
Der nachfolgenden Stellungnahme der RSK liegt das Förderkonzept des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie „Schwerpunkte zukünftiger FuE-Arbeiten bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle (2002 – 2006) zugrunde. Der Bericht kann über das Forschungszentrum Karlsruhe, Projektträger des BMBF und BMWi für Wassertechnologie und Entsorgung (PtWT+E) bezogen werden.

(Tel.: 07247-82-5791, Fax: 07247-82-5796, Email: karin.koehler@pte.fzk.de)

STELLUNGNAHME DER RSK vom 13.09.2001

Schwerpunkte zukünftiger FuE-Arbeiten bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle

1 Beratungsauftrag

Mit Schreiben vom 23.08.2000 hat das BMU die RSK um Beratung des Förderkonzeptes für die „Schwerpunkte zukünftiger FuE-Arbeiten bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle“ des Projektträgers für Wassertechnologie und Entsorgung (PtWT + E) des BMBF und BMWi gebeten. Insbesondere sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Sind Defizite hinsichtlich der Fortentwicklung der Eignungskriterien, der Entwicklung von Auswahlverfahren für Endlagerstandorte und der Überarbeitung der Konzeption der Endlagerung erkennbar?
- Können zusätzliche Arbeiten identifiziert werden, die hinsichtlich des Vergleichs der Eignungshöflichkeit unterschiedlicher Endlagerformationen und der Auswahl von Endlagerstandorten erforderlich sind?
- Können die Vollständigkeit der anwendungsorientierten, aber nicht anlagenbezogenen Arbeiten hinsichtlich der sicherheitstechnischen Beurteilung von Endlagern bestätigt oder fehlende Arbeiten identifiziert werden?
- Welche abweichenden oder zusätzlichen Schwerpunkte sollen bei den zu bearbeitenden Themenstellungen gesetzt werden?

Der RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG hat sich auf seinen Sitzungen am 30./31.10.2000 (10. Sitzung), am 06.12.2000 (11. Sitzung), am 15.02.2001 (13. Sitzung) und am 26.04.2001 (15. Sitzung) mit der Thematik befasst.

2 Darstellung des Sachstandes

Im Auftrag des BMWi werden Forschungsarbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle durchgeführt.

Entsprechende Forschungsarbeiten wurden in den 70-er Jahren im Zuständigkeitsbereich des BMBF begonnen. Schwerpunkte der Arbeiten waren in der Anfangszeit die Entwicklung von Technologien für die Endlagerung im Salzgestein. Im späteren Verlauf kamen methodische Arbeiten zur Langzeitsicherheit und die Untersuchung anderer Formationen hinzu. Die aktuellen Arbeiten berücksichtigen nach Ansicht des Projektträgers sowohl die notwendigen Arbeiten zur Klärung der Zweifelsfragen an Gorleben gemäß [1] als auch die Empfehlungen der Evaluierungskommission [3].

Die FuE-Arbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle werden von verschiedenen Organisationen durchgeführt und auf vier Wegen finanziert und gesteuert: BMWi über PtWT + E, BMWi über BGR, BMBF über die institutionelle Förderung der Forschungszentren Jülich, Karlsruhe und Rossendorf sowie BMU über BfS. Diese Stellungnahme bezieht sich unmittelbar nur auf das Arbeitsprogramm des PtWT + E. Dieses deckt nach Aussage des Projektträgers die Themengebiete in den Forschungszentren und bei der BGR mit ab. Die konkreten Arbeiten der Forschungszentren und der BGR wurden jedoch bei den Beratungen nicht berücksichtigt.

3 Grundlagen der Bewertung

Die Stellungnahme zu den Schwerpunkten zukünftiger FuE-Arbeiten geht von einem Bedarf für eine Endlagerung aller Arten radioaktiver Abfälle in Deutschland aus. Bei der derzeitigen Endlagerkonzeption wird nicht von einer Rückholbarkeit ausgegangen. Die Stellungnahme setzt sich auf der Ebene der Themengebiete mit den zukünftigen FuE-Arbeiten auseinander. Eine Auseinandersetzung mit den einzelnen Projekten eines jeden Themengebietes hat nicht stattgefunden und kann nur im Rahmen einer umfangreichen Arbeit erfolgen. Eine solche Arbeit wurde letztmalig 1988 unter Mitwirkung aller beteiligten Organisationen durchgeführt [2]. Weitere Stellungnahmen zu FuE-Schwerpunkten finden sich in den Empfehlungen der Evaluierungskommission [3]. Die Struktur der Stellungnahme orientiert sich an der Struktur der FuE-Arbeiten des PtWT + E.

4 Beurteilung der Schwerpunkte zukünftiger FuE-Arbeiten bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle

4.1 A: Weiterentwicklung von Endlagerkonzepten

A1: Abfallbehandlung und Abfallcharakterisierung

Arbeiten zur Abfallcharakterisierung werden seit vielen Jahren durchgeführt und haben zu einer Klärung der grundlegenden Fragestellungen geführt. Verbliebene offene Fragestellungen haben meist einen deutlichen Anlagenbezug und sind dann als anlagenbezogene Arbeiten durchzuführen. Die Arbeiten zur Festlegung der Anforderungen an die Charakterisierung der Abfallgebinde werden vom Endlagerbetreiber und die Arbeiten zur Charakterisierung vom Abfallverursacher durchgeführt. Für übergeordnete Fragestellungen sind bei Bedarf auch weiterhin Neuentwicklungen erforderlich.

Die Arbeiten zur Weiterentwicklung von Matrixmaterialien und Behältermaterialien sowie zur Absicherung der Annahmen über deren Langzeitverhalten werden als institutionelle Arbeiten und oft mit Sonderförderung an den Forschungszentren durchgeführt und sollten weitergeführt werden. Dabei ist die Wechselwirkung der untersuchten Materialien mit den unterschiedlichen Endlagermedien zu berücksichtigen. Hieraus können sich grundsätzlich neue Aspekte zum Beispiel hinsichtlich der Gasentwicklung und der Korrosion ergeben. Ungeachtet des Vorrangs der geologischen Barriere, insbesondere für den Langzeitsicherheitsnachweis, sollten FuE-Arbeiten gefördert werden, die zu Werkstoffen mit geringerer Korrosionsneigung, niedriger Gasbildungsrate und zu einer höheren Standzeit der Behälter führen. Im Bereich der Entsorgung von Brennelementen aus Forschungsreaktoren besteht noch ein intensiver Forschungsbedarf. Hinsichtlich der noch verbliebenen Fragestellungen ist dieses Themengebiet mit der aktuellen Gewichtung weiterzuführen.

A2: Charakterisierung und Eigenschaften von Wirtsgesteinsformationen

Unter diesem Themengebiet werden hauptsächlich die mechanischen und hydraulischen Eigenschaften der Wirtsgesteine untersucht. Die Arbeiten zur Charakterisierung von Steinsalz sind weitgehend abgeschlossen. Diejenigen zur Charakterisierung von Tonstein und Granit werden hinsichtlich eines Vergleichs von Endlagerformationen als wichtig angesehen.

Insbesondere bei Tonstein liegen gegenwärtig nur grobe Ansätze zur Beschreibung und Bewertung der sicherheitsrelevanten Eigenschaften und zu deren Erhebung vor. Die Arbeiten werden noch nicht im erforderlichen Tiefgang durchgeführt und sollten neben Laboruntersuchungen auch In-situ-Untersuchungen und Modellrechnungen zur Prognose des Langzeitverhaltens umfassen. Hierbei sind die Gasproblematik und die Übertragung der Ergebnisse auf großräumige Bereiche und lange Zeiten in ausreichender Weise zu berücksichtigen. Zur Durchführung der erforderlichen Arbeiten wird die Beteiligung an Projekten in ausländischen Untertagelabors ausdrücklich empfohlen. Das FuE-Themengebiet wird daher als vorrangig angesehen.

A3: Weiterentwicklung von Einlagerungs-, Handhabungs- und Überwachungstechniken

Die Weiterentwicklung von Einlagerungstechniken ist im Prinzip auf andere Formationen zu erweitern. Der Umfang der Arbeiten ist jedoch auf den Bedarf vergleichender Untersuchungen zu verschiedenen Formationen zu beschränken, da die technische Entwicklung der Einlagerungstechniken eine Aufgabe des Endlagerbetreibers ist. Ebenso sollte die Entwicklung von Handhabungstechniken den späteren anlagenbezogenen Arbeiten überlassen werden. Die Entwicklung von Überwachungstechniken wird als FuE-Aufgabe angesehen und sollte daher mit der aktuellen Gewichtung durchgeführt werden. Das Themengebiet der Entwicklung von Einlagerungs- und Handhabungstechniken ist Aufgabe des Endlagerbetreibers und wird daher als nachrangig angesehen.

A4: Generische Endlager

Die Planung von generischen Endlagern ist auf den Bedarf für einen Vergleich von Konzepten und Formationen auszurichten. Hierbei sind relevante Prozesse, wie etwa die Gasproduktion, in ausreichender Weise zu berücksichtigen. Konkrete technische Planungen sollten den anlagenbezogenen Arbeiten überlassen werden. Die Arbeiten zu diesem FuE-Themengebiet sind auf grundlegende Eigenschaften möglicher Endlagerformationen zu beschränken und sollten nur in diesem eingeschränkten Rahmen weitergeführt werden.

A5: Entwicklung von geotechnischen Barrieren

Die Arbeiten zu den geotechnischen Barrieren sollten in einem gewissen Umfang für das Wirtsgestein Salz weitergeführt und insbesondere auf andere Wirtsgesteine mit anderen Arten von Barrieren ausgedehnt werden. Hierbei sind neben den mechanischen und hydraulischen Eigenschaften auch die chemischen und physikalischen Eigenschaften zu betrachten. Die Wechselwirkungen mit den Wirtsformationen und den Nachbarbarrieren sind hierbei in ausreichendem Maße zu berücksichtigen. Die Entwicklungsarbeiten sollten generisch angelegt sein und sind verstärkt auf den Bedarf des späteren Anwenders auszurichten, sodass eine Verwendung der erzielten Ergebnisse in den Endlagerprojekten gewährleistet ist. Das FuE-Themengebiet sollte mit der aktuellen Gewichtung weitergeführt werden.

A6: Abtrennung und Umwandlung von langlebigen Radionukliden

Ziel der Abtrennung und Umwandlung von langlebigen Aktiniden und Spaltprodukten ist es, das Volumen und die Radiotoxizität der hochradioaktiven Abfälle deutlich zu verringern. Abtrennung und Umwandlung werden jedoch stets unvollständig sein, sodass der verbleibende Anteil in jedem Falle endzulagern ist.

Bei der Abtrennung der Aktiniden und einiger langlebiger Spaltprodukte wurden in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte erzielt. Damit erscheint eine gezielte Konditionierung dieser separierten Radionuklide in einer stabilen Matrix erreichbar. Bei einigen anderen mobilen und langzeitrelevanten Spaltprodukten, z. B. Cs 135, wäre zur Abtrennung eine Isotopentrennung erforderlich. Die Separation dieser Radionuklide ist damit praktisch nicht realisierbar.

Der technische Aufwand für eine wirksame Umwandlung in kurzlebige Radionuklide oder inaktive Nuklide wird für sehr hoch und angesichts des beabsichtigten Ausstiegs aus der Kernenergienutzung zur Stromerzeugung in Deutschland für unvertretbar gehalten. Die in Deutschland vorhandenen Kernreaktoren haben keine ausreichende Transmutationsraten.

Die bisher durchgeführten Langzeitsicherheitsanalysen für Endlager ergeben außerdem übereinstimmend, dass wegen der geringen Löslichkeitsbegrenzten Mobilisierung im Endlager den Aktiniden keine entscheidende

Bedeutung hinsichtlich der Langzeitsicherheit zukommt. Bei Endlagern, in denen diese Voraussetzung der löslichkeitsbegrenzten Mobilisierung nicht besteht und andere Migrationsmechanismen vorliegen können oder Kritikalitätsrisiken bestehen, könnte der Aktinidenabtrennung eine neue größere Bedeutung zukommen.

Vor diesem Hintergrund und angesichts der offenen Situation der weiteren Planung der Endlagerung in Deutschland sollten die Arbeiten der Forschungszentren auf diesem Gebiet im bisherigen Rahmen und in Abstimmung mit internationalen Aktivitäten weitergeführt werden. Für weitere FuE-Aktivitäten in Bezug zur Endlagerung wird das Themengebiet derzeit jedoch als nachrangig angesehen.

4.2 B: Verbesserung von Instrumentarien zur Sicherheitsbewertung

B1: Szenarienentwicklung

Bei der Szenarienentwicklung für die Endlagerung im Salz sind weitere Arbeiten zur Erreichung des für andere Wirtsgesteine erreichten internationalen Standes von Wissenschaft und Technik erforderlich. Für die Endlagerung in anderen Formationen sind entsprechende Arbeiten zur Bewertung alternativer Formationen erforderlich. Die Arbeiten sollten sich auf methodische Fragestellungen beschränken und sich an realitätsnahen geologischen Verhältnissen potenzieller Wirtsgesteine orientieren.

Für Szenarien aufgrund zukünftiger menschlicher Aktivitäten sind die Vorgehensweisen und die Bewertungsmethoden noch nicht in ausreichendem Maße entwickelt worden. Im internationalen Rahmen wird die Erarbeitung stilisierter und international abgestimmter Referenzszenarien vorbereitet. An diesen Entwicklungsarbeiten sollte sich die Bundesrepublik Deutschland mit eigenen Arbeiten beteiligen und dementsprechend sollten die FuE-Aktivitäten verstärkt werden. Diese Arbeiten sollten auch zukünftige menschliche Aktivitäten in anderen Wirtsgesteinsformationen einschließen. Das FuE-Themengebiet wird als vorrangig angesehen.

B2: Verhalten von Wirtsgesteinsformationen

Hier gelten die Ausführungen zu A2 (vgl. S. 3 von 9).
Das FuE-Themengebiet wird als vorrangig angesehen.

B3: Chemische und physikalische Effekte im Nahfeld

Bei den chemischen Effekten im Nahbereich sind die vorliegenden Erkenntnisse und die daraus resultierenden Modellansätze und Daten für alle zu betrachtenden Wirtsgesteine noch nicht ausreichend belastbar. Weiterführende Arbeiten sind daher dringend erforderlich und sollten die zu betrachtenden Szenarien in ausreichendem Maße berücksichtigen. Bei den physikalischen Effekten im Nahbereich sind insbesondere die Auswirkungen der Gasproduktion noch nicht ausreichend untersucht worden, sodass weiterführende Arbeiten

auch hier erforderlich sind. Das FuE-Themengebiet wird als vorrangig angesehen.

B4: Verhalten von geotechnischen Barrieren

Hier gelten die Ausführungen zu A5 (vgl. S. 4 von 9).

Das FuE-Themengebiet sollte mit der aktuellen Gewichtung weitergeführt werden.

B5: Verhalten von geologischen Barrieren

Die chemischen Effekte bei der Ausbreitung von Radionukliden in der geologischen Barriere sind noch nicht ausreichend bekannt und die derzeitigen Modellansätze und Daten noch nicht ausreichend belastbar. Insbesondere sind zunächst vorliegende experimentelle Ergebnisse zu interpretieren und neue konzeptionelle Ansätze zur Beschreibung der Sorption bis zur Anwendungsreife zu entwickeln. Hierzu laufen derzeit Aktivitäten im internationalen Rahmen an, die mit eigenen Entwicklungsarbeiten begleitet werden sollten. Weiterführende FuE-Arbeiten sind dringend erforderlich und daher wird das FuE-Themengebiet als vorrangig angesehen.

B6: Methodenentwicklung und Rechenprogramme für Sicherheitsbewertungen

Für die Bewertung des Langzeitverhaltens von Endlagern in unterschiedlichen geologischen Untersuchungen und unterschiedlichen Endlagerkonzepten sowie für die sicherheitstechnische Optimierung von Endlagerauslegungen sind entsprechende Rechenprogramme unabdingbar. In die Rechenprogramme und die damit verbundenen Instrumentarien und methodischen Vorgehensweisen sind die jeweils neuen Erkenntnisse aus laufenden Forschungsarbeiten zu übernehmen. In Einzelfällen wie etwa bei der Berücksichtigung gekoppelter Vorgänge sind auch weiterhin Neuentwicklungen erforderlich. Langfristig ist auch eine Erweiterung im Hinblick auf risikobasierende Ansätze bei der Bewertung der Langzeitsicherheit zu verfolgen. Das FuE-Themengebiet sollte mit der aktuellen Gewichtung weitergeführt werden.

B7: Validierung von Modellen und Unsicherheitsanalysen

Die Absicherung von Modellansätzen und Daten ist ein unerlässliches Element der Vertrauensbildung in die Sicherheitsbewertung eines Endlagers. Von besonderer Bedeutung ist die Übertragung der Erkenntnisse aus kleinräumigen und kurzzeitigen Untersuchungen auf die großräumigen und langzeitigen Vorgänge in einem Endlagersystem. Diesbezüglich sind die Untersuchungen an natürlichen Analoga von besonderer Bedeutung. Die Arbeiten zu diesem FuE-Themengebiet sollten sowohl für das Wirtsgestein Salz als auch für andere Gesteine vorrangig weitergeführt werden.

4.3 C: Anpassung und Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung

Die Arbeiten zur Kernmaterialüberwachung werden nicht als FuE-Arbeiten gesehen.

5 Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der Fragestellungen des Beratungsauftrages wird eine vorrangige Weiterführung der Themengebiete

- Charakterisierung und Eigenschaften von Wirtsgesteinsformationen
- Verhalten von Wirtsgesteinsformationen
- Verhalten von geologischen Barrieren
- Szenarientwicklung
- Chemische und physikalische Effekte im Nahfeld
- Validierung von Modellen und Unsicherheitsanalysen

und eine Weiterführung mit aktueller Gewichtung der Themengebiete

- Abfallbehandlung und Abfallcharakterisierung
- Weiterentwicklung von Überwachungstechniken
- Entwicklung von geotechnischen Barrieren
- Verhalten von geotechnischen Barrieren
- Methodenentwicklung und Rechenprogramme für Sicherheitsbewertungen

für erforderlich gehalten. Demgegenüber können die Themengebiete

- Weiterentwicklung von Einlagerungs- und Handhabungstechniken
- Generische Endlager
- Abtrennung und Umwandlung von langlebigen Radionukliden

nachrangig behandelt werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand und entsprechend dem Vertiefungsgrad der Beschäftigung mit dem FuE-Programm können keine Defizite bei den Themengebieten des FuE-Programms festgestellt werden.

Konkrete zusätzliche Einzelarbeiten können nicht genannt werden, da hierzu eine Prüfung der Einzelprojekte und Einzelfragestellungen sowohl im Forschungsprogramm des PtWT + E als auch in demjenigen der anderen Organisationen und besonders des BfS erforderlich wäre. Dies ist nur mit einem erheblich höheren Bearbeitungsaufwand und unter Beteiligung der betroffenen Institutionen möglich.

Abschließend ist somit festzustellen:

-
- Hinsichtlich der Fortentwicklung der Eignungskriterien, der Entwicklung von Auswahlverfahren für Endlagerstandorte und der Überarbeitung der Konzeption der Endlagerung sind keine Defizite bei den Themengebieten des FuE-Programms erkennbar.
 - Hinsichtlich des Vergleichs der Eignungshöflichkeit verschiedener Endlagerformationen und der Auswahl von Endlagerstandorten sind keine zusätzlichen Themengebiete für das FuE-Programm identifiziert worden. Für einen Vergleich der grundlegenden sicherheitsrelevanten Eigenschaften unterschiedlicher geologischer Formationen wird eine gemeinsame Aktion der diesbezüglich fachkompetenten Organisation ähnlich dem Projekt SEK/SAM [4] vorgeschlagen.
 - Die Vollständigkeit der anwendungsorientierten, aber nicht anlagenbezogenen Arbeiten hinsichtlich der sicherheitstechnischen Beurteilung von Endlagern kann bezüglich der Themengebiete des FuE-Programms bestätigt werden.
 - Abweichende oder zusätzliche Schwerpunkte sollen aus derzeitiger Sicht bei den Themengebieten des FuE-Programms nicht gesetzt werden.

Literatur:

- [1] Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000 mit fünf Anlagen
- [2] Brewitz, W.; Storck, R.: Endlagersicherheit in der Nachbetriebsphase, Rahmenplan für notwendige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, GSF-Bericht 6/90, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München, Braunschweig 1990.
- [3] Bericht der Evaluierungskommission „Nukleare Sicherheit- und Endlagerforschung in Deutschland“ des BMWi zum Kompetenzverbund Kerntechnik vom 21.01.2000
- [4] Systemanalyse Mischkonzept (SAM), Hauptband, KWA-Nr. 2190 A1, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe 1989.