



# Memorandum zur Entsorgung hochradioaktiver Reststoffe

## Autoren:

Klaus-Jürgen Röhlig (NTH)

Clemens Walther (NTH)

Friedrich-Wilhelm Bach (NTH)

Achim Brunnengräber (FU Berlin)

Harald Budelmann (NTH)

Saleem Chaudry (NTH)

Anne Eckhardt (risicare GmbH)

Horst Geckeis (KIT)

Armin Grunwald (KIT)

Thomas Hassel (NTH)

Peter Hocke (KIT)

Karl-Heinz Lux (NTH)

Kurt Mengel (NTH)

Volker Metz (KIT)

Konrad Ott (CAU Kiel)

Elmar Plischke (NTH)

Moritz Riemann (CAU Kiel)

Ulrich Smeddinck (NTH)

Miranda Schreurs (FU Berlin)

Joachim Stahlmann (NTH)





# Memorandum zur Entsorgung hochradioaktiver Reststoffe

Veröffentlichung 30.04.2014

## Kontakt:

Klaus-Jürgen Röhlig  
Institut für Endlagerforschung  
Technische Universität Clausthal  
(TUC)  
Adolph-Roemer-Straße 2A  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
entria@irs.uni-hannover.de

## Anmerkung:

Dieses Memorandum ist von der Forschungsplattform ENTRIA („Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen“) erstellt worden. ENTRIA ist ein Verbundprojekt der Niedersächsischen Technischen Hochschule (NTH), der Freien Uni-

versität Berlin (FUB), der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU Kiel) und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung seit Januar 2013 gefördert (Förderkennzeichen 02S9082A-E, siehe [www.entria.de](http://www.entria.de)).

## Zitierweise:

ENTRIA 2014: Memorandum zur Entsorgung hochradioaktiver Reststoffe. Klaus-Jürgen Röhlig et al., Hannover.

Dieses Memorandum stellt eine Reihe von zentralen Themen vor, die nach Ansicht der Forschungsplattform ENTRIA bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe besondere Aufmerksamkeit verdienen. Es will Orientierungswissen zu den zentralen Herausforderungen liefern und einen Beitrag zu diesem schwierigen aber auch dringlichen Projekt leisten. Dafür werden wichtige Spannungsfelder benannt, die aus Sicht der Autorinnen und Autoren bei den anstehenden Entscheidungen einer zukünftigen Entsorgungspolitik für radioaktive Reststoffe umfassend berücksichtigt werden sollten.

# Inhalt

1. Problemaufriss	6
1.1. Wicked Problem	7
1.2. Risikoproblematik und NIMBY	9
1.3. Das Standortauswahlgesetz – ein Neuanfang?	10
1.4. Internationale Rahmenbedingungen	12
2. Entsorgungsstrategie und Anlagentypen	15
2.1. Sicherheit und Reversibilität	16
2.2. Langfristige Oberflächenlagerung	18
2.3. Tiefenlagerung	20
3. Risiko und Sicherheit	25
4. Verfahrensgerechtigkeit im Standortauswahlprozess	29
5. Soziale Innovationen und Bedarf an Langzeit-Institutionen	33
6. Schlussfolgerung: Zentrale Spannungsfelder	36

# 1. Problemaufriss

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Verbundprojekt ENTRIA befasst sich mit Fragestellungen der Entsorgung radioaktiver Reststoffe. Natur-, Ingenieur-, Rechts-, Geistes- und Sozialwissenschaftler führen in diesem Projekt gemeinsam disziplinäre und interdisziplinäre Forschungsarbeiten durch.<sup>1</sup> Deren wissenschaftliches Ziel ist die interdisziplinäre Analyse und die Entwicklung von Bewertungsgrundlagen zu drei Optionen der Einlagerung radioaktiver Reststoffe: der „Endlagerung in tiefen geologischen Formationen ohne Vorkehrungen zur Rückholbarkeit“ (wartungsfreie Tiefenlagerung), der „Einlagerung in tiefe geologische Formationen mit Vorkehrungen zur Überwachung und Rückholbarkeit“ (Tiefenlagerung mit Rückholbarkeit) und der „langfristigen Oberflächenlagerung“.

Insbesondere für hochradioaktive (wärmeentwickelnde) Reststoffe ist zwar der Einschluss in tiefen geolo-

gischen Formationen die von vielen Staaten und internationalen Organisationen angestrebte Entsorgungsoption, allerdings werden von Politikern, Experten und in den Medien immer wieder Alternativen benannt und – falls die Rückholbarkeit eingelagerter Stoffe positiv bewertet wird – auch favorisiert. Das Standortauswahlgesetz (StandAG) versteht unter Rückholbarkeit „die geplante technische Möglichkeit zum Entfernen der eingelagerten radioaktiven Abfallbehälter“. Sie unterscheidet sich somit begrifflich von einer Bergung, die nur im Notfall erfolgt.

Die Kontroverse zur endgültigen oder rückholbaren Einlagerung erfordert eine umfassende Erörterung und Begründung der zu wählenden Entsorgungsoption, die über die naturwissenschaftlich-technisch orientierten Diskussionen der Vergangenheit hinausgeht und auch gesellschaftliche Belange und Werturteile berücksichtigt. ENTRIA hat sich zur Aufgabe gemacht, zu der

---

<sup>1</sup> Immer wenn wie in diesem Satz von Personen gesprochen wird, sind dabei sowohl Männer als auch Frauen gemeint. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die Nennung männlicher und weiblicher Formen verzichtet. Selbstverständlich müsste es immer Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler und ebenso Sozialwissenschaftlerinnen und Sozialwissenschaftler heißen.

hierfür erforderlichen interdisziplinären Forschung und Debatte einen Beitrag zu leisten.

Auch das StandAG reagiert auf diesen Bedarf. Es stellt die Auseinandersetzung mit strategischen Fragen zur oberirdischen Zwischenlagerung sowie zur „Rückholung, Bergung und Wiederauffindbarkeit der radioaktiven Abfälle“<sup>2</sup> der eigentlichen Standortauswahl voran. Somit ist eine der Leitfragen von ENTRIA unmittelbar mit dem gesetzlichen Arbeitsauftrag der „Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“ verbunden. Auf Grund dieser inhaltlichen Nähe

wünschen sich die in ENTRIA organisierten Einrichtungen einen engen Austausch mit der Kommission. ENTRIA stellt der Kommission, aber auch allen übrigen beteiligten Akteuren, Ergebnisse der Forschungsarbeit zur Verfügung. Ein erster Beitrag dazu ist dieses Memorandum. Es zielt darauf ab, wesentliche Probleme und Spannungsfelder zu bestimmen, die auf dem Weg zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe auftreten und die zugrundeliegenden Annahmen kritisch zu reflektieren. Aussagen zur Eignung konkreter Standorte werden nicht getroffen.

## 1.1. Wicked Problem

Ausgangspunkt der Forschung in ENTRIA ist, dass der Umgang mit hochradioaktiven Reststoffen ein technologisches und gesellschaftspolitisches Problem von extremer Komplexität ist. Deshalb bezeichnet ENTRIA den Umgang mit den radioaktiven Reststoffen als „wicked problem“, was mit „verzwicktes Problem“ ohne einfache Lösung

übersetzt werden kann. Bei „wicked problems“ gehören bereits die Art und Weise der Problembeschreibung, die verwendeten Begrifflichkeiten und die Frage, was als Lösung angesehen wird, zur Problematik hinzu.

Auf den ersten Blick eindeutige Begriffe sind aufgrund des Verhältnis-

---

<sup>2</sup> Der Begriff „radioaktive Reststoffe“ umfasst nach dem Atomgesetz (AtG) geordnet zu beseitigende radioaktive Abfälle sowie Stoffe, die verwertet werden können. Das AtG schließt die Abgabe von bestrahlten Kernbrennstoffen zur Aufarbeitung aus, so dass alle wärmeentwickelnden (hochradioaktiven) Reststoffe als Abfälle geordnet zu beseitigen sind.

ses von Kern- und Nebenbedeutungen nicht neutral; sprachliche Festlegungen können vielmehr Bedeutungen haben, die je nach Rezipient, Interessen oder Kontext variieren. So könnte beispielsweise „Endlager“ – je nach Lesart – das wartungsfreie Tiefenlager nahelegen, „Entsorgung“ den sorgenfreien Umgang mit den radioaktiven Reststoffen, „Abfall“, dass die Stoffe rasch beseitigt werden können, und „Reststoffe“, dass eine weitere Behandlung oder Verwertung nicht grundsätzlich ausgeschlossen ist. Bei „wicked problems“ stellt sich auch die Frage, was als eine durch positive Zuschreibungen („gut“, „fair“, „sachgerecht“, „sicher“, „akzeptabel“, „legitim“, „optimal“ usw.) qualifizierbare Lösung gelten kann. Aus diesem Grund strebt ENTRIA eine problemorientierte Reflexion der verwendeten Begrifflichkeiten an.

Aus einer Reihe von Gründen – u.a. wegen der Vielzahl der zu berücksichtigenden Interessen sowie der Unmöglichkeit, Risiken vollständig zu vermeiden – wird es im Umgang mit den radioaktiven Reststoffen keine ideale Lösung geben. Daher kommt es darauf an, Unterschiede von verschiedenen möglichen Lösungen und die jeweiligen Zielkon-

flikte sichtbar zu machen. Unterschiede werden durch einen kriteriengestützten Vergleich herausgestellt. Dies verpflichtet zur Erarbeitung eines sachgerechten und differenzierten Kriterienkatalogs. Allerdings macht ein solcher Katalog Wertentscheidungen nicht überflüssig, sondern lediglich bewusst. Auch das StandAG beauftragt die Kommission und die mit der Entsorgung befassten Institutionen, solche Kriterien festzulegen. Eine in diesem Sinne vertretbare Lösung wird sich dabei vor allem um die Optimierung sowohl der sicherheitstechnischen als auch der prozeduralen Dimensionen des Problems bemühen müssen.

Die Verantwortung für die Entsorgungsfrage zukünftigen Generationen zu überantworten, während die Herausforderung im Umgang mit den Reststoffen nicht sinkt, ist keine Lösung. Wer davon ausgeht, dass bestimmte notwendige oder wünschenswerte Bedingungen für eine Problemlösung gegenwärtig nicht erfüllt seien, legt die Annahme nahe, dass diese Bedingungen sich in näherer oder fernerer Zukunft verbessern werden. Dies ist aus unserer Sicht keineswegs sicher. Unterlassungen sind auch Handlungen, die Gerechtigkeitsfragen aufwerfen.

Wer beispielsweise für eine oberflächennahe Einlagerung mit einfacher Rückholbarkeit plädiert, hält es möglicherweise für wahrscheinlich, dass Lösungen, die uns heute noch „exotisch“ oder „utopisch“ anmuten, in Zukunft realisiert werden könnten. Dies erfordert Forschungs- und Entwicklungs-Aktivitäten, deren Kosten in Zukunft anfallen werden und die Bereitschaft folgender Generationen, diese Kosten zu tragen. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass sich die politischen Randbedingungen der Problemlösung in Zukunft verschlechtern werden. Es könnte auch der Fall sein,

dass gegenwärtig eine gute Gelegenheit, ein „window of opportunity“ für eine gesamtgesellschaftlich vertretbare Lösung besteht. Auch künftig wird mit der Fehlbarkeit allen Wissens („Fallibilität“) und den Grenzen der sozialen, technologischen und geologischen Prognostik argumentiert werden können. ENTRIA bejaht daher die heutige Übernahme von Verantwortung und entsprechendes Handeln in der Gegenwart. Diese Übernahme ist unabhängig von der Bewertung der Möglichkeit, Entscheidungen später zu korrigieren (Reversibilität).

## 1.2. Risikoproblematik und NIMBY

Die Einsicht, dass Lösungen ohne Risiko ausgeschlossen und ideale Lösungen nicht erreichbar sind, zwingt zu einer Analyse der Risikoproblematik. Hier ist nur darauf hinzuweisen, dass Risikotheorien unterschiedliche Annahmen über Entscheidungsrationalität zugrunde legen und das Thema Risiko unterschiedlich konzipieren. Die konzeptionellen Differenzen sind häufig ethisch folgenreich. Der Wunsch, einen hohen Standard an Sicherheit zu erreichen, kann zwar als allgemeinverbindlich unterstellt werden, der Teufel aber steckt in Details, die

durch ein öffentliches Pochen auf den Grundwert der Sicherheit nicht sachgerecht thematisiert werden können. Verschiedene Sicherheitsaspekte können unterschiedlich korreliert und priorisiert werden. Oberhalb bestimmter Standards ist von einem Kompromiss zwischen einem Zugewinn an Sicherheit und steigenden Kosten auszugehen. Wer geltend macht, dass keine gegenwärtig erreichbare Lösung nach seinen Maßstäben sicher genug sei, muss für eine intensivierete Forschung eintreten und in der Zwischenzeit den Anrainern von Zwi-

schenlagern ein Risiko zumuten, das beispielsweise durch eine zentrale Lagerung gesenkt würde. Die hohen Ansprüche an Sicherheit wären dann für die von dieser Entscheidung Betroffenen nicht gültig.

Der Gesetzgeber hat den Export von radioaktiven Reststoffen ins Ausland ausgeschlossen und entschieden, die Entsorgung in Deutschland zu verwirklichen. Aber der bloße Umstand, in der engeren Wahl für eine Einlagerung zu sein, erscheint den Einwohnern von potenziell geeigneten Standortregionen zunächst als ein Übel, nämlich als Verbindung aus Belästigung und

Gefährdung. Dieser Umstand zwingt, auch die sogenannte NIM-BY-Problematik („Not-In-My-Back-Yard“) zu reflektieren. Wer sich gegen einen bestimmten Standort wendet, dem wird Eigennutzorientierung unterstellt und es wird eine Gemeinwohlorientierung und eine entsprechende „Opferbereitschaft“ angemahnt. Auch diese Art der impliziten Moralisierung ist zu hinterfragen; im Zusammenhang damit stellt sich ferner die Frage der Rechtfertigung von Anreizen oder Kompensationen.

### 1.3. Das Standortauswahlgesetz – ein Neuanfang?

Mit dem StandAG wird der Versuch eines Neuanfangs unternommen. Dieser Neuanfang ist nicht voraussetzungslos. Voraussetzungen können sowohl materieller als auch geistiger Natur sein. So besteht eine materielle Voraussetzung darin, dass wegen der bereits existierenden Zwischenlager sowie der bekannten geologischen Verhältnisse eine „weiße Deutschlandkarte“ de facto nicht existiert. Zu den geistigen Voraussetzungen können auch Vorurteile des Denkens gehören. Diese sind allerdings in der Sache

unvermeidbar. Es kommt aus Sicht von ENTRIA vielmehr darauf an, sich kritisch damit zu beschäftigen. Da einzelne Personen ihre „blinden Flecken“ in der Regel nicht selbst erkennen können, ist die analytische Rekonstruktion von Voraussetzungen und Vorurteilen eine gemeinschaftliche Aufgabe, die im Diskurs zu lösen ist. Dies gilt für ENTRIA und ebenso für die Verbindungen aus wissenschaftlicher und politischer Debatte in dem jetzt begonnenen zweiten Versuch der Problemlösung.

Der Neuanfang folgt dem früheren Versuch einer Standortsuche, der von schweren politischen Konflikten geprägt war und der bei vielen Akteuren aus der Zivilgesellschaft zu erheblichem Vertrauensverlust gegenüber einer wissenschaftlich gestützten, administrativ organisierten und rechtsstaatlich verfassten Standortauswahl geführt hat. Die Geschichte Gorlebens und die Situation in der Schachanlage Asse II können herangezogen werden, um die Berechtigung eines grundsätzlichen Misstrauens zu plausibilisieren und Widerstandserfahrung als eigene Form des Wissens zu beanspruchen. Diese Ambivalenz von versuchtem Neubeginn und dem Überhang der Geschichte in die Gegenwart macht den zweiten Versuch paradox: Er verspricht, es beim zweiten Mal besser zu machen, und ist doch in ein gewachsenes Geflecht von sozialen Prozessen verstrickt, in denen bestimmte Erfahrungen, Positionen und Wertungen vorhanden sind. Dieses Paradox erscheint nur auflösbar, wenn die Wissensbestände der verschiedenen Akteure anerkannt und diese Akteure auf Augenhöhe in die Entscheidungsfindung einbezogen werden.

Weiterhin haben sich einige politische Randbedingungen für einen erfolgreichen zweiten Versuch durch den Beschluss zum Ausstieg aus der Erzeugung von Kernenergie verbessert. Aus der ursprünglichen Frage: „Darf man überhaupt eine Energieerzeugung betreiben, die neben der Gefahr eines Reaktorunfalls und der Proliferation nuklearen Materials gefährliche Reststoffe produziert?“ ist – da die ursprüngliche Frage momentan mehrheitlich mit Nein beantwortet worden ist – die Frage geworden: „Wohin nach Beendigung der Laufzeiten mit den radioaktiven Reststoffen?“ Aus Sicht von ENTRIA ist in dieser neuen Lage eine Beteiligung der Umweltverbände, der Bürgerinitiativen und aller anderen interessierten zivilgesellschaftlichen Akteure wünschenswert, die in der Vergangenheit ihre Kritik im Kontext einer prinzipiellen Opposition gegen die Kernenergie artikuliert haben und eigene Belange, Standpunkte und Interessen formulieren. Faire Angebote zur Einbindung zivilgesellschaftlicher Akteure in den Prozess der Entscheidungsfindung sowie die Durchführung direkt-partizipativer Verfahren – wie etwa Bürgerforen – sind aber nicht voraussetzungslos. Sie erfordern die aktive und auch finanzielle staatliche Unterstützung.

Für ENTRIA ist die Einbindung der Zivilgesellschaft und der Öffentlichkeit eine wesentliche Voraussetzung für den zweiten Versuch. ENTRIA hofft, dass auch das vorliegende

Memorandum zu einer verbesserten Kommunikation zwischen Wissenschaft, Politik und kritischer Öffentlichkeit beiträgt.

## 1.4. Internationale Rahmenbedingungen

Das Problem der Entsorgung hochradioaktiver Reststoffe besteht nicht nur in Deutschland, sondern in allen Ländern, die Kernkraftwerke betreiben oder in Betrieb hatten. Aber auch internationale Organisationen wie die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) oder die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und die Europäische Union (EU) beschäftigen sich mit der Entsorgung von radioaktiven Reststoffen und geben Empfehlungen, Regeln und Richtlinien vor, die für den Umgang mit radioaktiven Reststoffen relevant und teilweise auch verbindlich sind. Das Problem ist somit in eine nationale, europäische und internationale Mehrebenenpolitik eingebettet.

Die Londoner Konvention zum Schutz der Meere verbietet das Verklappen von radioaktiven und industriellen Abfällen im Meer. Von internationalen und nationalen Organisationen wird vertreten, dass

sich auch Entsorgungsoptionen wie z.B. die Verbringung in die Antarktis oder in den Weltraum aufgrund hoher Risiken, technischer Probleme und wegen der Vorgaben durch internationale Abkommen verbieten. Die Aarhus Konvention garantiert jeder Person Information über Umweltfragen, die Beteiligung an Verwaltungsverfahren zu Projekten mit Umweltauswirkungen sowie die Möglichkeit, gegen Umweltbeeinträchtigungen zu klagen. Auch bilaterale Verträge einzelner Länder mit den Wiederaufarbeitungsanlagen in Großbritannien und Frankreich oder die – unverbindlichen – Sicherheitsstandards der IAEO verdeutlichen, dass nationale Entsorgungsprobleme in eine komplexe Mehrebenenpolitik eingebettet sind.

Das Gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle der IAEO (auch „Übereinkommen über die nukleare

Entsorgung“ genannt) sowie die EU-Richtlinie 2011/70/Euratom weisen zunächst auf das Grundprinzip hin, dass die Verantwortung für die sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle letztlich bei den Mitgliedstaaten liegt, auch wenn eine Verbringung in Drittstaaten unter bestimmten Bedingungen zulässig ist. Zugleich enthalten sie Vorgaben für den Umgang mit den Reststoffen. So fordert das „Übereinkommen über die nukleare Entsorgung“ für die Wahrnehmung regulatorischer Aufgaben die Unabhängigkeit von Betreiberfunktionen und die EU-Richtlinie eine funktionale Trennung der Regulierungsbehörde von einem möglichen Betreiber eines Endlagers.

Nach der EU-Richtlinie müssen alle Mitgliedstaaten, die Kernkraftwerke betreiben, bis zum 23. August 2015 nationale Entsorgungsprogramme und Zeitpläne an die EU übermitteln. In der EU-Richtlinie wird zum Beispiel die Tiefenlagerung als „sicherste und ökologisch tragfähigste Option“ für hochradioaktive Abfälle und verbrauchte Kernbrennstoffe (sofern diese als Abfall betrachtet werden) bezeichnet. Die Zwischenlagerung als dauerhafte Alternative hierzu wird ausgeschlossen. Zur Dringlichkeit der Umset-

zung oder zu Fragen der Rückholbarkeit werden hingegen keine Aussagen gemacht.

Auch der Bereich der Forschung und Entwicklung ist in internationale Zusammenhänge eingebettet. Zwar erfordern unterschiedliche Kernenergieprogramme, Abfallinventare, Wirtsgesteine, Anlagenkonzepte oder politische, gesellschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen auch Unterschiede in den nationalen Forschungsprogrammen. Jedoch haben eine Vielzahl von internationalen wissenschaftlichen Programmen, z.B. in Untertagelaboren, von Projekten der IAEA, der EU oder der OECD große thematische Schnittmengen. Die in diesen Projekten vorhandenen bzw. entstehenden Wissensbestände sind wichtige Orientierungspunkte für die Forschungsarbeiten von ENTRIA.

Hinsichtlich der Auseinandersetzung mit strategischen Fragen zur oberirdischen Zwischenlagerung sowie zur Rückholung, Bergung und Wiederauffindbarkeit radioaktiver Abfälle und der hierzu relevanten Kriterien kann auf Erfahrungen in Kanada und Großbritannien zurückgegriffen werden. Auch die Erfahrungen und Erkenntnisse zur Standorterkundung in Finnland,

Frankreich und Schweden oder zu Lagerkonzepten in verschiedenen Wirtsgesteinen sind wichtige Referenzpunkte.

Nationale Vorgehensweisen auf fachlicher und politischer Ebene stellen einen weiteren Bereich der Mehrebenenpolitik dar. Dass bisher viele Staaten eigene Handlungsansätze entwickelt haben, lässt sich nicht allein auf gesetzliche Randbedingungen oder geologische Gegebenheiten zurückführen. Vielmehr gibt es auf nationaler Ebene Besonderheiten im politischen Verhältnis gesamtstaatlicher, regionaler und lokaler Verwaltungsebenen. Sowohl institutionelle Arrangements als auch lokale Eigenheiten, aber auch akteursspezifische „Eigenwilligkeiten“ spielen also eine Rolle.

Die Herausforderung, die Entsorgung wärmeentwickelnder Reststoffe in der föderalen Struktur der Entscheidungsfindung in Deutschland anzugehen, ist auch wegen dieser Mehrebenendynamik mit einem Rechtsrahmen wie dem StandAG noch nicht gelöst. Das Gesetz muss erst mit Leben und insbesondere mit ebenenübergreifenden, akzeptierten oder wenigstens weitgehend tolerierten Verfahren ausgestaltet werden. Diesem Zusammenhang

muss bei Abwägungen zwischen fachpolitischen Optionen, strategischen Fragen und insbesondere auch bei Standortvergleichen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Schon der Standortauswahlprozess, wie er im StandAG vorgesehen ist, ist eine solche Besonderheit, die es in dieser Form in anderen Ländern bisher noch nicht gegeben hat; Erfahrungen aus dem Schweizer Sachplanverfahren müssten – auch angesichts anderer politischer und rechtlicher Rahmenbedingungen – auf ihre Übertragbarkeit hin überprüft werden.

## 2. Entsorgungsstrategie und Anlagentypen

Die Ansprüche an Standorte für Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe und damit die Festlegung von Auswahlkriterien im Rahmen eines Standortauswahlprozesses richten sich nach dem jeweiligen Anlagentyp und dem damit verbundenen Sicherheitskonzept. Hierüber kann nur entschieden werden, wenn Klarheit über die Entsorgungsstrategie (Schritte, Zeitpläne, Anlagen, Standorte, Transportwege) besteht. Bei dieser Frage muss prozedurale Fairness und ein angemessenes Niveau von Partizipation hergestellt werden. Da diese Sachverhalte der Standortauswahl systematisch vorgelegt sind, ist es nicht angemessen, Beteiligung erst bei der Standortauswahl herzustellen. Daher plädiert ENTRIA für prozedurale Fairness und Partizipation auch bei der Bewertung von Anlagentypen.

Angesichts der Vielzahl denkbarer Entsorgungsstrategien und damit einhergehender Anlagentypen hat sich ENTRIA im Interesse einer Reduzierung der Komplexität und damit einer Verdeutlichung prinzipieller Fragen entschieden, zunächst die drei in Kapitel 1 genannten Entsorgungsoptionen zu betrachten. Dies geschieht in dem Bewusstsein,

dass jede dieser Optionen mit einem Spektrum möglicher Anlagentypen verbunden ist. So fasst ENTRIA z.B. die Typen „oberirdische Trockenlagerung“ und „Nasslagerung einige Dutzend Meter unter der Erdoberfläche“ in der Option „Oberflächenlagerung“ zusammen. Exotische Optionen, wie etwa Weltraumverbringung oder Verbringung in Subduktionszonen (Zonen des Abtauchens einer Erdkrustenplatte unter eine andere), werden von ENTRIA nicht betrachtet, da diese bereits in der Vergangenheit Gegenstand von Untersuchungen im In- und Ausland waren und wegen zu hoher Risiken, schlechter Kontrollmöglichkeiten und internationaler Abkommen verworfen wurden.

Jede Entscheidung, die zur Einlagerung der radioaktiven Reststoffe führen soll, wird Auswirkungen etwa auf Fragen der Konditionierung, der Zwischenlagerung und des Transports sowie der diesbezüglichen Abläufe und Zeitpläne haben. Das StandAG lässt hier viele Fragen offen. So bleibt mit den Formulierungen „insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle“ und „insbesondere hoch radioaktive Abfälle“ offen, welches Abfallsspektrum

eingelagert werden soll. Damit ergibt sich die Frage nach der Entsorgung derjenigen Abfälle, die nicht hochradioaktiv bzw. Wärme entwickelnd sind, aber nicht im Endlager „Schachtanlage Konrad“ entsorgt werden können. Insgesamt lässt sich festhalten, dass hinsichtlich Menge und Art dieser Abfälle noch erhebliche Ungewissheiten bestehen. Es ist unbekannt, wann ggf. zurückzuholende radioaktive Abfälle aus der „Schachtanlage Asse II“ entsorgt werden müssen und in welcher Form diese Abfälle vorliegen werden. Für andere Stoffe (z.B. abgereichertes Uran) ist noch ungewiss, ob sie verwertet werden können oder – wie in den Niederlanden

– entsorgt werden. All diese Stoffe unterscheiden sich in ihren physisch-chemischen Eigenschaften deutlich von den Wärme entwickelnden Abfällen. Eine getrennte Einlagerung würde aber die Errichtung eines weiteren Endlagers in Deutschland erfordern. Es stellt sich damit die Frage, für welches Abfallpektrum die Kriterien für die Standortauswahl formuliert werden sollen.

Daher ist die Präzisierung hinsichtlich der Problemstellung (die auch unterschiedliche Problemdeutung berücksichtigt), der Abfallstoffe, der Optionen im Umgang damit und der politischen Verfahrensschritte im Standortauswahlprozess noch zu leisten.

## 2.1. Sicherheit und Reversibilität

Der Schutz von Mensch und Umwelt vor den Gefahren, die von den eingelagerten Reststoffen ausgehen,

wird mit dem englischen Begriff „Safety“ bezeichnet. Dies beinhaltet:

- den Schutz von Bevölkerung, Betriebspersonal und Umwelt vor einer Belastung mit radio- und chemotoxischen Stoffen,
- den Schutz der Bevölkerung und des Betriebspersonals vor Direktstrahlung,
- die Verhinderung kritischer Konfigurationen, also von Situationen, in denen eine Ansammlung spaltbarer Materialien zu einer sich selbst erhaltenden Kettenreaktion führt,

- die sichere Abführung der Zerfallswärme.
- die gleichfalls erforderliche Sicherung gegen unbefugten Zugriff wird mit dem englischen Begriff „Security“ bezeichnet. Dies beinhaltet insbesondere:
- den Proliferationsschutz, also den Schutz vor Entwendung kernwaffenfähiger oder sonstiger radioaktiver Materialien,
- die Verhinderung von Sabotage von außen oder durch das Betriebspersonal.

Die Forderung nach einem unbefristeten Funktionieren eines Lagersystems steht – je nach Sicherheitskonzept in unterschiedlichem Maße – in einem Spannungsverhältnis zur Ungewissheit über geologische Formationen oder technische Barrieren wie auch über die Beständigkeit von gesellschaftlichen Institutionen und Wertvorstellungen. Eine weitere Spannung ergibt sich daraus, dass einerseits Belastungen künftiger Generationen gering gehalten werden sollen, während andererseits eine gewisse Flexibilität im Umgang mit den Reststoffen möglich sein soll. Flexibilität wird beispielsweise gefordert, um auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren bzw. die Reststoffe später gegebenenfalls als Wertstoffe nutzen zu können. Bessere Zugriffsmöglichkeiten erhöhen allerdings auch das Proliferationsrisiko sowie die radiologischen

Belastungen während des Betriebs der Anlage. Weiterhin besteht eine Diskrepanz zwischen (1) der Hoffnung auf technische Weiterentwicklung und (2) der Unmöglichkeit, technologische und gesellschaftliche Entwicklungen zu prognostizieren. Die verschiedenen Betrachtungsweisen von Risiken bilden ein eigenes Spannungsfeld (siehe unten). Je nach Wertung konkurrieren gegensätzliche Forderungen: Langfristig sicherer Einschluss einerseits, Reversibilität andererseits. Hierbei bezeichnet Reversibilität allgemein die Möglichkeit, getroffene, auch bereits umgesetzte, Entscheidungen rückgängig zu machen. Rückholbarkeit dagegen bezeichnet die geplante technische Möglichkeit, die Einlagerung von Reststoffen rückgängig zu machen.

Alle betrachteten Entsorgungsoptionen benötigen robuste und tech-

nisch sichere Systeme und professionelle zuständige Institutionen. Die technischen Systeme beinhalten jeweils spezifische Risiken und erfordern daher angemessene Sicherheitsvorkehrungen. Mit steigendem Wartungsaufwand der jeweiligen Option steigen die radiologischen, finanziellen und institutionellen Belastungen in der Zukunft. Professionell zuständige Institutionen stellen sich der Herausforderung, die Auseinandersetzung über und die Umsetzung des Sicherheits- und Risikomanagements zu begleiten und Fehler im Rahmen der optionsspezifischen Grundsatzentscheidungen zu korrigieren.

Unabhängig von der Wahl der Entsorgungsstrategie sollten bereits

heute politische und ökonomische Strukturen und institutionelle Rahmenbedingungen entwickelt sowie Ressourcen bereitgestellt werden, um einen bestmöglichen Schutz von Mensch und Umwelt zu gewährleisten. Darüber hinaus besteht eine Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen, denen ermöglicht werden muss, die je nach Lagersystem notwendigen Organisations-, Aufsichts- und Kontrollaufgaben wahrzunehmen (siehe Kap.4). Zur Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen gehörten auch die Abschätzung des diesbezüglichen Aufwandes und die konzeptionelle Planung notwendiger Begleitprozesse.

## 2.2. Langfristige Oberflächenlagerung

Die Oberflächenlagerung erfordert fortgesetztes Handeln des jeweiligen Betreibers, die fortlaufende Überwachung des technischen Zustands der jeweiligen Anlage und ihrer Umgebung, die Fähigkeit, im Fall von Problemen adäquat zu reagieren sowie die Bewachung der Anlage. Schließlich ist auch eine Bewahrung und Gewährleistung der fortlaufenden Nutzbarkeit der Dokumentationen zu den eingelagerten

Stoffen erforderlich. Zwar ist Oberflächenlagerung geübte Praxis, die angestrebten und genehmigten Lagerzeiten erstrecken sich jedoch aufgrund der Lebensdauer sicherheitsrelevanter Komponenten und der Ungewissheit hinsichtlich der Aufrechterhaltung der notwendigen institutionellen Rahmenbedingungen nur über einige Jahrzehnte. Die Endgültigkeit einer solchen Lösung ist weder vorgesehen noch vorseh-

bar. Dies gilt auch für die langfristige Oberflächenlagerung, wie sie für mindestens 100 Jahre von den Niederlanden umgesetzt ist und in Frankreich erforscht wird. Nach einer zu definierenden Zeitspanne müssen die Reststoffe neu behandelt bzw. entsorgt werden. Falls innovative Lösungen für den Umgang mit Reststoffen nach Ablauf des Lagerzeitraumes nicht gefunden sind, muss die Diskussion über klassische Entsorgungsoptionen neu geführt werden.

Das StandAG fordert in § 4 Absatz 2 Satz 1 die Erarbeitung von Vorschlägen zur Beurteilung und Entscheidung der Frage, ob anstelle einer unverzüglichen Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen andere Möglichkeiten für eine geordnete Entsorgung dieser Abfälle wissenschaftlich untersucht und bis zum Abschluss der Untersuchungen die Abfälle in oberirdischen Zwischenlagern aufbewahrt werden sollen.

Eine solche Beurteilung erfordert insbesondere Abwägungen hinsichtlich der relevanten Zeiträume und entsprechenden Genehmigungen sowie der Chancen und Risiken eines Vorgehens dieser Art. Neben der organisatorischen Kapazität be-

trifft dies die Lebensdauer sicherheitsrelevanter technischer Komponenten und den Einfluss von Alterungseffekten auf Abfallformen und Behälter im eigenen Strahlungsfeld. Selbst bei einer Entscheidung für ein Tiefenlager und unverzüglichem Vorantreiben des Verfahrens wird der jetzige veränderbare Zustand noch mindestens einige Jahrzehnte erhalten bleiben. Die entscheidende Frage lautet somit, für welche Zeiträume Reversibilität gewährleistet werden sollte, da grundsätzlich zwischen dem Anspruch unbefristeter und der Faktizität befristeter Reversibilität zu unterscheiden ist.

Es ist jedoch bereits jetzt offensichtlich, dass der derzeit in Deutschland für die Zwischenlagerung vorgesehene Zeitraum von maximal 40 Jahren vom Beginn der ersten Einlagerung eines Behälters an (z.B. 1995 für das Zwischenlager in Gorleben) nicht ausreichen wird: Auch wenn - wie im StandAG vorgesehen - das Standortauswahlverfahren im Jahr 2031 abgeschlossen sein sollte, werden aufgrund des Genehmigungsverfahrens und der Errichtung der Anlage weitere Jahre vergehen, ehe die erste Einlagerung von Reststoffen erfolgen kann. Angesichts dessen und um wegen der Pla-

nungsunsicherheiten Zeitreserven zu schaffen, ist eine Weiterentwicklung der Option Oberflächenlagerung für längere Zeiträume sinnvoll. Auch hier stellt sich die Frage, welche Zeiträume vorzusehen sind und ob auf existierende Zwischenlager zurückzugreifen ist oder Neuerrichtungen einzuplanen sind.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit der zentralen oder der dezentralen Oberflächenlagerung. Bei Errichtung eines zentralen Lagers steht einer höheren Anzahl notwendiger Transporte Das Risiko einer

Freisetzung an nur einem statt vieler Standort gegenüber. Daran schließen sich die Fragen an, inwieweit die existierenden Zwischenlager weiter genutzt werden können, wie groß sinnvolle Lagerkapazitäten sein müssen, ob Kapazitäten zur Überwachung, Wartung und Konditionierung an einem oder mehreren Standorten vorgehalten werden müssen, welche Kosten entstehen und ob eine dezentrale Lagerung mit dem Minimierungs- und Rechtfertigungsgebot des Strahlenschutzes vereinbar ist.

## 2.3. Tiefenlagerung

Eine Tiefenlagerung nutzt im Gegensatz zur Oberflächenlagerung die Langzeitstabilität bestimmter geologischer Formationen. Dieser Ansatz stützt sich auf günstige thermische, hydraulische, mechanische und geochemische Eigenschaften mehrerer hundert Meter mächtiger Gesteinsformationen, z.B. stagnierende Grund- und Tiefenwässer und die Abwesenheit von Luft-Sauerstoff. Dadurch wird die Korrosionsstabilität der technischen Barrieren deutlich erhöht. Einschluss und Isolation in großer Tiefe implizieren somit ein hohes Maß an Robustheit. Die Auswirkungen äußerer Einflüs-

se wie Klimaänderungen oder gewaltsamer Konflikte, die Wahrscheinlichkeit einer Gefährdung durch Terrorismus und die Möglichkeit unautorisierter Zugriffe auf Spaltstoffe sind, im Vergleich zu den anderen Optionen, deutlich geringer.

Tiefenlagerung soll den Schutz von Mensch und Umwelt vom Zeitpunkt des Lagerverschlusses an unabhängig von menschlichen Handlungen gewährleisten. Dies wird als „inhärente Sicherheit“ oder auch „passive Sicherheit“ bezeichnet.

Inhärente Sicherheit kann über die geforderten Einschlusszeiträume in der Größenordnung von einer Million Jahren nicht zweifelsfrei gewährleistet werden. Auch im Falle eines inhärent sicheren Systems bleiben gesellschaftliche, technische und geologische Ungewissheiten und Unsicherheiten bestehen. Die Frage, wie sich zukünftige Generationen hinsichtlich der Anlagen verhalten werden, lässt sich nicht beantworten. Die Nutzung geowissenschaftlicher Evidenz allein ist nicht hinreichend, da Geosysteme durch die Errichtung und Einlagerung deutlich gestört werden, etwa durch mechanische, hydraulische, thermische oder chemische Einflüsse. Je nach Geosystem und Wirtsgestein werden technische Konzepte verwendet, die deren Stärken ausnutzen und Schwächen kompensieren. Dabei ist die Lastenverteilung zwischen geogenen und technogenen Komponenten stark vom jeweiligen Konzept abhängig.

So setzt z.B. das in Deutschland entwickelte Konzept des „einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ primär auf ein Verhindern oder Verzögern fluidgetragener Migration durch Eigenschaften des Wirtsgesteins (z.B. durch Wasserundurchlässigkeit im Steinsalz oder

geringe Durchlässigkeit und chemische Rückhaltung im Tonstein), also auf geogene Barrieren im Verbund mit geotechnischen Barrieren (Verschlussbauwerke, Versatz). Dagegen soll im schwedisch-/finnischen Konzept zur Einlagerung in kristallinen Gesteinen ein mit Kupfer ummantelter Abfallbehälter für den Einschluss der Schadstoffe über (einige) hunderttausend Jahre sorgen. Ein den Behälter umgebendes Tonmaterial (Bentonit) sorgt für mechanische und chemische Stabilität und wirkt als „Reservebarriere“. Während sich Aussagen zur Funktion geogener Barrieren auf geowissenschaftliche Evidenz zur Langlebigkeit geologischer Formationen und ihrer spezifischen Eigenschaften stützen, beruhen entsprechende Aussagen für technogene Komponenten auf deren industrieller Herstellbarkeit und Prüfbarkeit.

Tiefenlagersysteme sind Unikate, deren Funktionieren nicht im Ganzen getestet werden kann. Ungewissheiten und Unsicherheiten ergeben sich aus naturwissenschaftlicher Sicht vor allem wegen der langen Betrachtungszeiträume, der räumlichen Erstreckung und Heterogenität des Geosystems und der Komplexität der dort ablaufen-

den physikalischen und chemischen Prozesse.

Bei Wechsel der Perspektive von der naturwissenschaftlichen auf die sozialwissenschaftliche Seite ergeben sich kritische Nachfragen insbesondere bei der überwachten Lagerung (Optionen: Tiefenlagerung mit Rückholbarkeit, Oberflächenlagerung). Die dafür notwendige Stabilität gesellschaftlicher Rahmenbedingungen stellt eine besondere Herausforderung dar, die mit den historischen Erfahrungen nur schwer in Einklang zu bringen ist (Kriege, Grenzverschiebungen, ökonomische Krisen etc.). Der Wunsch nach der Möglichkeit zur Fehlerkorrektur ist jedoch plausibel und führt zur Forderung nach Überwachungsmöglichkeiten und Rückholbarkeit. In der Praxis kommen für die Rückholbarkeit verschiedene Ansätze in Frage. Es ist beispielsweise denkbar, das Endlagerbergwerk oder Teile davon offen zu halten. Dies erfordert bergtechnischen Ausbau und Wartung. Alternativ ist es möglich, das Endlagerbergwerk oder Teile davon zwar zu verschließen, aber in einer Form, die eine Rückholung erlaubt und planbar macht, oder das Verschließen so zu organisieren, dass der Aufwand für eine Rückholung schrittweise steigt.

Diese Ansätze sind für unterschiedliche Wirtsgesteine unterschiedlich gut umsetzbar. Je nach Konzept können sie allerdings zur Beeinträchtigung der Einschlusswirkung technischer und geologischer Barrieren führen. So können in Anwesenheit von Grubenluft Korrosionsprozesse, Karbonatisierung und mikrobielle Aktivitäten die Stabilität der Abfallmatrices, Abfallbehälter und Grubenbauten gefährden. Bei teilweiser oder vollständiger Offenhaltung sind zudem Überwachung, Wartung und Sicherung des Tiefenlagers notwendig. Für den Offenhaltungszeitraum ergeben sich ähnliche Anforderungen hinsichtlich der kontinuierlichen Bereitstellung von geschultem Fachpersonal und technischen Einrichtungen zum Betrieb wie bei einer Oberflächenlagerung. Die Offenhaltung eines Lagers oder die Verwendung dauerhafter robuster Behälter, die eine Rückholung erleichtern, begünstigen gleichermaßen einen unerlaubten Zugriff – etwa im Zusammenhang mit kriegerischen Konflikten oder terroristischen Aktivitäten.

Vorkehrungen zur Rückholbarkeit könnten über den Betriebszeitraum von einigen Jahrzehnten vorgesehen werden. Eine inhärente Sicherheit kann in jedem Fall erst nach ei-

nem Verschluss der gesamten Anlage und damit dem Verzicht auf einfache Rückholbarkeit erreicht werden. Ein Tiefenlager mit Vorkehrungen zur Überwachung und Rückholbarkeit wäre also eine Anlage, deren späterer Verschluss vorgesehen werden sollte. Der Widerspruch zwischen Vorkehrungen zur Überwachung und Rückholbarkeit und dem Ziel der Sicherheit und Robustheit der verschlossenen Anlage lässt sich allerdings nicht ohne weiteres auflösen. Über Offenhaltung oder Verschluss werden künftige Generationen befinden müssen.

Generell gilt jedoch, dass alle heute notwendigen Entscheidungen unter Bedingungen der Unsicherheit und der Vorläufigkeit von Wissen zu treffen sind. Entsprechend sind Prüfungen von Alternativen zu den verschiedenen Teilkonzepten der Optionen vorzunehmen und kritisch gegeneinander zu stellen (z.B. bei den Einlagerungs- und Verschlussvarianten, die bei der rückholbaren Tiefenlagerung zu bedenken sind).

Hinsichtlich der Wahl einer Entsorgungsstrategie und Sicherheitstechnik ergeben sich also folgende Spannungsfelder:

- unbefristetes Funktionieren des Lagersystems – Ungewissheit über die Beständigkeit des gesellschaftlichen Systems.
- Belastungen künftiger Generationen gering halten – Flexibilität im Umgang mit den nuklearen Reststoffen.
- Hoffnung auf technische Weiterentwicklung hinsichtlich innovativer Entsorgungsoptionen – Skepsis bezüglich des gesellschaftlichen und technologischen Fortschritts und seiner Randbedingungen.
- leichte Zugänglichkeit, langfristige Überwachungsmöglichkeit und Reversibilität – langfristig sicherer Einschluss (Safety).
- Zugriffsmöglichkeit unter Inkaufnahme von Proliferationsrisiko – Sicherung gegen unbefugten Zugriff (Security).
- Strategie des Aufschiebens – Vorantreiben einer Entsorgungsoption.

- Sicherheit durch fortgesetztes Handeln unter Inkaufnahme radio-  
logischer, finanzieller und institutioneller Belastungen – inhärente  
Sicherheit unter Inkaufnahme von Endgültigkeit.
- zentrale Anlage mit erhöhtem Transportaufkommen – dezentrale  
Lager mit erhöhtem Aufwand.
- Vertrauen auf überwiegend geogene Barrieren im Tiefenlager – Ver-  
trauen auf überwiegend technogene Barrieren im Tiefenlager.

Die Auflösung von derartigen Span-  
nungsverhältnissen kann niemals  
völlig wertfrei erfolgen. Die neben  
vielen Sachinformationen in die Auf-  
lösung von Spannungen notwendi-  
gerweise einfließenden normativen

Prämissen können nur aus heutiger  
Perspektive gerechtfertigt und kriti-  
siert werden. Damit ist für alle Betei-  
ligten ein Höchstmaß an Verantwor-  
tung impliziert.

### 3. Risiko und Sicherheit

Im Folgenden wird der Begriff Risiko mit der Möglichkeit eines Schadens in Verbindung gebracht. Der Begriff des Schadens ist notwendigerweise normativ und setzt Annahmen über Schutzgüter voraus (Leben, leibliche Unversehrtheit, Gesundheit, Sachwerte usw.). Weil situationsbedingt eine Abwägung zwischen Schutzgütern unausweichlich ist, müssen die einer Abwägung zugrundeliegenden Normen und Werte identifiziert werden. Dies schließt die zeitliche Dimension des Schutzes ein.

Sicherheit indes ist ein relativer Begriff, der auf die Wahrscheinlichkeit des Eintritts von Schäden abhebt. Auch wenn Sicherheit als Wert unstrittig und positiv besetzt ist und ihm das Risiko als Negativum gegenübersteht, beziehen sich beide Begriffe konzeptionell folgendermaßen aufeinander: Wird die Sicherheit erhöht, verringert sich das Risiko, und umgekehrt.

Der Umgang mit gesellschaftlich relevanten Risiken umfasst in der klassischen Perspektive drei Schritte: (1) In einer Risikoanalyse werden Schadensszenarien entwickelt, die Eintrittswahrscheinlichkeiten für

bestimmte Schäden sowie das potentielle Ausmaß der Schäden werden abgeschätzt und Aussagen zu Ungewissheiten getroffen. Üblicherweise wird das Risiko dabei als Produkt aus Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit kalkuliert. Dies ist insofern eine Verkürzung, als weder die Verteilung von Nutzen und Risiken in Raum und Zeit noch die Streuung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen berücksichtigt wird. Die Verkürzung impliziert auch ein Element der Wertung oder Beurteilung: Es wird vorausgesetzt, dass hohe potenzielle Schadensausmaße durch entsprechend niedrigere Eintrittswahrscheinlichkeiten kompensiert werden. Risiken können auch als externe Effekte analysiert werden, und Freiwilligkeit oder Unfreiwilligkeit der Risikoübernahme ist in die Analyse einzu beziehen.

(2) Im Schritt der Risikobeurteilung wird entschieden, ob das Risiko als akzeptabel gelten kann. Ist das nicht der Fall, werden (3) im Risikomanagement Maßnahmen geplant und umgesetzt, um das Risiko auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Hierbei ist der Begriff des Akzeptablen zu differenzieren in Akzeptanz

und Akzeptabilität. Der Begriff der Akzeptanz bezieht sich auf die Frage, ob etwas faktisch Zustimmung findet oder nicht, während sich der Begriff der Akzeptabilität auf die Frage bezieht, ob etwas im Lichte aller diskutierten Gründe Zustimmung verdient oder nicht. Akzeptanz und Akzeptabilität können daher konvergieren oder divergieren.

In der interdisziplinären Risikoforschung sind neben der Risikowahrnehmung von Laien, die über Umfragen als repräsentative Individualdaten erhoben werden, auch weitere Typen von Risikowahrnehmungen zu berücksichtigen. Dazu gehören Risikowahrnehmungen, die in der interessierten Öffentlichkeit und von kollektiven Akteuren betont werden, die in der fachpolitischen Auseinandersetzung um Entsorgungsfragen beteiligt sind. Da sich Akteursgruppen wie die letztgenannten in modernen Wissensgesellschaften ebenso auf Expertenurteile zu Schadensausmaßen und Eintrittswahrscheinlichkeiten beziehen, hat problemorientierte Forschung diese Risikowahrnehmungen und -beurteilungen aufzugreifen und deren Stärken und Schwächen aus ihrer Sicht zu diskutieren und zu erläutern. Spätestens bei der planerischen Umsetzung von Sicherheits-

konzepten werden bedeutsame wissenschaftliche Risikowahrnehmungen im Mehrebenensystem debattiert und überprüft; im günstigen Fall setzen sich konsensuell Gemeinsamkeiten bei der Risikobeurteilung durch. Da es sich bei diesen Diskursen aber um komplexe soziale Prozesse handelt, müssen die unterschiedlichen Risikoeinschätzungen, beurteilungen und maßnahmen zum Erreichen von verabredeter Sicherheit „argumentativ“ umgesetzt werden. Diese Prozesse bauen auf das soziale Schließen von Debatten und auf weitgehend konsensuell geteilte Vorstellungen auf. Professionelles Agieren in diesen umstrittenen Risikokontroversen setzt naturwissenschaftliche, argumentative und soziale Kompetenzen besonderer Art voraus und stellt eine besondere Herausforderung dar.

Unterschiedliche Verständnisse und Beurteilungen des Risikos tragen zur gegenwärtigen Konfliktsituation hinsichtlich der Entsorgung radioaktiver Reststoffe bei. Oft entstehen Konflikte zwischen dem naturwissenschaftlich-technischen Verständnis von Risiko und dem Risikoverständnis der Menschen, die von Entsorgungslösungen betroffen sind. Dieses Risikoverständnis, das

auf der jeweiligen individuellen oder kollektiven Risikowahrnehmung beruht, ist vielschichtig. Wichtige Elemente sind zum Beispiel persönliche bzw. gesellschaftliche Kontrollmöglichkeiten, die Freiwilligkeit der Übernahme von Risiken und die Vertrauenswürdigkeit von Informationsquellen. Mögliche Schadensausmaße werden unter Umständen stärker gewichtet als deren Eintrittswahrscheinlichkeiten und besonders hohe Schadensausmaße auch selbst bei sehr niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit als keinesfalls akzeptabel beurteilt, da sie jenseits der subjektiven oder argumentativ berücksichtigten Katastrophenschwelle kollektiver Akteure liegen.

Bei Risikobeurteilung und Risikomanagement fließt schließlich das jeweilige Risikoverständnis darüber ein, ob eine Option als hinreichend sicher betrachtet wird. Das jeweilige Risikoverständnis in seiner Faktizität ist eine dialektische Größe. Es ist einerseits als Ausdruck persönlicher Einstellungen, Wahrnehmungen und Interessen zu respektieren, andererseits kritisch zu hinterfragen, da die Risikoforschung keinen Zweifel daran lässt, dass sich Risikowahrnehmung von statistischer Risikorealität deutlich unterscheidet.

Es gilt, in einem ersten Schritt die Verständigung zwischen Akteuren, die unterschiedliche Risikoverständnisse vertreten, zu erreichen. Ob hierbei ein wirkliches Einvernehmen erzielt werden kann, bleibt jedoch fraglich.

Die Vorstellungen darüber, auf welchen Wegen und mit welchen Mitteln Risiken auf ein akzeptables Maß reduziert werden sollen, divergieren zum Teil stark. Bei der langfristigen Oberflächenlagerung stehen aktive Sicherheitsmaßnahmen im Vordergrund. Dahinter steht die Überzeugung, dass auf dauerhafte gesellschaftliche Kontrolle eher Verlass ist als auf die heutigen Erkenntnisse zu geologischen Tiefenlagern.

Die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen ohne Vorkehrungen zur Rückholbarkeit ist dagegen auf inhärente Sicherheit ausgerichtet. Sie beruht auf der Überzeugung, dass sich technische und geologische Barrieren wesentlich stabiler verhalten als menschliche Gesellschaften und daher auch wesentlich verlässlichere Entsorgungslösungen ermöglichen.

Auch inhärente Sicherheit birgt das Risiko eines Schadens, dem eventuell nicht entgegengetreten werden kann. Soll ein solches Risiko auf gar

keinen Fall akzeptiert werden, so können Monitoring und Rückholbarkeit Bestandteile der Entsorgungsoption werden, weil sie mehr Kontrolle und Handlungsspielräume in Bezug auf mögliche nicht akzeptable Entwicklungen versprechen. Maßnahmen dieser Art erhöhen allerdings wiederum das technische Risiko.

Jedes Argument für oder wider eine bestimmte Option „verteilt“ somit Vertrauen und Skepsis unterschiedlich auf soziale Institutionen, technische Systeme und die Eigenschaften von Wirtsgesteinen.

Im Verlauf der Planung und Realisierung von Entsorgungsoptionen werden immer wieder neue Erkenntnisse gewonnen, die Unsicherheiten abbauen, und Lösungen gefun-

den, die Risiken verringern. Jedoch werden im Laufe dieses Prozesses auch neue Fragen und Probleme aufgeworfen. Die Unabgeschlossenheit der vorhandenen Wissensbestände, das Einräumen von bekannten Unsicherheiten („known unknowns“) und das Bedenken der „unkown unknowns“ sind dabei planerisch, jedenfalls soweit wie möglich, zu berücksichtigen. Offenheit für Lernprozesse und die Weiterentwicklung bestehender Lösungen ist daher wichtig.

Bei der Frage „Wie sicher ist sicher genug?“ ist es Aufgabe der Politik, im politischen und gesellschaftlichen Diskurs akzeptable und akzeptierte Kriterien zu finden.

Dabei sind folgende Spannungsfelder besonders zu beachten:

- Naturwissenschaftlich-technisches Risikoverständnis – Risikoverständnis von Individuen und Gruppen.
- Radiologische Risiken bei der Handhabung – Risiko des technischen Versagens eines Lagers.
- Risiko des Nicht-Handelns – Risiko des Handelns unter verbleibenden Ungewissheiten.
- Risiken für kommende Generationen schnell begrenzen – kommenden Generationen Entscheidungsfreiheit lassen, mit den Risiken nach ihren Vorstellungen umzugehen.
- Minimierung des maximal möglichen Schadens – umfänglicher Optionserhalt.

## 4. Verfahrensgerechtigkeit im Standortauswahlprozess

Gemeinsames Ziel eines jeden Entsorgungsprozesses von radioaktiven Reststoffen muss die Gewährleistung der größtmöglichen Sicherheit für Mensch und Umwelt sein. Zentrale Gesichtspunkte im Rahmen der Festlegung einer Entsorgungsstrategie sind die Entscheidung über den Anlagentyp, die Auswahl eines geeigneten Standortes nach anerkannten und vorher festgelegten Kriterien sowie die Entwicklung und Festlegung eines für alle Beteiligten als fair zu akzeptierenden Verfahrens. Diesem Anspruch muss für alle Verfahrens- und Entscheidungsschritte entsprochen werden.

Verschiedene Argumente sprechen gegen einseitig hoheitliche Entscheidungen.

Bei der Standortauswahl stehen die Partikularinteressen verschiedener Interessengruppen (Stakeholder) häufig im Konflikt zueinander: Zu nennen sind hier Bürger, deren Region bzw. Wohnumfeld im Rahmen eines Auswahlverfahrens als möglicher Entsorgungsstandort ermittelt wird, Bürgerinitiativen und Umwelt-

verbände, Abfallverursacher, die als Kostenträger am Prozess beteiligt sind, sowie der Staat, der in diesem Prozess das Gemeinwohl vertreten, durch sein Handeln rechtliche und institutionelle Aspekte regeln, Rechtsschutz für die Beteiligten gewährleisten und Rechtsfrieden wahren muss. Dabei ist nicht davon auszugehen, dass alle Beteiligten den Staat als Sachwalter eines (wie auch immer bestimmten) Gemeinwohls wahrnehmen. Die staatlichen Organisationen schweben nicht gleichsam unparteilich über den Partikularinteressen der Stakeholder, sondern sind in dieses „wicked problem“ verstrickt.

Die Qualität des Auswahlverfahrens muss vielfachen Ansprüchen gerecht werden, um die notwendige Anerkennung bei Bevölkerung und Stakeholdern zu finden. Daraus folgt, dass eine breite gesellschaftliche Partizipation und Transparenz erforderlich sind. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Sachfrage der nuklearen Entsorgung über lange Zeit durch einen intensiven sozialen Konflikt geprägt wurde. Die Einbindung wissenschaftlicher Expertise,

ausreichende zeitliche Ressourcen, eine angemessene finanzielle Ausstattung aller Stakeholder und die Stufung in Verfahrensschritte sind Voraussetzungen hierfür.

Bereits zur Bestimmung der Prozessregeln des Standortauswahlverfahrens – wie der der dabei verfolgten Ziele – ist eine gesellschaftliche Debatte notwendig, um über einen akzeptierten, ergebnisoffenen Prozess eine höhere Legitimation hinsichtlich der Standortauswahl zu erreichen. Die Legitimation durch Verfahren bedarf folglich selbst legitimer Verfahren.

Die Standortauswahl muss auf eine Reihe von zu Beginn des Verfahrens bzw. der einzelnen Verfahrensschritte festgelegten Kriterien gestützt werden, die naturwissenschaftlich-technisch, raumplanerisch-sozioökonomisch und ethisch ausgerichtet und aus den jeweiligen Disziplinen wissenschaftlich hergeleitet sind. In ihrer Summe führen sie dazu, dass am Standort die geforderte Sicherheit gewährleistet und eine nachvollziehbare und akzeptanzwürdige Begründung der Entscheidung ermöglicht werden kann.

Der für Standortauswahl, Errichtung, Betrieb und Verschluss zu be-

rücksichtigende zeitliche Rahmen überschreitet die üblichen Planungszeiträume um ein Vielfaches. Für die Zeiträume, während derer radioaktive Reststoffe sicher aufbewahrt werden müssen, gibt es in der Menschheitsgeschichte keine Beispiele. Unter diesen Rahmenbedingungen sind Ungewissheiten unvermeidlich. Um diesen Ungewissheiten zu begegnen und Möglichkeiten zur Fehlerkorrektur zu schaffen, ist der Prozess der Standortauswahl in Stufen zu arrangieren; Zwischenhalte sind ebenso wie Rückfalloptionen einzuplanen und gegebenenfalls vorzuhalten.

Diesen Prozess werden Bürger dann als legitim ansehen, wenn sie sich anerkannt und eingebunden fühlen. Umgekehrt können die Betroffenen an einem möglichen Standort gesamtgesellschaftliche Verantwortung nur mit besonderem Begründungsaufwand von sich weisen, sofern der Prozess der Standortauswahl als Verfahren weitgehend Anerkennung findet.

Unausweichlich wird die Betroffenheit der Bevölkerung an potentiell ermittelten Standorten hoch sein. Ein möglicher Weg, mit diesem Konflikt umzugehen, könnte darin bestehen, sowohl um die Beteili-

gungsbereitschaft der Bevölkerung zu werben als auch qualifizierte Angebote für Partizipation und vertrauensbildende Maßnahmen anzubieten. Freiwilligkeit ist in diesem Zusammenhang ein „Desiderat“, also eine Offerte, Verhandlungen und Mitbestimmungsrechte in einen ausgewogenen Entscheidungsprozess einzubeziehen. Dies ist die Alternative zu einem Vorgehen, in dem Entscheidungen im top/down-Modus verfügt werden.

Als Ausgleich unter Gerechtigkeitsaspekten und Zeichen der Anerkennung können Kompensationsleistungen vorgesehen werden. Diese Ausgleichsoption ist im Vorfeld des Prozesses grundsätzlich im öffentlichen Diskurs zu klären und dann mit den im Verfahren als geeignet identifizierten Standortregionen zu verhandeln. Überlegungen wie die Belastungen einer Region oder Nachbarschaft durch die Ansiedlung eines Lagers für radioaktive Reststoffe anerkannt, ausgeglichen oder doch zumindest gemildert werden könnten, orientierten sich bisher stark an der klassischen Infrastrukturförderung. Vor dem Hintergrund veränderter Wertvorstellungen in der Gesellschaft sind vor allem Förderungsmöglichkeiten wie substantielle Unterstützung der

Regionalentwicklung sowie andere Maßnahmen vorzuschlagen, die die Lebenssituation der Bevölkerung vor Ort verbessern.

Die Forderung nach Partizipation formuliert die Erwartung, dass die Bevölkerung in den Entscheidungsprozess eingebunden wird. Diese Erwartung geht über die Weitergabe von Informationen und die Durchführung von Anhörungen hinaus. Sie steht in einem Spannungsfeld zum Status quo und einer Reihe zentraler Prinzipien und Verfahren deutscher Verfasstheit. Eine schlüssige konzeptionelle Verbindung zwischen erweiterter Partizipation und umfänglicher Rechtsstaatlichkeit zu erarbeiten, zählt zu den zentralen Herausforderungen der Standort suche und auswahl.

Private Vorteile und öffentliche Lasten sollen gerecht auf die Gesellschaft verteilt werden. Verursacher radioaktiver Abfälle sind nach dem Atomgesetz und dem StandAG verpflichtet, die Kosten für die Entsorgung zu tragen. Für den größten Teil der Kosten der durchzuführenden Standortauswahl nimmt der Staat daher die Energieversorgungsunternehmen (EVU) in die Pflicht. Das stößt auf Widerstand der EVU, die auf die bereits geleisteten Zahlun-

gen für die Erkundung des Salzstocks Gorleben verweisen. Über die finanzielle Dimension der Standortauswahl und über die Verwendung und Verfügbarkeit der Rückstellungen muss öffentlich diskutiert werden.

Informationsaustausch, Transparenz und Partizipation sowohl im Sinne von Beteiligung am Prozess

als auch von Mitbestimmung sind die Voraussetzungen für ein faires Verfahren, die erfüllt werden müssen, wenn die Standortauswahl aus dem Blickwinkel der Verfahrensgerechtigkeit Erfolg haben soll. Die streitige Entscheidung der Standortfrage muss ultima ratio bleiben.

Spannungsfelder im Prozess sind:

- Gesamtgesellschaftliche Interessen – Partikularinteressen.
- strikt repräsentative Demokratie – parlamentarische Demokratie mit starken deliberativen Elementen.
- Forderung nach einem fairen Verfahren – Bereitschaft, dessen Ergebnisse auch im Fall positiver Standortbeurteilung zu akzeptieren.
- Verwendung der Rückstellungen: Interesse der EVU – öffentliches Interesse.

## 5. Soziale Innovationen und Bedarf an Langzeit-Institutionen

Nach dem Stand der Forschung über technische Großprojekte erscheint es zielführend, dass Stakeholder und Zivilgesellschaft ebenso früh in Beratungen über Lösungswege eingebunden werden wie Regierungsorganisationen, Fachbehörden und Wissenschaft. Dafür werden u.a. „soziale Innovationen“ benötigt, die hochwertiges Arbeiten sicherstellen sowie Fairness und Qualität des Verfahrens selbst garantieren. Andernfalls können erhebliche Blockaden, zeitliche Verzögerungen und Akzeptanzverluste auftreten.

Um Entscheidungen zur Entsorgung fällen zu können, erscheint es notwendig, der interessierten kritischen Öffentlichkeit und allen Stakeholdern die vorliegenden Wissensbestände zu technischen und sozialen Sachfragen transparent darzustellen und zu erläutern. Dazu gehören insbesondere auch die Begründungen, mit denen die angewandten Kriterien untermauert werden. Die dafür vorliegenden Kommunikations- und Beratungsansätze sind mit einschlägigen Planungen und ausreichenden Ressourcen vorzu-

bereiten. Umstrittene Fachfragen (Expertendissens) sind dabei als Elemente in bürgerschaftliche Dialoge zu integrieren; fachliche Begleitgremien sind in diese Dialoge und Beratungen mit Stakeholdern einzubinden.

Die Zeiträume der gesellschaftlichen Befassung mit der nuklearen Entsorgung reichen von einigen Dekaden bis zu mehreren hundert Jahren. Erfahrungen mit Institutionen, die über derart lange Zeiträume existieren, liegen bisher kaum vor. Religiöse Institutionen, Bergämter und Universitäten bestehen zwar in einigen Fällen bereits ungewöhnlich lange, haben aber vergleichbare Vorhaben nicht begleitet. Aus diesem Grund ist die Ausgestaltung von „Langzeit-Institutionen“ und ihrer Aufgabenprofile aus heutiger Sicht nur schwer festzulegen; sie sind aber planerisch vorzubereiten und abzusichern.

Da substantiell neues naturwissenschaftlich-technisches und sozialwissenschaftliches Wissen in Zukunft zu erwarten ist, sind fortlaufende Anpassungen von Verfahren

und Institutionen notwendig. Eine permanente kritische Evaluation der festgelegten Standards, Kriterien und konzeptionellen Grundentscheidungen ist unausweichlich.

Es besteht die Notwendigkeit, einen institutionellen Rahmen zu schaffen, in dem Sicherheitsaspekte angemessen aufgenommen, Überwachungs- und Kontrollaufgaben problemorientiert aufgegriffen und die betroffene Bevölkerung sowie deren Interessen berücksichtigt werden. Dieses Arrangement kann nicht durch eine einzelne Institution getragen werden, sondern bedarf mehrerer voneinander unabhängiger Institutionen. Die Entsorgung an der Erdoberfläche lässt den größten Bedarf an institutioneller Innovation und Ressourcenabsicherung erwarten.

In jedem Fall besteht die Notwendigkeit, über lange Zeiträume finanzielle Mittel, Fachpersonal und Handhabungstechnik vorzuhalten sowie das nötige Wissen um die eingelagerten Reststoffe und den Umgang mit ihnen zu erhalten. Dies gilt es bei der Kalkulation der Kos-

ten der Entsorgung zu berücksichtigen.

Abhängig von der gewählten Entsorgungsstrategie sind jeweils unterschiedliche Konflikte zu erwarten. Auseinandersetzungen z.B. über Dialogbereitschaft, wissenschaftliche Kompetenz und angemessenes ziviles Vorgehen sind vorhersehbar. Es ist daher notwendig, angepasste Prozesse gesellschaftlicher Teilhabe vorzubereiten, um vorhersehbare Prozesse respektvoll aufgreifen und bearbeiten zu können. Grundsätzlich stellt sich in diesem Kontext die Frage, ob und wie top-down-Entscheidungen von staatlichen Institutionen mit bottom-up-Verfahren zur Bürgerbeteiligung auch auf lange Sicht organisiert werden. Die Gestaltung von kontinuierlich vorhandenen Schnittstellen zwischen formellen und informellen Prozessen in einzelnen Verfahrensschritten ist früh vorzubereiten und an Formen der zivilen Konfliktaustragung (z.B. Mediation oder Schlichtung) zu orientieren.

Es ergeben sich folgende Spannungsfelder:

- Notwendigkeit von kerntechnischem Wissenserhalt – finanzielle Begrenzungen durch nachlassenden kerntechnischen Anwendungsbezug („auslaufende Technologie“).

- Anspruch eines soliden und konstanten Kriterienkatalogs – Fehlbarkeit einzelner Kriterien und diesbezüglicher Revisionsbedarf.
- Notwendigkeit kompetenter Institutionen und langfristiger Prozessbegleitung – Aufwand zur Aufrechterhaltung bürokratischer und machtvoller Institutionen.
- langfristige Kosten der Entsorgung – Verwendung der benötigten Mittel für scheinbar dringlichere Zwecke.

## 6. Schlussfolgerung: Zentrale Spannungsfelder

Die Forschungsplattform ENTRIA will Orientierungswissen schaffen, um im schwierigen aber auch dringlichen Projekt der Entsorgung radioaktiver Reststoffe voranzukommen. Im vorliegenden Memorandum werden Spannungsfelder abgeleitet, die

bei den anstehenden Entscheidungen einer zukünftigen Entsorgungspolitik für radioaktive Reststoffe umfassend berücksichtigt werden sollten. Die wichtigsten dieser Spannungsfelder sind:

- Belastungen künftiger Generationen gering halten – Flexibilität im Umgang mit den nuklearen Reststoffen.
- Hoffnung auf technische Weiterentwicklung hinsichtlich innovativer Entsorgungsoptionen – Skepsis bezüglich des gesellschaftlichen und technologischen Fortschritts und seiner Randbedingungen.
- leichte Zugänglichkeit, langfristige Überwachungsmöglichkeit und Reversibilität – langfristig sicherer Einschluss (Safety).
- Zugriffsmöglichkeit unter Inkaufnahme von Proliferationsrisiko – Sicherung gegen unbefugten Zugriff (Security).
- Strategie des Aufschiebens – Vorantreiben einer Entsorgungsoption.
- Sicherheit durch fortgesetztes Handeln unter Inkaufnahme radiologischer, finanzieller und institutioneller Belastungen – inhärente Sicherheit unter Inkaufnahme von Endgültigkeit.
- Vertrauen auf überwiegend geogene Barrieren im Tiefenlager – Vertrauen auf überwiegend technogene Barrieren im Tiefenlager.
- Naturwissenschaftlich-technisches Risikoverständnis – Risikoverständnis von Individuen und Gruppen.

- gesamtgesellschaftliche Interessen – Partikularinteressen.
- strikt repräsentative Demokratie – parlamentarische Demokratie mit starken deliberativen Elementen.
- Anspruch eines soliden und konstanten Kriterienkatalogs – Fehlbarkeit einzelner Kriterien und diesbezüglicher Revisionsbedarf.
- Notwendigkeit kompetenter Institutionen und langfristiger Prozessbegleitung – Aufwand zur Aufrechterhaltung bürokratischer und machtvoller Institutionen.

## Impressum

Niedersächsische Technische  
Hochschule (NTH)

Welfengarten 1  
30167 Hannover  
Tel. +49 511 762-14158  
Fax. +49 511 762-14157

Vertreten durch:

Prof. Dr.-Ing. Erich Barke  
Vorsitzender des NTH-Präsidiums

Institut für Radioökologie  
und Strahlenschutz

Herrenhäuser Str. 2  
30419 Hannover  
Tel. +49 511 762-3312  
Fax. +49 511 762-3008

Vertreten durch:

Prof. Dr. C. Walther  
walther@irs.uni-hannover.de



