

Anhang 6: Anmerkungen zum Forschungsbedarf im Nachgang zum Workshop

Anmerkungen von Herrn Prof. Dr. Sträter:

Ergänzung Forschungskonzept BGE hinsichtlich MTO Aspekten

Dr. Oliver Sträter, 2.4.2019

In Ergänzung des Workshops zu den Forschungsthemen sind aus meiner Sicht folgende Aspekte hinsichtlich der Fragestellung menschlicher Zuverlässigkeit von Bedeutung.

Grundgedanke

Oft werden die Aspekte der menschlichen Zuverlässigkeit unter dem Begriff MTO (Mensch Technik Organisation) zusammengefasst. Dies ist für die Fragestellungen der BGE jedoch zu eng gefasst, da es umfangreiche Wechselwirkungen mit außer-organisatorischen Einflüssen gibt, die die Sicherheit des Systems mitbestimmen.

Bezogen auf die Zuverlässigkeit des Menschen ist das Gesamtsystem relevant; Einflüsse spielen auf unterschiedlichsten Ebenen eine zentrale Rolle. Diese erstrecken sich dabei nicht allein auf die operativen Ebenen, sondern auch auf die der Prozessgestaltung, der Organisation, der inter-organisationalen Einflüsse sowie auf der Regel-gegebenen Ebene (Leveson 2002).

Für eine Sicherheitsbetrachtung sind nach Stand von Wissenschaft und Technik die Einflüsse aller Ebenen zu betrachten. Oft wird bei Sicherheitsnachweisen jedoch nur die operative Ebene in periodischen Sicherheitsüberprüfungen berücksichtigt.

Für die Belange der Endlagerung sind jedoch Sicherheitsnachweise auf den anderen Ebenen methodisch zu unterstützen (Woods 2003). Entsprechende Methoden zur Zuverlässigkeitsbetrachtung müssen noch entwickelt werden.

Solche Aspekte müssen zunächst in den allgemeinen Sicherheitsanforderungen als Betrachtungsumfang festgelegt werden. Folgende Themen ergeben sich aus den Grundüberlegungen:

1) Einfluss der menschlichen Zuverlässigkeit in der Planung und Konzeption

Gerade in der Konzeptphase ist der Umgang mit Erkenntnissen hinsichtlich der geologischen Lagerung, der eingesetzten Technologien und der gewählten Verfahrensweisen ein kritischer Parameter für eine zuverlässige Planung und ein zuverlässiges Hinterfragen. Neue Erkenntnisse müssen hinsichtlich ihrer Bedeutung für Sicherheitsfragen umfassend untersucht werden. Oft ist dieser Prozess jedoch dadurch gestört, dass eingeschlagene Wege, einmal getroffene Entscheidungen oder bereits weit fortgeschrittene Projektverläufe eine ausgewogene Re-Definition verhindern. Hierbei spielen innerbetriebliche Abwägungsprozesse genauso eine Rolle wie die Aufsichtskultur oder Wechselwirkungen zwischen Betreiber und Systemherstellern.

Entscheidungsverfahren sind auf der operativen Ebene für sicherheitskritische Systeme beispielsweise aus der Luftfahrt oder Kerntechnik bekannt. Basierend auf diesen Verfahren müssen die zusätzlichen Aspekte, die sich bei der Endlagerung ergeben, integriert und für Planung und Konzeption adaptiert werden. Zu berücksichtigen sind hier insbesondere Aspekte des organisatorischen Zielabgleiches und die Integration von Sicherheitsfragen mit betriebswirtschaftlichen Planungsprozessen. Zusätzliche Aspekte sind die Aufsichtskultur und mögliche Einflüsse von Systemherstellern.

Zur Unterstützung solcher Abwägungsprozesse eignen sich Safety-Scanning Verfahren, die die Entscheidungsmechanismen der unterschiedlichen Akteure im System so berücksichtigen, dass eine resiliente Entscheidung entsteht. Forschungsbedarf besteht darin, die Entscheidungsmechanismen und Abwägungsprozesse zu identifizieren und ein entsprechendes Safety-Scanning Verfahren zu entwickeln.

2) Einfluss der menschlichen Zuverlässigkeit bei der Parametrisierung von Bewertungsmethoden

In der Abschätzung der geologischen, technischen und organisatorischen Sicherheitsaspekte müssen Annahmen getroffen und Modellierungsverfahren angewandt werden. Ergebnisse werden wiederum stark durch Parametrisierung der Modellierungsparameter erreicht. Hier kann erhebliche Ungewissheit entstehen, aber auch eine ungünstige bzw. fehlerhafte Parametrisierung vorgenommen werden, die dann zu einer falschen Systemfestlegung führen kann.

Dieses Fehlerpotential im Umgang mit Ungewissheit oder aufgrund ungünstiger bzw. fehlerhafter Parametrisierung muss durch geeignete Methoden bewertet werden. Verfahren der menschlichen Zuverlässigkeitsbewertung sind dazu für das Arbeitsumfeld der Modellierung weiterzuentwickeln.

3) Verfahrensweisen des Umgangs mit neuen Erkenntnissen aus Hinterfrage-Prozessen sowie Planung von Rücksprüngen

Gerade in der Konzeptphase sind der Umgang mit neuen Erkenntnissen hinsichtlich der geologischen Lagerung, der eingesetzten Technologien und der gewählten Verfahrensweisen kritische Parameter für eine zuverlässige Planung und ein zuverlässiges Hinterfragen. Neue Erkenntnisse müssen hinsichtlich ihrer Bedeutung für Sicherheitsfragen umfassend untersucht werden. Oft ist dieser Prozess jedoch dadurch gestört, dass eingeschlagene Wege oder bereits weit fortgeschrittene Projektverläufe eine ausgewogene Re-Definition verhindern. Hierbei spielen innerbetriebliche Abwägungsprozesse genauso eine Rolle wie die Aufsichtskultur oder Wechselwirkungen zwischen Betreiber und Systemherstellern.

Entscheidungsverfahren sind auf der operativen Ebene für sicherheitskritische Systeme bekannt. Basierend auf diesen Verfahren müssen die zusätzlichen Aspekte, die sich bei der Endlagerung ergeben, integriert werden. Dies sind insbesondere Aspekte des organisatorischen Zielabgleiches und die Integration von Sicherheitsfragen mit betriebswirtschaftlichen Planungsprozessen. Zusätzliche Aspekte sind die Aufsichtskultur und mögliche Einflüsse von Systemherstellern.

4) Indikatoren für eine gute Fehlerkultur sowie Möglichkeiten der Erhebung dieser Kultur

Bezogen auf die Fragestellung einer Endlagerung ist neben der klassischen Sicherheitskultur auch eine übergreifende Fehlerkultur von Bedeutung. Sind Instrumente zur Erhebung einer Sicherheitskultur vorhanden, sind bezogen auf die spezifischen Belange der Endlagerung weitere Aspekte von Bedeutung, die diese Instrumente derzeit nicht abdecken. Beispiele hierfür sind inter-organisationale, politisch-gesellschaftliche Einflüsse oder Einflüsse aufgrund der langen operativen Phase des Systems. Ein weiteres Problem ergibt sich mit

dem Aspekt des Aufrechterhaltens einer hohen Fehlerkultur und Führungskultur bei der langfristigen operativen Phase des Systems.

Eine entsprechende Methode zur Bewertung der Sicherheitskultur ist weiter zu entwickeln hinsichtlich der spezifischen Belange. Basis können etablierte Verfahren zur Erhebung der Sicherheitskultur sein. Ferner sind Verfahren zu entwickeln, die Fehlerkultur langfristig aufrechtzuerhalten. Ausgangspunkt hierfür können sogenannte 360 Grad Feedback Verfahren der Personalentwicklung sein.

5) Etablierung eines Systems zur Gewährleistung einer hohen menschlichen Zuverlässigkeit im Monitoring

Die Entwicklung und der Betrieb eines Endlagers erfordert ein zuverlässiges Monitoring mit gleichbleibenden Standards in den Monitoring-Prozessen und Prüfvorgängen sowie in der Bewertung der Messergebnisse solcher Prozesse. Über den langen Zeitraum sind hierbei systematische Abweichungen in der Prozessgüte zu erwarten; dies aufgrund von Gewohnheitseffekten und Veränderungen in know-how und know-why der handelnden Personen.

Hier sind aktive Unterstützungssysteme zu erforschen, welche es erlauben, tatsächlich durchgeführte Monitoring-Prozesse und Prüfvorgänge zu erfassen und hinsichtlich der Abweichung von den definierten Standards zu bewerten. Solche Systeme werden derzeit in vielen Bereichen durch KI-Verfahren (künstliche Intelligenz) unterstützt und mit modernen Datenkommunikationssystemen implementiert (Team-Reality Systemen oder Augmented Reality Brillen).

Literatur

- Leveson, N. (2002) System Safety Engineering: Back To The Future. Massachusetts Institute of Technology. Boston
- Woods, D. (2003) Creating Foresight: How Resilience Engineering Can Transform NASA's Approach to Risky Decision Making. Institute for Ergonomics, The Ohio State University. Testimony on The Future of NASA for Committee on Commerce, Science and Transportation, John McCain, Chair. October 29, 2003

Anmerkungen von Herrn Dr. Baumann und Herrn Prof. Dr. Kaus:

Von: Tobias Baumann

Gesendet: Montag, 15. April 2019 10:18

An:

Cc: 'Kaus, Boris'

Betreff: Rückmeldung zu BGE-Workshop Forschungsbedarf Standortauswahl

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Anschluss an unsere (Prof. Dr. Boris Kaus und Dr. Tobias Baumann) Teilnahme an Ihrer Veranstaltung vom 19.3./20.3. haben wir unsere Vorschläge und Anregungen bezüglich des Forschungsbedarfs überarbeitet und auf Grundlage der Diskussion präzisiert (siehe unten). Bitte kontaktieren Sie uns gerne bei eventuellen Rückfragen.

Freundliche Grüße,

Univ.-Prof. Dr. Boris Kaus

Dr. Tobias Baumann

Für eine aussagekräftige geologische Langzeitprognose eines Standorts über den Zeitraum von einer Million Jahre sind aus unserer Sicht folgende Punkte notwendig.

1. Geodynamische Rekonstruktion und Vorwärtsrechnung. Für eine stabile Prognose der geologischen Entwicklung eines Standorts über den Zeitraum von einer Millionen Jahre ist es aus unserer Sicht essentiell physikalisch konsistente, dynamische Modelle zunächst dazu zu verwenden, um die vergangenen 50-100 Millionen Jahre zu simulieren, um dann im Anschluss die Simulationen in die Zukunft fortzusetzen. Dies ist wichtig, um die ungewissen Wertebereiche der Modellparameter einzuschränken.

Klassische, bilanzierte strukturegeologische Rekonstruktionen sind hier nicht aussagekräftig, da lediglich die Geometrie nicht aber die physikalischen Eigenschaften berücksichtigt werden, d.h. quantitative Vorhersagen, z.B. über den Spannungszustand des Wirtsgesteins, können nicht nachprüfbar getroffen werden.

Im Forschungsbereich der Geodynamik wurden in den vergangenen drei Jahrzehnten große Fortschritte in der technischen Weiterentwicklung erzielt. Inzwischen können unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Deformationsprozesse (viskos, elastisch und spröde) geologische Prozesse simuliert werden, die eine sehr große Deformation (z.B. im Salz) aufweisen, was mit klassischen Geomechanik Ansätzen schwierig zu simulieren ist.

2. Zusammenstellung und Evaluierung bestehender rheologischer Modelle für Wirtsgestein und

Deckgebirge. Auf Grund der großen Variationen bei der Extrapolation vom Labor- auf geologischen Maßstab (zeitlich und räumlich) müssen die Materialgesetze makroskopisch (auf 100 m bis 1 km Maßstab) verifiziert werden. Eine Möglichkeit besteht darin, makroskopische Beobachtungen mit numerischen, thermomechanischen Modellen unter Verwendung der ermittelten Materialgesetze zu reproduzieren. Als Beispiel haben wir in der Diskussion ein Beispiel aus den Niederlanden auf geführt. Hier gibt es im Steinsalz eine Diskrepanz zwischen dem aus Laborexperimenten abgeleiteten Deformationsverhalten von Steinsalz und der räumlichen Position von Anhydritlagen (Beobachtungen aus der Reflektionsseismik), welche eine relativ gesehen große Dichte aufweisen, dennoch stabil im oberen Teil der Salzkissen gelagert sind und nicht absinken. Diese Diskrepanzen können mit repräsentativen Modellen systematisch untersucht werden. Materialgesetze können auf diese Weise makroskopisch verifiziert, neu eingeordnet und mit Ungewissheiten versehen werden. In diesem Zusammenhang ist es äußerst wichtig auch Beobachtungen aus der Mikrostruktur der Gesteine mit einzubeziehen. Dies liefert wichtige Hinweise (z.B. Korngrößen) und Einschränkungen zu deren Deformationsverhalten und hilft dabei den rechnerischen Aufwand einer numerischen Parameterstudie gering zu halten.

3. Systematische Modellierung und Langzeitprognose. Auf Grundlage der strukturegeologischen Referenzmodelle und unter der Berücksichtigung der streuenden Materialeigenschaften bedingt durch ungewisse Materialgesetze können geodynamische Langzeitmodelle berechnet werden, welche die Streuung in den Materialeigenschaften berücksichtigen. Hier ist eine systematische Parametervariation innerhalb der Fehlergrenzen zwingend erforderlich. Hinzu kommt, dass es wichtig ist, nicht nur eine Simulationssoftware zu verwenden, sondern verschiedene (open-source) Simulationscodes zuzulassen. Dies ist wichtig, um einerseits Ergebnisse nachvollziehen und reproduzieren zu können und andererseits die Ungewissheiten der Simulationssoftwarepakete zu quantifizieren.

Als Vergleich können hier die Klimaprognosen der IPCC Reporte aufgeführt werden, die in ihren Prognosen die Streuung der verschiedenen Modelle und deren Implementierungen für eine Gesamtprognose vereinen. Wir stellen uns vor, dass auf ähnliche Weise Prognosen über die Langzeitentwicklung eines Wirtsgesteins getroffen werden können.

Univ.-Prof. Dr. Boris J.P. Kaus
Geschäftsführender Leiter
Professor für Geophysik und Geodynamik
GFK-Fellow
Institut für Geowissenschaften
Johannes Gutenberg Universität Mainz
J.J. Becherweg 21, 55099 Mainz.
Büro: 00-285
Tel: +49.6131.392.4527
<http://www.geo-dynamics.eu>

Anmerkungen von Herrn Altmaier, Herrn Prof. Dr. Geckeis und Herrn Dr. Metz:

Einige Kommentare zum Bericht der BGE zum „Forschungs- und Entwicklungsbedarf Standortauswahlverfahren“ (aus KIT-INE Sicht)

Der von der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) vorgelegte Bericht zum „Forschungs- und Entwicklungsbedarf Standortauswahlverfahren“ beschreibt die vom BGE identifizierte Themen, die im Rahmen von angewandten und grundlegenden F+E Projekten zu bearbeiten sind.

Für unterschiedliche Themengruppen werden als erforderlich erachtete F+E Vorhaben den jeweiligen Schritten des Standortauswahlverfahrens zugeordnet. Damit erfolgt eine zeitliche Zuordnung des F+E Programms gemäß den Erfordernissen der einzelnen Phasen des Standortauswahlverfahrens. Diese zeitliche Zuordnung eines jeweiligen Forschungsbedarfs ist prinzipiell zielführend und wird als sehr hilfreich für die Entwicklung von entsprechenden F+E Vorhaben bewertet.

Im Folgenden möchten wir einige Teile des Berichts kommentieren:

Der Bericht benennt Themen, die als Gegenstand von Grundlagenforschung klassifiziert werden. Die der Grundlagenforschung zugeordneten F+E Themen werden nicht einzelnen Phasen des Standortauswahlverfahrens zugeordnet. Gleichwohl sollen hier Erkenntnisse gewonnen werden, die im Rahmen des Verfahrens benötigt werden. Auf welcher Basis die F+E Themen und ihre Zuordnung ermittelt wurden, wird aus dem vorliegenden Bericht nicht klar ersichtlich. Allerdings wird während der Fachtagung erläutert, dass die Beschreibung des Standes von Wissenschaft und Technik sowie die daraus abgeleiteten offenen Fragen in einem umfangreicheren Bericht erfolgte.

Der Bericht enthält keine Beschreibung der in Deutschland existierenden Instituten, die sich mit Endlagerforschung beschäftigen („Forschungslandschaft“). Es wird nicht diskutiert, wie Forschungseinrichtungen mit ihren jeweiligen Kompetenzen und Expertisen komplementär und synergistisch eingebunden werden sollen. Es bleibt daher beispielsweise unklar, wer für die Bearbeitung von Grundlagenforschungsthemen zuständig ist (über BMWi Förderkonzepte?). Die Klassifizierung in angewandte Forschung, die zur Entscheidungsfindung im Standortauswahlverfahren erforderlich ist, und die Einordnung in die Kategorie Grundlagenforschung erscheint nicht immer nachvollziehbar. So wird z.B. in Tabelle 3 die Ermittlung von Informationen, die für eine geowissenschaftliche Langzeitprognose erforderlich sind, für Tonstein/Kristallingestein der Grundlagenforschung zugeordnet. Entsprechende Informationen sind allerdings sowohl für die Ermittlung von Teilgebieten als auch für die Ermittlung von Standortregionen für die übertägige Erkundung erforderlich. Damit sollten sie dem Forschungsbedarf im Rahmen der entsprechenden Phasen des Standortauswahlverfahrens zugeordnet werden. Ähnliches gilt für den Abschnitt 2.4.1.5: Vergleich von Endlagersystemen. Eine entsprechende Vergleichsmethodik wird bereits zu Beginn des Standortauswahlverfahrens unabdingbar sein. Ihre Entwicklung mag daher in Teilen grundlegende Forschungsarbeiten erfordern. BGE wird eine solche Methodik allerdings dringend benötigen, wenn sie Vorschläge bzgl. Standortregionen in unterschiedlichen Wirtsgesteinsformationen machen muss. Hier besteht aus unserer Sicht Klärungsbedarf.

Der Bericht trägt Merkmale einer ausgeprägten Binnensicht. Der internationale Wissensstand zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in Tonstein und Kristallin findet kaum Erwähnung. Dies schlägt sich auch in der Literaturliste nieder. An einigen Stellen entsteht der Eindruck, dass entsprechende Themen von Grund auf neu, im Rahmen von Grundlagenforschung, erarbeitet werden müssten (z.B. Kap. 2.1.2, Tab.3, 4, 6 – letzte Zeile-, 8, 9 etc.). In ähnlicher Weise wird im Kap. 2.4.2.1 der Forschungsbedarf zum FEP-Katalog sowie, davon abhängig, die Szenarientwicklung ohne Bezüge zu den internationalen FEP-Katalogen für die untersuchten Wirtsgesteinstypen behandelt. Eine Erhebung des internationalen Stands des Wissens zu den Wirtsgesteinen Ton und Kristallin und eine „Delta-Analyse“, was die Übertragbarkeit der entsprechenden Konzepte, Informationen und Daten auf deutsche Verhältnisse betrifft, fehlt im Bericht und sollte ergänzt werden. In diesem

Zusammenhang wird eine Darstellung geplanter Beteiligungen an internationalen Forschungsverbänden vermisst. Da internationale Vorhaben zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in Tonstein und Kristallin teilweise sehr weit fortgeschritten sind, erscheint die Entwicklung einer internationalen Forschungsstrategie (z.B. innerhalb der IGDTP) von großer Wichtigkeit.

Der Bericht klammert Fragestellungen, die mit der Endlagerung anderer schwach- und mittelradioaktiver Abfälle im Endlager für hochradioaktive Abfälle verbunden sind, aus. Aus einer BfS-Bestandserhebung zum 31. Dezember 2014, die im Nationalen Entsorgungsprogramm berücksichtigt wurde, geht hervor, dass gewisse schwach- und mittelradioaktive Reststoffe aufgrund der maximal einlagerbaren Aktivität, des genehmigten Gesamtvolumens, ihres Nuklidinventars, ihrer chemischen Zusammensetzung oder des Zeitpunkts ihres Anfalls im Endlager Konrad nicht angenommen werden können. Nach dem Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (StandAG) ist die Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am gleichen Standort zulässig, wenn die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist (§1 Abs. 6). Nach §27 Abs. 5 gehört zum Inhalt der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen „eine Beurteilung, inwiefern in dem jeweiligen Gebiet zu erwarten ist, dass eine zusätzliche Endlagerung größerer Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle möglich ist.“ Ein entsprechendes „Co-disposal“ Konzept wird im Nationalen Entsorgungsprogramm des BMU beschrieben und auch international (Schweiz, Frankreich) diskutiert. Die Berücksichtigung dieser Abfälle wird unmittelbare Auswirkungen auf die Endlagerauslegung, den erforderlichen Raumbedarf in einer Wirtsgesteinsformation und somit auf das Standortauswahlverfahren als Ganzes haben. Entsprechende Betrachtungen erfordern F+E, die im BGE Bericht beschrieben werden sollten. Andernfalls sollten die Gründe für die Nichtberücksichtigung dieser Thematik erläutert werden, bzw. Szenarien aufgewiesen werden, wie diese Abfällen ggfs. entsorgt werden sollten.

Im Bericht ist eine Gewichtung der erforderlichen F+E Vorhaben schwer zu erkennen. Der im Bericht genannte Forschungsbedarf für verschiedene Forschungsbereiche weist deutlich unterschiedliche Detaillierungsgrade auf. So werden die Weiterentwicklung bestimmter Programmcodes und die Implementierung von Schnittstellen in diese Codes (z.B. Kap. 2.2.3, Kap. 2.4.3) in ähnlicher Weise ausgeführt, wie übergeordnete Untersuchungsthemen.

Im Kapitel 2.3 wird der Forschungsbedarf zu Endlagerkonzepten beschrieben. Hierbei ist zu beachten, dass der Forschungsbedarf zur Entwicklung eines Behälterkonzepts (Kap. 2.3.1) und der Forschungsbedarf zu Endlagerauslegung und Design (Kap. 2.3.2) miteinander verzahnt sind und gemeinsam (zeitlich parallel) zu bearbeiten ist. Darüber hinaus sind die Entwicklung eines Konzepts für Endlagerbehälter und damit die Endlagerauslegung eng mit der Zwischenlagerung der wärmeentwickelnden Abfälle verknüpft. Aus Festlegungen und Maßnahmen für die Zwischenlagerung resultieren Weichenstellungen für die Behälter- und Endlagerkonzepte (Kap. 2.3.1, 2.3.2) und somit für das Standortauswahlverfahren. Im Kap. 2.1.2 „Inventar wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle“ wird ausgesagt: „Über die radiochemische Entwicklung in den zwischengelagerten Abfällen liegen keine gesicherten Informationen vor. Hier ist zunächst der internationale Kenntnisstand zu erheben, um weiterführende Forschung und Maßnahmen ableiten zu können.“ Es bleibt allerdings unklar, ob oder inwieweit das BGE dies für sich als Forschungsbedarf definiert. Neben der Integrität von Brennstabhüllrohren und Transport- und Lagerbehältern während einer mehr als vierzig Jahre dauernden Zwischenlagerung, ist auch das Inventar einiger für die Langzeitsicherheit relevanter Radionuklide (z.B. C-14, Cl-36, I-129) in ausgedienten Brennelementen und verglasten Wiederaufarbeitungsabfällen nicht ausreichend untersucht.

Der Forschungsbedarf bzgl. Mobilisierung, Transport und Rückhaltung von Radionukliden wird im Kap. 2.4.4.2 skizziert. Hier wäre ein etwas systematischerer Aufbau wünschenswert. Die in Tab. 29

aufgeführten Themen erscheinen teilweise etwas willkürlich herausgegriffen zu sein (z.B. die Untersuchung von Radionuklidkomplexbildungsreaktionen bei erhöhten Temperaturen oder die Raten der Radionuklidmobilisierung aus CSD-C Abfällen), während übergeordnete Untersuchungsthemen wie die Quantifizierung der Radionuklidmobilisierung aus abgebranntem Kernbrennstoff und hochradioaktiven Wiederaufarbeitungsabfällen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (z.B. granitisches Grundwasser oder Tonporenwasser) fehlen.

Der Nachweis des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfallformen wird in jedem Fall die Betrachtung aller Prozesse, die zur Mobilisierung und Rückhaltung von Radionukliden (aber auch chemotoxischer Bestandteile) führen können, beinhalten müssen. Dazu gehören auch biogeochemische Vorgänge, die im Endlagernahfeld nach Verschluss ablaufen (z.B. Aufsättigung der geotechnischen Barriere, Korrosion des Endlagerbehälters, mikrobielle Aktivitäten, Gasbildung, Abfallformkorrosion etc.). Die Betrachtung und Quantifizierung entsprechender Prozesse wird für die Ausweisung des ewG relevant werden. Ein Integritätsnachweis sollte die Quantifizierung von Prozessen wie Wasserzutritt (ggfs. Aufsättigung der geotechnischen Barriere), die Korrosion des Endlagerbehälters, Gasbildung, chemische und mechanische Veränderung der geotechnischen Barriere an der Kontaktfläche zum Behälter teils bei erhöhten Temperaturen und unter Berücksichtigung evtl. mikrobiologischer Prozesse, beinhalten.

Die Erstellung von Radionuklidquelltermen aus den Nahfeldbereichen unterschiedlicher Endlagerkonzepte (ewG, ewB) setzt im vergleichenden Standortauswahlverfahren eine realitätsnahe Betrachtung der entsprechenden Prozesse voraus. Radionuklidfreisetzung und –rückhaltung finden in einem Barrierensystem statt, das sich im Laufe der thermischen Phase, der Wasseraufsättigung, Behälterkorrosion, Korrosion des Betonausbaus signifikant verändert hat. Derartige Prozesse werden in der vorliegenden Version des Forschungsbedarfsberichts nicht adressiert. Ein entsprechender Kommentar wurde bereits im Vorfeld des Workshops von Herrn Prof. Grambow eingereicht.

Zu weiteren Diskussion bzw. Klärung oben skizzierter Fragestellungen können fokussierte Fachgespräche hilfreich sein. Zu verschiedenen Unterthemen könnten zudem in ähnlichem Rahmen „Iststandsanalysen“ des jetzigen Kenntnisstands erstellt werden, um den Forschungsbedarf zu identifizieren und begründen.