln“ (G 1) und „Siedlungsraum schützen“ (G 2) abgebildet werden können.
- Wie soll ein Tiefenlager im Hinblick auf die Nachhaltigkeitsdimension Umwelt (U) zum Beispiel dazu beitragen, „Grundwasser, Mineralquellen und Thermen (zu) schützen“ (Teilziel U 1.2; S. 42)?
- Kann wirklich eine Optimierung von primären Einkommens- und Beschäftigungseffekten (W 1.1) nachgewiesen werden, wenn die Veränderung des Durchschnittseinkommens mit einer Null-Gewichtung (W 1.1.3.1) versehen, also in der Bewertung nicht direkt berücksichtigt wird?
- Ist es sachgerecht, ein Teilziel „Bevölkerungsstruktur und gesellschaftliche Werte optimieren“ (G 1.2) zu formulieren, wenn auf der Ebene der Indikatoren ausschließlich die Veränderung des Anteils der Erwerbstätigen an der Gesamtbevölkerung (G 1.2.1.1) in die Bewertung eingeht?

Somit ist festzustellen, dass bei der Formulierung des Ziel- und Indikatorensystems Verkürzungen vorgenommen worden sind, die (spätestens im Rahmen der Vergleichswertanalyse) zu einer Verzerrung der Ergebnisse und deren Interpretation führen können. Es sollte des-

halb dringend systematisch überprüft werden, ob und inwieweit tatsächlich das gemessen wird, was zu messen vorgegeben wird.

Im Fall der Nachhaltigkeitsdimension Gesellschaft hat der AdK bereits Kritik angemeldet und mit dem „AdK-Auftrag: Studie zu Gesellschaft und Image (Arbeitstitel)“ (AdK 2010b) reagiert. Dies ist nach Auffassung der ESchT richtig, jedoch nicht umfassend genug.

Bei der Anwendung des Verfahrens sollen objektivierbare Indikatoren bewertet werden. Dies ist nicht nur eine methodische Voraussetzung für die Anwendung der Nutzwertanalyse, sondern auch ein Schritt in Richtung Transparenz der Ergebnisse von Nutzwert- und Vergleichswertanalyse. Dies ist aber gleichzeitig auch ein Schwachpunkt der Beurteilungsmethodik: Bei der Herleitung des Ziel- und Indikatorensystems kann diese Beschränkung dazu führen, dass nur solche Aspekte in die Standortbewertung eingehen, die ausreichend objektivierbar und quantifizierbar sind (vgl. u. a. die Begründung von Null-Gewichtungen). Dies hätte dann eine *methodisch* (und nicht sachlich!) bedingte Verengung des Ziel- und Indikatorensystems zur Folge.

Insofern dürfen nach Auffassung der ESchT Zusammenhänge, für die quantifizierbare Indikatoren nicht leicht zu ermitteln sind, bei denen Evidenzen nur schwer zu klären sind oder bei denen lokalspezifischer oder regionaler Abklärungsbedarf besteht, nicht allein aufgrund dieser Beschränkung aus der Bewertung ausgeschlossen werden. Die vorgesehene Berücksichtigung von qualitativen Aspekten (z.B. Effekte außerhalb der Standortregion, Effekte, die nicht oder nur bedingt durch die Indikatoren des Ziel- und Indikatorensystems erfasst werden können; vgl. ARE 2010, S. 35) im Rahmen der Vergleichswertanalyse kommt zu spät zum Tragen und bietet keinen systematischen Rahmen zu ihrer Berücksichtigung.

Dass dies kein unbegründeter Vorbehalt ist, zeigt die Tatsache, dass bei dem bisherigen Ansatz Fragen von Zusammenhalt, Identität und Image nicht ausreichend berücksichtigt wurden, was zu Kritik und zu dem o.g. Auftrag des AdK geführt hat. Ähnliche Unsicherheiten bestehen im Hinblick auf Immobilien- bzw. Bodenpreisänderungen. In Etappe 2 wird es deshalb notwendig sein, solche Unsicherheiten zu verringern und die Beurteilungsmethodik gegebenenfalls anzupassen. Die ESchT begrüßt, dass diese Möglichkeit grundsätzlich gegeben ist. Allerdings sollte sie präzisiert werden. Zudem sollte die Rolle der Gremien der regionalen Partizipation dabei stärkere Berücksichtigung finden.

Das Ziel- und Indikatorensystem sollte aus naheliegenden Gründen (siehe oben) so bald wie möglich in den Gremien der regionalen Partizipation ausführlich und umfassend erörtert werden. Es sollte gegebenenfalls auch modifiziert werden, wenn gravierende Anregungen vorgebracht werden. Dies könnte einen wichtigen Beitrag zur Akzeptanz der Methodik bei den Betroffenen vor Ort leisten.

### IV.3.3 Nutzwertpunkte und Gewichtungen

Die Vergabe von Nutzwertpunkten sowie die Gewichtungen der einzelnen Nutzwerte sind Schlüsselemente der Nutzwertanalyse. Sie sind in der Beschreibung der raumplanerischen Beurteilungsmethodik ausführlich behandelt. Gleichwohl stellen sich Fragen, die in Etappe 2 des Verfahrens oder bereits vorher geklärt werden sollten.

Die Festlegung der Nutzwertskala („Noten“ von -5 bis +5) und der Nutzwertfunktionen, mit deren Hilfe die Indikatorwerte in Nutzwertpunkte umgewandelt werden, entscheidet über die Nachvollziehbarkeit und Transparenz einer Bewertung. Im Fall der vorliegenden Methodik sind diese umfassend beschrieben und – bezogen auf alle in die Bewertung einbezogenen Indikatoren – detailliert in Factsheets dokumentiert (vgl. ARE 2010, Anhang D). Teilweise sind die Nutzwertfunktionen linear und stetig, teilweise werden bestimmten Sachverhalten Punktwerte zugeordnet (in diesem Fall weisen die Nutzwertfunktionen „Sprungstellen“ auf). In letzterem Fall ist teilweise nur bedingt nachvollziehbar, warum eine bestimmte Zuordnung von Nutzwertpunkten erfolgt. Hier ist davon auszugehen, dass es sich um Konventionen der an der Erarbeitung der Methodik Beteiligten handelt. Die Gründe für die Festlegungen sollten jedoch mit dokumentiert werden. Es wäre zudem aus Sicht der ESchT wünschenswert, Festlegungen in Etappe 2 ausführlich mit den Gremien der regionalen Partizipation zu diskutieren und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen. Dadurch könnte nicht nur für größtmögliche Transparenz gesorgt, sondern auch einem möglichen Vorwurf der Manipulation und Manipulierbarkeit von Resultaten vorgebeugt werden.

Gewichtungen auf den einzelnen Stufen der Nutzwertanalyse (Teilziele, Kriterien, Indikatoren) kommt eine entscheidende Bedeutung für das Endergebnis der Bewertung zu. Wird ein Indikator im Verhältnis zu anderen über- oder unterbewertet, so führt dies zu Verzerrungen im Gesamtergebnis. Diese bleiben jedoch im weiteren Verlauf nicht mehr deutlich erkennbar. Deshalb kann es auch hier zum Vorwurf der Manipulation kommen. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn die Gewichtungen nicht ausreichend transparent sind und/oder nicht von den Beteiligten akzeptiert werden.

Auch im Fall der Gewichtungen handelt es sich um Konventionen zwischen den am Verfahren Beteiligten. Es gibt dabei keine „richtigen“ oder „falschen“ Festlegungen, „Gewichtungen (können) nicht objektiv-wissenschaftlich bestimmt werden“ (ARE 2010, S. 50). Vielmehr spiegeln die Gewichte – wie auch die Kriterien und Indikatoren an sich – immer eine Übereinkunft von Akteuren wieder. Deshalb ist die Dokumentation von Begründungen einschließlich einer Gesamt-Konsistenzprüfung unbedingt erforderlich. Dies ist bisher nicht geschehen und sollte in Etappe 2 unbedingt erfolgen.

Im Hinblick auf die Konsistenz von Gewichtungen ist zum Beispiel nicht nachvollziehbar, warum die „Anzahl der von einer Zu- oder Abnahme der Lärmbelastung am Wohn- und Arbeits-

ort betroffenen Personen“ (U 2.2.1.1) mehr als 13 Mal so hoch gewichtet wird wie die „Fläche für die Erschließungsinfrastruktur (Bahn, Strasse)“ (U 1.1.1.1), doppelt so hoch wie das „Konfliktpotenzial zu anderen Erschließungsvorhaben (die zu Mehrausgaben führen)“ (W 2.1.1.4) und 8 Mal so hoch wie „Konflikte mit Landschaften von kantonaler und kommunaler Bedeutung (gesellschaftlicher Aspekt)“ (G 2.3.2.2). Ebenso ist zum Beispiel nicht erklärbar, warum ein „Konflikt mit nationalen Schutzgebieten, Inventaren und Reservaten“ (U 1.1.2.1) mit weniger als einem Zehntel des Gewichts vom „Grad der Übereinstimmung der zu erwartenden Entwicklung mit den gültigen Raumentwicklungskonzepten (Richtpläne)“ (G 1.1.1.1) eingestuft wird. Anhand einer Vielzahl weiterer Beispiele könnte der dringende Handlungsbedarf bei der Konsistenzprüfung der Gewichtungen aufgezeigt werden.

Angesichts dieser Probleme sollten die Gewichtungen mit großer Vorsicht behandelt werden. Die vorgeschlagene Sensitivitätsanalyse, bei der überprüft werden soll, welchen Einfluss unterschiedliche Gewichtungen auf das Endergebnis haben, ist von großer Bedeutung. Die Gewichtungen sowie die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse und ihre Bandbreite sollten so früh wie möglich mit den Gremien der regionalen Partizipation ausführlich diskutiert und gegebenenfalls angepasst werden.

## **V. *Empfehlungen der ESchT***

Auf Basis ihrer Bewertungen kommt die ESchT zu folgenden Empfehlungen für die in Etappe 2 geplanten Arbeiten, um die Entscheidungen in Etappe 2 fundiert durchführen zu können:

### **Empfehlungen zu den geowissenschaftlichen, geotechnischen und sicherheitstechnischen Aspekten**

- **Für jedes Standortgebiet sollte der spezifische Datenbedarf konkret benannt werden. Darauf aufbauend sollte ein systematisches Untersuchungskonzept abgeleitet werden, das die benannten Lücken füllt.** Diese Untersuchungskonzepte müssen frühzeitig in Etappe 2 vorgelegt werden. Zusätzlich zu den bereits geplanten Auswertungen des vorhandenen Daten- und Probeninventar sowie einer eher „zufälligen“ Datenbeschaffung durch Beteiligung an Bohrungen Dritter (Geothermiebohrungen) sollten dabei auch gezielte Untersuchungen durchgeführt werden. Dabei ist besonderes Augenmerk auf die Schließung von Datenlücken, insbesondere bei den Wirtsgesteinen Effinger Schichten und „Brauner Dogger“, zu richten.
- **Zu relevanten geowissenschaftlichen und sicherheitstechnischen Themen sollte der Kenntnisstand durch gezielte F&E-Arbeiten vertieft werden.** Dies gilt insbeson-

dere für Fragestellungen im Zusammenhang mit der glazialen Tiefenerosion sowie der Gasbildung und ihren Auswirkungen auf die Tiefenlager.

- **Die ergänzten Datenbestände müssen eine belastbare qualitative Bewertung der Standortgebiete bzgl. der Sicherheit und bautechnischen Machbarkeit zulassen.** Eine Konzentration der Datenbereitstellung auf die provisorische Sicherheitsanalyse allein ist nicht ausreichend, da es möglich ist, dass deren Ergebnisse für den Einengungsprozess in Etappe 2 nicht entscheidungsrelevant sind. Für den qualitativen Vergleich von Standortgebieten sind aus Sicht der ESchT Datenbestände heranzuzuziehen, die einen vergleichbaren Grad an Ungewissheiten aufweisen.
- **Die Methodik zur qualitativen Bewertung der Kriterien bzgl. der Sicherheit und technischen Machbarkeit (inkl. Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen) ist frühzeitig und vor ihrer Anwendung in Etappe 2 festzulegen.** Bei der Entwicklung der Methodik sollten die Hinweise, die von der ESchT und anderen bezüglich der Vorgehensweise zur Identifizierung von potenziellen Standortgebieten in Etappe 1 gemacht worden sind, berücksichtigt werden. Hierzu gehören die Verwendung und Wichtung der Indikatoren und Kriterien, die Mittelwertbildung und die Aggregation der Ergebnisse zu einer Gesamtbewertung.
- **Entscheidungsrelevante Daten sind nachvollziehbar und öffentlich zugänglich zu dokumentieren,** insbesondere für den Fall, dass Standortgebiete bzw. Standorte in Etappe 2 ausgeschlossen werden.
- **Zu jedem Standort sollte die standortspezifische Realisierungsmöglichkeit des Endlagerkonzeptes dargestellt werden.** Entsprechend des jeweils aktuellen geowissenschaftlichen Kenntnisstandes sind Zugänge, Infrastrukturräume, Einlagerungsräume, Behälterkonzepte etc. darzustellen. Dabei ist auch die bautechnische Machbarkeit insbesondere bei größeren Teufenlagen zu berücksichtigen.
- **Die Nagra sollte während der Etappe 2 den jeweils aktuellen Kenntnisstand zu bestimmten Fragestellungen in Zwischenberichten dokumentieren.** Dies begründet sich mit der absehbaren Dauer der Etappe 2 und dem erwarteten Zugewinn neuer und für die Entscheidungen in Etappe 2 relevanter Erkenntnisse.

## **Empfehlungen und Feststellungen zur raumplanerischen Beurteilungsmethodik**

Wenngleich die raumplanerische Beurteilungsmethodik nachvollziehbar und in sich konsistent sowie die gewählte Kombination von Nutzwertanalyse und Vergleichswertanalyse grundsätzlich sinnvoll sind, so wird doch eine Reihe von Schwächen gesehen, die behoben werden sollten:

- Die „Betrachtungsregion“ hinsichtlich der Auswirkungen eines Endlagers sollte räumlich erweitert werden und die Auswirkungen sollten insgesamt – für die gesamte Region und nicht in voneinander losgelösten Teilräumen – analysiert werden.
- Es sollte insbesondere systematisch überprüft werden, ob und inwieweit tatsächlich das gemessen wird, was zu messen vorgegeben wird. Das vorgeschlagene Ziel- und Indikatorensystem ist nur auf der Ebene der Dimensionen gut begründet. Die Ausdifferenzierung auf den nachfolgenden Ebenen (Oberziele, Teilziele, Kriterien, Indikatoren) ist defizitär. Die ESchT teilt die Sichtweise des AdK, dass insbesondere die „Dimension Gesellschaft“ in der raumplanerischen Beurteilungsmethodik einer Ergänzung bedarf.
- Nach Auffassung der ESchT dürfen Zusammenhänge, für die quantifizierbare Indikatoren nicht leicht zu ermitteln sind, bei denen Evidenzen nur schwer zu klären sind oder bei denen lokalspezifischer oder regionaler Abklärungsbedarf besteht, nicht allein aufgrund dieser Beschränkung aus der Bewertung ausgeschlossen werden. Die Tatsache, dass bei der Anwendung des Verfahrens im Rahmen der Nutzwertanalyse nur objektivierbare und quantifizierbare Indikatoren bewertet werden sollen, kann zu einer methodisch bedingten Verengung des Ziel- und Indikatorensystems führen.
- Qualitative Aspekte sollen früher (nicht erst im Rahmen der Vergleichswertanalyse) berücksichtigt werden. Ein systematischer Rahmen zu ihrer Berücksichtigung wird benötigt.
- Gewichtungen auf den einzelnen Stufen der Nutzwertanalyse (Teilziele, Kriterien, Indikatoren) kommt eine entscheidende Bedeutung für das Endergebnis der Bewertung zu. Sie sind nur bedingt nachvollziehbar und bedürfen einer Konsistenzprüfung und ausführlichen Begründung.
- Die ESchT begrüßt die vorgesehene Durchführung von Sensitivitätsanalysen hinsichtlich von Gewichtungen im Ziel- und Indikatorensystem. Die zu verwendenden Gewichtungen und die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse sollten so früh wie möglich mit den Gremien der regionalen Partizipation ausführlich diskutiert und gegebenenfalls angepasst werden.
- Es wird für dringend erforderlich gehalten, die Methodik, d.h. insbesondere das Ziel- und Indikatorensystem, die Nutzwertskala, die Nutzwertfunktionen und die Gewichtungen, intensiv mit den Gremien der regionalen Partizipation zu diskutieren und gegebenenfalls zu modifizieren. Dabei sollten auch die Schwächen und Grenzen der Methodik offengelegt werden.

- In Etappe 2 wird es notwendig sein, Unsicherheiten zu verringern und die Beurteilungsmethodik gegebenenfalls anzupassen. Die ESchT begrüßt, dass diese Möglichkeit grundsätzlich gegeben ist. Allerdings sollte sie präzisiert werden. Zudem sollten die Gremien der regionalen Partizipation dabei stärkere Berücksichtigung finden.

Eine angemessene Berücksichtigung dieser Aspekte hat aus Sicht der ESchT einen Einfluss darauf, in welchem Maß die zukünftigen Entscheidungen sicherheitstechnisch und raumplanerisch fundiert sind, als gerecht empfunden werden und regionale Unterstützung erhalten.

## **VI. Literatur**

AdK 2010a: Ausschuss der Kantone: Sachplan geologische Tiefenlager. Stellungnahme zu Etappe 1 – Juli 2010.

AdK 2010b: Ausschuss der Kantone: AdK-Auftrag: Studie zu Gesellschaft und Image (Arbeitstitel) – Entwurf vom 04.11.2010.

Amman + Löw 2009: Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager: Beurteilung und Anwendung der bautechnischen Auswahlkriterien. Expertenbericht im Rahmen der Beurteilung des Vorschlags geologische Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager, Etappe 1, Sachplan geologische Tiefenlager. Fachgutachten Nr.: 3465/63 zu Händen des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorates ENSI – November 2009.

ARE 2010: Bundesamt für Raumentwicklung ARE – Sachplan geologische Tiefenlager. Raumplanerische Beurteilungsmethodik für den Standortvergleich in Etappe 2. Methodik für die sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie SÖW – Mai 2010.

BFE 2011: Bundesamt für Energie, 2011: Sachplan geologische Tiefenlager – Konzept regionale Partizipation: Grundlagen und Umsetzung in Etappe 1 und 2 – Februar 2011.

Emch + Berger 2009: Sachplan Geologische Tiefenlager SGT, Etappe 1. Gutachten zur Beurteilung der Auswirkungen der Gasentwicklung im Tiefenlager. Expertenbericht zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorates ENSI – Dezember 2009.

Emch + Berger 2010: Sachplan Geologische Tiefenlager SGT Etappe 1. Beurteilung der Anforderungen an die bautechnische Machbarkeit und deren Umsetzung im Standortauswahlverfahren SGT Etappe 1. Expertenbericht zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorates ENSI – Februar 2010.

ENSI 2010a: Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat: Sicherheitstechnisches Gutachten zum Vorschlag geologischer Standortgebiete. Sachplan geologische Tiefenlager, Etappe 1 – ENSI 33/070, Januar 2010.

ENSI 2010b: Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat: – Anforderungen an die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich. Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2 – ENSI 33/075, April 2010.

ENSI 2011: Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat: Stellungnahme zu NTB 10-01 „Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalysen in Etappe 2 SGT“ – ENSI 33/115, März 2011.

ESchT 2009: Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager (ESchT): Stellungnahme zur ersten Etappe des Schweizer Standortauswahlverfahren für ein geologisches Tiefenlager. Teil I: Nicht-technische Aspekte. Partizipation und Standortdefinition, bisherige Planungen bei raumordnerischen und sozioökonomischen Auswirkungen. – [www.escht.de](http://www.escht.de), November 2009.

ESchT 2010a: Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager (ESchT): Stellungnahme zur ersten Etappe des Schweizer Standortauswahlverfahren für ein geologisches Tiefenlager. Teil II: Sicherheitstechnische und geowissenschaftliche Aspekte. – [www.escht.de](http://www.escht.de), März 2010.

ESchT 2010b: Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager: Auf dem Erreichten aufbauen – Herausforderungen annehmen. Grundsätzliche Aspekte im Ausblick auf die zweite Etappe des Schweizer Standortauswahlverfahrens aus deutscher Sicht. – Mitteilung, November 2010.

ESchT 2011: Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager: Ausgestaltung der Regionalkonferenzen als Instrument der regionalen Partizipation bezogen auf den der ESchT bekannten Verfahrensstand. – Kurzstellungnahme, Februar 2011.

Kellerhals + Haefeli 2010a: Bautechnische Beschreibung des mit Zugangsbauwerken zu geologischen Tiefenlagern zu durchfahrenden Gebirges in der Nordschweiz – Unpublizierter Nagra Interner Bericht.

Kellerhals + Haefeli 2010b: Zusammenstellung von geotechnischen Problemen bei Tunnel und Schachtbauwerken in der Schweiz – Unpublizierter Nagra Interner Bericht.

- KNE 2010: Kommission Nukleare Entsorgung: Sachplan Geologische Tiefenlager, Etappe 1: Stellungnahme der KNE zur Sicherheit und bautechnischen Machbarkeit der vorgeschlagenen Standortgebiete – Februar 2010.
- KNE 2011: Kommission Nukleare Entsorgung: Sachplan Geologische Tiefenlager. Stellungnahme der KNE zur Klärung der Notwendigkeit ergänzender Untersuchungen für die provisorischen Sicherheitsanalysen in Etappe 2 SGT – März 2011.
- KNS 2010: Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit: Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 1. Stellungnahme zum sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI zum Vorschlag geologischer Standortgebiete. – KNS 23/219, April 2010.
- Mazurek 2010: Kompilation von Gesteinsparametern für die Wirtgesteine Opalinuston, 'Brauner Dogger', Effinger Schichten und Mergel-Formationen des Helvetikums – Arbeitsbericht NAB 10-19, November 2010.
- Moos 2009: Dr von Moos AG: Sachplan Geologische Tiefenlager (SGT) Etappe 1: Beurteilung der glazialen Tiefenerosion im Rahmen der Festlegung der geologischen Standortgebiete. Expertenbericht zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorates ENSI – Bericht Nr. 8600, November 2009.
- Naef 2008: Stratigrafie, Mächtigkeit und Lithofazies der mesozoischen Formationen in der Nordschweiz. Eine Kompilation von Bohrungen, Übersichts- und Aufschlussprofilen. - Nagra Arbeitsbericht NAB 06-26, Dezember 2008.
- Nagra 2008a: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle: Darlegung der Anforderungen, des Vorgehens und der Ergebnisse. – Nagra Technischer Bericht 08-03, Oktober 2008.
- Nagra 2008b: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle: Geologische Grundlagen, Textband und Beilagen – Nagra Technischer Bericht 08-04, Oktober 2008.
- Nagra 2008c: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle: Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager. Begründung der Abfallzuteilung, der Barrierensysteme und der Anforderungen an die Geologie. Bericht zur Sicherheit und technischen Machbarkeit– Nagra Technischer Bericht 08-05, Oktober 2008.

Nagra 2010: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle: Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalysen in SGT Etappe 2. Klärung der Notwendigkeit ergänzender geologischer Untersuchungen – Nagra Technischer Bericht 10-01, Oktober 2010.

ROG 2008: Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), zuletzt geändert durch Artikel 9 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585).

SGT 2008: Bundesamt für Energie: Sachplan geologisches Tiefenlager. Konzeptteil. – April 2008.

swisstopo 2010: Beurteilung der Sammelprofile und der hergeleiteten Wirtgesteine sowie der Grundlagen für die Herleitung von Standortgebieten im Sachplan geologische Tiefenlager – ENSI Expertenbericht, Februar 2010.