

Brauer & Strub

Medizin Ethik Politik

Schutzziele als ethische Fragen

Bericht im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Autorin:

Susanne Brauer, PhD, Brauer & Strub | Medizin Ethik Politik

Mitarbeit:

Sibylle Ackermann Birbaum (Ethik, Bern)

Daniel Gregorowius (Umweltwissenschaften, Zürich)

Jean-Daniel Strub (Ethik, Zürich)

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie, Dienst Grundlagen Entsorgung

Zürich, 20. März 2018

Impressum

Autorin:

Susanne Brauer, PhD, Brauer & Strub | Medizin Ethik Politik

Mitarbeit:

- Sibylle Ackermann Birbaum (Ethik, Bern)
- Daniel Gregorowius (Umweltwissenschaften, Zürich)
- Jean-Daniel Strub (Ethik, Zürich)

Auftraggeberin:

Simone Brander, Bundesamt für Energie (BFE), Leiterin Dienst Grundlagen Entsorgung

Begleitgruppe:

- Andreas Bachmann (BAFU)
- Simone Brander (BFE, Auftraggeberin)
- Anna Deplazes (Beirat Entsorgung)
- Anne Eckhardt (ENSI-Rat)
- Stefan Theis (ENSI)
- Peter Raible (BFE)

Kontakt:

Susanne Brauer
brauer@brauerstrub.ch
+41 76 477 92 14

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Impressum..... | 1 |
| Inhaltsverzeichnis | 2 |
| 1 Einleitung | 4 |
| 1.1 Auftrag | 4 |
| 1.2 Aufbau des Berichts | 6 |
| 1.3 Exkurs: Rechtliche Aspekte der Tiefenlagerung in der Schweiz | 7 |
| 2 Einführung in die Entsorgungsproblematik aus ethischer Sicht .. | 8 |
| 2.1 Aktuell gültige Schutzziele und Schutzprinzipien für die Schweiz..... | 8 |
| 2.2 Ethische Verantwortungsstruktur | 12 |
| 2.3 Risikowahrnehmung von radioaktiven Abfall | 14 |
| 2.4 Soziale Akzeptanz und ethische Akzeptabilität..... | 15 |
| 2.5 Die Zeitdimension als besondere ethische Herausforderung..... | 16 |
| 3 Forschungsfrage 1: Welche ethischen Überlegungen und umweltpolitischen Prinzipien sind geeignet, künftig bei Wahlen von Schutzzielen oder -kriterien als Grundlage zu dienen? | 18 |
| 3.1 Nicht-Schadensprinzip als Schutzprinzip..... | 19 |
| 3.1.1 Ethische Risikoeinschätzung als Grundlage für ein Schutzprinzip | 21 |
| 3.1.2 Massstab für Schutz..... | 22 |
| 3.1.3 Zumutbarkeit von Risiken..... | 24 |
| 3.2 Weitere ethische Prinzipien | 25 |
| 3.2.1 Nachhaltigkeitsprinzip | 25 |
| 3.2.2 Vorsorgeprinzip..... | 27 |
| 3.2.3 Prinzip der Verantwortung..... | 27 |
| 3.2.4 Verursacherprinzip..... | 27 |
| 3.2.5 Respekt vor der Entscheidungsfreiheit zukünftiger Generationen | 28 |
| 3.3 Fazit..... | 29 |
| 4 Forschungsfrage 2: Was heisst insbesondere „schützen“ über lange Zeiträume (bei unbekannter Entwicklung von Mensch und Technik)? | 31 |
| 4.1 Lange Zeiträume aus gesellschaftlicher und technischer Sicht..... | 31 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.2 | Umgang mit Ungewissheiten..... | 32 |
| 4.3 | Ethische Schutzverantwortung und zeitlich abgestuftes Schutzsystem..... | 33 |
| 4.4 | Kennzeichnen des Standorts für nachfolgende Generationen..... | 37 |
| 4.5 | Fazit..... | 38 |

5 Forschungsfrage 3: Was ist unter Gerechtigkeit im Umgang mit Mensch und Umwelt (z. B. bezüglich Strahlenschutz) über sehr lange Zeitspannen zu verstehen (intergenerational equity)? 40

| | | |
|-------|---|-----------|
| 5.1 | Generationen und ihre Bedürfnisse | 42 |
| 5.2 | Intragenerationelle Gerechtigkeit..... | 44 |
| 5.3 | Intergenerationelle Gerechtigkeit..... | 45 |
| 5.3.1 | <i>Gibt es Pflichten gegenüber zukünftigen Generationen?.....</i> | <i>45</i> |
| 5.3.2 | <i>Führen Ungewissheiten zur Schwächung von Pflichten?.....</i> | <i>47</i> |
| 5.3.3 | <i>Verpflichtungen nur gegenüber der nächsten Generation? (rolling present).....</i> | <i>48</i> |
| 5.4 | Gerechtigkeitsmodelle als normative Basis für eine Zumutbarkeit von Risiken und Belastungen | 49 |
| 5.4.1 | <i>Tugendethik: Die Wichtigkeit von Gerechtigkeit.....</i> | <i>49</i> |
| 5.4.2 | <i>Deontologie: Respekt vor der Menschenwürde, unbedingte Pflichten und Abstufung von Prinzipien.....</i> | <i>50</i> |
| 5.4.3 | <i>Konsequentialismus: Kosten/Risiko-Nutzen-Analyse, Diskontierung und das Problem der Verteilungsgerechtigkeit</i> | <i>51</i> |
| 5.4.4 | <i>Vertragstheorie und der Umgang mit Kompensationen und Opportunitätskosten.....</i> | <i>53</i> |
| 5.5 | Fazit..... | 56 |

6 Forschungsfrage 4: Gibt es eine Zeitspanne, nach der eine intergenerationelle Verpflichtung ihren Sinn verloren hat? 58

7 Empfehlungen 59

| | | |
|-----|-------------------|----|
| 7.1 | Vorbemerkung..... | 59 |
| 7.2 | Empfehlungen..... | 60 |

Zitierte Literatur..... 64

Anhang: Methodik der Literaturrecherche und -analyse 71

1 Einleitung

1.1 Auftrag

Der vorliegende Bericht ¹ bezieht sich auf die Ausschreibung des Forschungsprojekts *Schutzziele als ethische Fragen*, die am 13. Februar 2017 vom *Bundesamt für Energie* (BFE) im Rahmen des Forschungsprogramms *Radioaktive Abfälle* veröffentlicht wurde. Der Auftrag besteht darin, eine systematische Literaturrecherche zur Thematik, welches Mass an Sicherheit für Mensch und Umwelt bei der Errichtung geologischer Tiefenlager für radioaktive Abfälle aus ethischer Sicht zu erfüllen ist, durchzuführen. Konkret soll gemäss Ausschreibung die Literatur auf vier Forschungsfragen hin gesichtet werden:

Frage 1: Welche ethischen Überlegungen und umweltpolitischen Prinzipien sind geeignet, künftig bei Wahlen von Schutzziele und -kriterien als Grundlage zu dienen?

Frage 2: Was heisst „schützen“ über lange Zeiträume (bei unbekannter Entwicklung von Mensch und Technik)?

Frage 3: Was ist unter Gerechtigkeit im Umgang mit Mensch und Umwelt (z. B. bezüglich Strahlenschutz) über sehr lange Zeitspannen zu verstehen (intergenerational equity)?

Frage 4: Gibt es eine Zeitspanne, nach der eine intergenerationale Verpflichtung ihren Sinn verloren hat?

Die Methodik der Literaturrecherche und -analyse wird im Anhang des Berichts erläutert. Zu dem Textkorpus, der gesichtet wurde, zählen Fachartikel und -bücher aus dem Bereich Ethik sowie Dokumente z. B. der *International Atomic Energy Agency* (IAEA) und *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), sofern in ihnen eine ethische Diskussion wiedergegeben oder Resultate festgehalten werden, die einen Beitrag zu den vier Forschungsfragen leisten. Ebenfalls wird auf die aktuellen Schutzziele und -kriterien aus der Richtlinie für Schweizer Kernanlagen mit dem Titel „Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis“ (ENSI-G03) Bezug genommen.

Unter einem Tiefenlager versteht man eine Anlage im geologischen Untergrund, die grundsätzlich verschlossen werden und den Schutz von Mensch und Umwelt gewährleisten soll. In der Schweiz ist der Bau von Tiefenlagern als Entsorgungslösung für radioaktiven Abfall ein politischer Beschluss. Folglich konzentriert sich der Bericht auf geologische Tiefenlager und

¹ Ich danke Simone Brander und allen Mitgliedern der Begleitgruppe für ihre substanziellen Beiträge zu diesem Bericht.

erwähnt nur am Rand im Zusammenhang mit anderen Ländern Varianten der Entsorgung, z. B. der Oberflächenlagerung.

In der Schweiz ist die Realisation von zwei geologischen Tiefenlagern vorgesehen: erstens für schwach- und mittelaktive Abfälle, die aus Betrieb und Abbruch der Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Forschung und Industrie stammen (SMA-Lager); zweitens für hochaktive Abfälle, die sich aus ausgedienten Brennelementen und dem hochradioaktiven Abfallgas aus der sogenannten Wiederaufbereitung zusammensetzen (HAA-Lager). Im HAA-Lager werden auch langlebige mittelaktive Abfälle eingelagert. Ein Kombilager ist ebenfalls möglich, in dem zwei räumlich getrennte Lagerbereiche für hochaktive sowie schwach- und mittelaktive Abfälle vorhanden sind, die eine gemeinsame Oberflächenanlage nutzen. Da in den Forschungsfragen vor allem nach ethischen Implikationen, die eine sehr lange Zeitdimension betreffen, gefragt wird, schwach- und mittelaktiver Abfall jedoch aufgrund kürzerer Halbwertszeit nach nur wenigen 100 Jahren soviel an Radioaktivität abgebaut hat, dass er nach Schweizer Definition nicht mehr als radioaktiver Abfall gilt, fokussiert der Bericht auf hochradioaktiven Abfall. Auch nach dem politischen Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie stellt sich hier die Entsorgungsfrage bestehender Abfälle mit besonderer Dringlichkeit.²

In die Überlegungen und Einschätzungen über (un)zumutbare Risiken, die durch radioaktiven Abfall entstehen, ist der Schutz künftiger Generationen mit einzubeziehen, da sich das Gefährdungspotenzial über weite Zeiträume bis zu 1 Mio. Jahre erstreckt. Die aktuelle Richtlinie ENSI-G03 fordert entsprechend den Sicherheitsnachweis, dass geologische Tiefenlager 1 Mio. Jahre lang dicht bleiben, was eine neue Dimension von Zukunftsverantwortung bedeutet.

In Übereinstimmung mit der untersuchten Literatur konzentriert sich der Bericht dabei auf Folgen, die den Menschen, seine Gesundheit und seine Lebensgrundlagen betreffen, und rückt damit eine anthropozentrische Sichtweise in den Mittelpunkt, die hauptsächlich im Fachdiskurs vertreten wird.³ Bei der Formulierung von Schutzziele steht die Sorge um das Wohlergehen des Menschen im Vordergrund; die Sorge um die Umwelt leitet sich daraus ab, dass sie die notwendige Lebensgrundlage des Menschen darstellt. Der untersuchten Literatur folgend werden in diesem Bericht andere Positionen der Umweltethik nicht näher behandelt. Ob bzw. inwiefern eine anthropozentrische Position mit Blick auf die ethische Betrachtung der Entsorgungsproblematik alternativlos ist, könnte freilich eigens diskutiert werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass der Entscheid, welchen Entitäten gegenüber man eine moralische Verpflichtung hat, letztlich ein Wertentscheid ist, der einer gesellschaftlichen Auseinandersetzung bedarf. Bemerkenswert ist, dass im Leitsatz b der ENSI-G03-Richtlinie der Schutz der „Artenvielfalt“ angesprochen wird. Diese Schutzforderung muss nicht zwangsläufig nur instrumentell in dem Sinne verstanden werden, dass biologische Diversität anzustreben

² Radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung werden trotz dieses Beschlusses auch in Zukunft anfallen und in Tiefenlagern entsorgt werden müssen. Im Zusammenhang mit der Frage nach den Opportunitätskosten wird dieser Punkt aufgenommen (siehe unten Kapitel 5.4.4).

³ Alternativen werden von Rawls (2000) und Parkins& Haluza-DeLay (2011) angedeutet und sind an entsprechender Stelle im Bericht integriert.

ist, weil sie dem Menschen nützt. Es bleibt offen, ob der Biodiversität hier allenfalls ein Eigenwert zugesprochen wird, der unabhängig von ihrem Nutzen für den Menschen besteht.

Einleitend ist zudem zu erwähnen, dass ein Literaturbericht, wie er hier vorliegt, keine abschliessende Antwort auf die vier Forschungsfragen und die Suche nach den „richtigen“ Schutzziele und -kriterien für die Schweiz geben kann. Hätte man eine derartige Erwartung, würde man verkennen, was Ethik zu leisten vermag. In diesem Bericht werden relevante ethische Werte und Prinzipien identifiziert sowie Argumente und Gesichtspunkte zusammengetragen, die aus ethischer Sicht bei der Wahl von Schutzziele und -kriterien zu berücksichtigen wären. Da ethische Werte, Prinzipien und Argumente in Widerstreit treten können, wird hier u. U. eine Abwägung erforderlich, welcher dieser normativen Vorgaben man in einer konkreten Situation den Vorzug geben will und zu welchen Kompromissen man allenfalls bereit ist. Zum Beispiel können Zielkonflikte zwischen der Sicherheit von Tiefenlagern und dem Prinzip der Selbstbestimmung von heutigen und zukünftigen Generationen auftreten. Der vorliegende Bericht will entsprechend dem gestellten Auftrag die Problematrix aus ethischer Perspektive aufzeigen und die wichtigsten Positionen, wie sie in der einschlägigen Literatur vertreten werden, ausführen, um sie zu den zentralen Problemfeldern in Bezug zu setzen. Es werden aber weder eigene inhaltliche ethische Positionen begründet, noch konkrete Revisionen der bestehenden Schutzziele hergeleitet. Denn die inhaltliche Ausformulierung und Postulierung von Schutzziele und -kriterien bleibt selbstredend Gegenstand eines durch Expertenwissen informierten, demokratischen Entscheidungsprozesses, wobei sich das Expertenwissen nicht auf technisch-naturwissenschaftliche Disziplinen beschränkt, sondern ebenfalls soziologische, politikwissenschaftliche und ethische Expertise umfassen sollte.

1.2 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht gliedert sich in fünf Kapitel. Nach einigen Ausführungen zu den rechtlichen Aspekten der Tiefenlagerung in der Schweiz (Kapitel 1.3) werden in Kapitel 2 die geltenden Schutzziele erläutert und in die Entsorgungsproblematik aus ethischer Sicht eingeführt: Dabei geht es vor allem um die ethische Verantwortungsstruktur, aber auch um die Risikowahrnehmung, sowie die Zeitdimension, mit der uns die Entsorgungsfrage konfrontiert. Schliesslich wird in politisch-pragmatischer Perspektive auf den wichtigen Unterschied zwischen sozialer Akzeptanz und ethischer Akzeptabilität hingewiesen. Die darauffolgenden Kapitel widmen sich dann vollständig den vier vom BFE gestellten Forschungsfragen. Kapitel 3 setzt sich mit der ersten Forschungsfrage auseinander, welche ethischen Überlegungen und umweltpolitischen Prinzipien geeignet sind, um künftig bei der Wahl von Schutzziele oder -kriterien als Grundlage zu dienen. Was „schützen“ über einen sehr langen Zeitraum bedeuten könnte angesichts unbekannter Entwicklung von Mensch und Technik, ist Thema von Kapitel 4. Im Anschluss werden in Kapitel 5 Modelle der Gerechtigkeit vorgestellt, welche einen Beitrag insbesondere zur Problematik der intergenerationellen Gerechtigkeit liefern. Auch hier stellt die Zeitdimension bzw. die erforderliche Dauer des Schutzes vor Radioaktivität eine ethisch relevante Herausforderung dar. In Kapitel 6 wird dann

nochmals die Frage aufgegriffen, ob es denkbar sei, intergenerationelle Gerechtigkeit zeitlich zu begrenzen. Grundlage der Überlegungen zu diesen vier Forschungsfragen bot eine ausführliche Literaturrecherche. Die Methodik der Literaturrecherche und -analyse wird im Anhang eingehend dargelegt.

1.3 Exkurs: Rechtliche Aspekte der Tiefenlagerung in der Schweiz

Eine entscheidende Grundlage für die Frage der Tiefenlagerung aller Kategorien radioaktiver Abfälle in der Schweiz sind neben den teils in Widerstreit stehenden gesellschaftlichen Normen und Werten auch die zugrundeliegenden Rechtsvorschriften. Die Frage der Tiefenlagerung wird nicht nur durch internationale Übereinkünfte geregelt, sondern ist in der Schweiz eingebunden in ein breites Regelwerk aus folgenden Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien (vgl. Resele 2009; Koebel 2015) und weiteren Instrumente:

- Auf **Gesetzesebene** werden die Nutzung der Kernkraft sowie der Transport und die Lagerung radioaktiven Materials – auch zum Schutz von Mensch und Umwelt – durch das *Kernenergiegesetz (KEG)* vom 21. März 2003 und das *Strahlenschutzgesetz (StSG)* vom 22. März 1991 geregelt. Kapitel 5 (Art. 30 bis 34) des Kernenergiegesetzes regelt Entsorgung und Lagerung radioaktiver Abfälle. Art. 26 und 27 des Strahlenschutzgesetzes regeln Fragen des Strahlenschutzes bei Lagerung und Entsorgung radioaktiven Materials.
- Auf der **Verordnungsebene** wird Näheres zu Lagerung und Entsorgung durch die *Kernenergieverordnung (KEV)* vom 10. Dezember 2004, die *Strahlenschutzverordnung (StSV)* vom 22. Juni 1994 und die *Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung (SEFV)* vom 7. Dezember 2007 geregelt. In Art. 5 der KEV – gestützt auf Art. 101 Abs. 1 des KEG – wird der „Sachplan geologische Tiefenlager“ als zentrale Vorgabe zur Lagerung radioaktiver Abfälle bestimmt. Die KEV legt auch Näheres zur Zwischen- und Tiefenlagerung in einem Hauptlager fest. Die StSV, die sich auf Art. 47 Abs. 1 der StSG stützt und sich derzeit in einer Totalrevision befindet, regelt in Abschnitt 7 in den Art. 75 bis 78 Näheres zu Lagerung, Transport, Ein-, Aus- und Durchfuhr von radioaktiven Strahlenquellen. Gestützt auf die Art. 81 Abs. 5, und Art. 82 Abs. 2 und Art. 101 des KEG macht die SEFV Vorgaben für die Finanzierung der Stilllegung von Kernkraftwerken sowie der Entsorgung des anfallenden radioaktiven Materials.
- Auf der **Ebene der Richtlinien** für Schweizerische Kernkraftanlagen konkretisiert die Richtlinie ENSI-G03 „Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an Sicherheitsnachweis“ die Anforderungen an die Auslegung und die zu führenden Sicherheitsnachweise für geologische Tiefenlager aus KEG und KEV.
- Das vorgelagerte Standortauswahlverfahren bis zum Einreichen der Gesuchsunterlagen für die Rahmenbewilligung ist Gegenstand des **Sachplans geologisches Tiefenlager** vom 2. April 2008 (Revision vom 30. November 2011).
- Die Entsorgungspflichtigen sind gemäss Art. 32 KEG und Art. 52 KEV verpflichtet, im **Entsorgungsprogramm** u. a. aufzuzeigen, welche Tiefenlager benötigt werden und wie diese auszulegen sind.

2 Einführung in die Entsorgungsproblematik aus ethischer Sicht

In Bezug auf die Entsorgung radioaktiven Abfalls spricht der deutsche Philosoph Robert Spaemann von einer „paradoxen Situation“ (Spaemann 2003): Das Richtige sei durch frühere falsche Entscheidungen (nämlich überhaupt Kernenergie genutzt zu haben) nicht mehr möglich. Trotzdem müsse man versuchen, die „bessere Lösung“ zu finden. Unabhängig davon, ob man Spaemanns Einschätzung zur Nutzung der Kernenergie zustimmt oder nicht, ist in Anbetracht der Gefährlichkeit von Radioaktivität die „bessere Lösung“ des Entsorgungsproblems als eine drängende Aufgabe nicht von der Hand zu weisen.

Schutzziele, wie sie intensiv von den verantwortlichen Staaten, internationalen Organisationen und Kommissionen diskutiert und in der Schweiz in Richtlinien definiert wurden, stellen einen Ansatz dar, wie nach der „besseren Lösung“ gestrebt wird. Daher wird zunächst der aktuelle Stand von Schutzprinzipien und Schutzzielen aufgeführt (Kapitel 2.1). Anschliessend werden Begriffe und Themen eingeführt, die als Vorbemerkungen für eine ethische Reflexion über die Entsorgung radioaktiver Abfälle als wichtig erachtet werden. Dazu gehören der Begriff von Verantwortung (Kapitel 2.2), die Risikowahrnehmung (Kapitel 2.3), die Unterscheidung zwischen sozialer Akzeptanz und ethischer Akzeptabilität (Kapitel 2.4), sowie die Herausforderungen, die sich im Kontext mit der Zeitdimension stellen (Kapitel 2.5).

2.1 Aktuell gültige Schutzziele und Schutzprinzipien für die Schweiz

Die *International Atomic Energy Agency* (IAEA) publizierte seit Mitte der 1990er-Jahren im Rahmen des *Radioactive Waste Safety Standards* (RADWASS) Programms *safety fundamentals*, die im Jahre 2006 mit bereits 1995 entwickelten, grundlegenden zehn Sicherheitsprinzipien ihre vorläufige Endfassung fanden. Diese Prinzipien sind für die Mitgliedstaaten bindend, so auch für die Schweiz. Unter Sicherheit wird hier der Schutz des Menschen und der Umwelt vor radioaktiver Strahlung verstanden und betrifft damit auch die Sicherheit von Einrichtungen und Tätigkeiten, von denen ein Strahlenrisiko ausgeht. Zu den zehn Prinzipien zählen (IAEA 1995, Euratom et al. 2006):

Principle 1: Responsibility for safety: „The prime responsibility for safety must rest with the person or organization responsible for facilities and activities that give rise to radiation risks.“

Principle 2: Role of government: „An effective legal and governmental framework for safety, including an independent regulatory body, must be established and sustained.“

Principle 3: Leadership and management for safety: „Effective leadership and management for safety must be established and sustained in organizations concerned with, and facilities and activities that give rise to, radiation risks.“

Principle 4: Justification of facilities and activities: „Facilities and activities that give rise to radiation risks must yield an overall benefit.“

Principle 5: Optimization of protection: „Protection must be optimized to provide the highest level of safety that can reasonably be achieved.“

Principle 6: Limitation of risks to individuals: „Measures for controlling radiation risks must ensure that no individual bears an unacceptable risk of harm.“

Principle 7: Protection of present and future generations: „People and the environment, present and future, must be protected against radiation risks.“

Principle 8: Prevention of accidents: „All practical efforts must be made to prevent and mitigate nuclear or radiation accidents.“

Principle 9: Emergency preparedness and response: „Arrangements must be made for emergency preparedness and response for nuclear or radiation incidents.“

Principle 10: Protective actions to reduce existing or unregulated radiation risks: „Protective actions to reduce existing or unregulated radiation risks must be justified and optimized.“

Um Schutz zu gewährleisten, braucht es einen identifizierbaren Verantwortungsträger, einen gesetzlichen Rahmen und professionelle, kontrollierte Abläufe in den betreffenden Anlagen. Zu einem guten Management gehören auch die Optimierung der Unfallprävention und der Notfallpläne. In Bezug auf das Schutzniveau wird von der internationalen Gemeinschaft eine „vernünftige Optimierung“ gefordert. Die Risiken, denen Individuen ausgesetzt sind, müssen „akzeptabel“ sein (Euratom et al. 2006). Es wird aber in den *IAEA-safety fundamentals* nicht genauer definiert, was die akzeptablen Belastungen bzw. Risiken seien, die man der (heutigen und künftigen) Gesellschaft zumuten bzw. aufbürden möchte (Ahearne 2000). Ebenfalls bleibt unbeantwortet, was ein ausreichender Schutz für die Umwelt bedeuten würde. Erwähnt wird lediglich, dass die Auswirkungen ionisierender Strahlen auf die Umwelt und das Ökosystem noch nicht intensiv erforscht seien, man jedoch davon ausgehe, dass der bisherige Strahlenschutz für die menschliche Gesundheit auch für die Umwelt und nicht-menschliche Spezies ausreiche (Euratom et al. 2006). Diese Sichtweise bleibt in der Fachliteratur jedoch nicht ohne Alternativen. So wirft Rawls (2000) die Frage auf, in welcher Hinsicht und wie weit Verpflichtungen des Menschen gegenüber der nicht-menschlichen Umwelt bestehen und welche Werte das Verhältnis bestimmen. Auch Parkins & Haluza-DeLay (2011) führen in ihrer Liste verschiedener Arten von Gerechtigkeit die „interspecies equity“ auf. Für sie ist es durchaus denkbar, dass, was ein Vorteil für den Menschen sein kann, ein Nachteil für andere Arten darstellen könnte, so dass sich hier Fairnessfragen eröffnen.

In Bezug auf zukünftige Generationen wird von Euratom et al. (2006) erwähnt, dass die Lösung des Entsorgungsproblems bei der Generation liegt, die den Abfall produziert, und nachfolgende Generationen nicht über Gebühr belastet werden dürfen. Was allerdings eine „unangemessene Bürde“ für nachfolgende Generationen wäre, wird nicht konkretisiert. Gerade diese Offenheit wird teilweise auch kritisiert (vgl. z. B. Ahearne 2000).

Aufgrund ihrer Aufgabe, ein breites Spektrum von Adressatinnen und Adressaten abzudecken und verschiedenen Ländern einen gemeinsamen Rahmen von Schutzprinzipien zu bieten, kann die IAEA aber nur allgemeine Schutzprinzipien formulieren. Diese müssen in den jeweiligen Ländern spezifiziert und in konkrete Schutzziele übersetzt werden. Unter einem „Schutzziel“ versteht man das „Niveau an Sicherheit, das bestimmte Verantwortungsträger in

ihrem Zuständigkeitsbereich anstreben oder anstreben müssen“ (Eckhard & Rippe 2016, S. 174). In der Schweiz sind die „Schutzziele“ bei der Entsorgung radioaktiven Abfalls im Sachplan geologische Tiefenlager aufgeführt. Der Sachplan regelt das Vorgehen für die Standortsuche und die Kriterien zur Auswahl der Standorte.

In der Richtlinie HSK-R-21, die 2009 ausser Kraft gesetzt wurde, wurden erstmals grundsätzliche Prinzipien für die geologische Tiefenlagerung definiert:

„Prinzip 1: Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Tiefenlagern darf nur eine geringe zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung zur Folge haben.

Prinzip 2: Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle ist der Schutz der Umwelt so zu gewährleisten, dass die Artenvielfalt nicht gefährdet und die Nutzung von Bodenschätzen nicht unnötig eingeschränkt wird.

Prinzip 3: Die Risiken für Mensch und Umwelt aus der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz dürfen auch im Ausland und in Zukunft nicht höher sein, als sie in der Schweiz heute zulässig sind.

Prinzip 4: Die Langzeitsicherheit eines Endlagers ist durch gestaffelte passive Sicherheitsbarrieren zu gewährleisten.

Prinzip 5: Allfällige Vorkehrungen zur Erleichterung von Überwachung und Reparaturen eines Endlagers oder Rückholung der Abfälle dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren nicht beeinträchtigen.

Prinzip 6: Die Vorsorge für die Endlagerung der radioaktiven Abfälle ist eine Aufgabe, die der heutigen nutzniessenden Gesellschaft zukommt und die nicht auf künftige Generationen überwältzt werden darf.“

Aus diesen Prinzipien wurden in der Richtlinie HSK-R-21 drei konkrete Schutzziele bzw. Sicherheitsanforderungen für geologische Tiefenlager abgeleitet.

„Schutzziel 1: Die Freisetzung von Radionukliden aus einem verschlossenen Endlager infolge realistischerweise anzunehmender Vorgänge und Ereignisse soll zu keiner Zeit zu jährlichen Individualdosen führen, die 0.1 mSv übersteigen.

Schutzziel 2: Das aus einem verschlossenen Endlager infolge unwahrscheinlicher, unter Schutzziel 1 nicht berücksichtigter Vorgänge und Ereignisse zu erwartende radiologische Todesfallrisiko für eine Einzelperson soll zu keiner Zeit ein Millionstel pro Jahr übersteigen.

Schutzziel 3: Nach dem Verschluss eines Endlagers sollen keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit erforderlich sein. Das Endlager soll innert einiger Jahre verschlossen werden können.“

Die HSK-R-21 wurde dann durch die ENSI-Richtlinie G03 ersetzt. Die Prinzipien und Schutzziele aus der alten Richtlinie wurden dem Sachverhalt nach beibehalten. Neu gibt es in der ENSI-G03 nur ein Schutzziel geologischer Tiefenlager, nämlich „radioaktive Abfälle so zu entsorgen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor deren ionisierender Strahlung dauernd gewährleistet ist, ohne dass künftigen Generationen unzumutbare Lasten und Verpflichtungen auferlegt werden.“ (ENSI-G03, Abschnitt 4.1, S. 2). Damit werden vor allem

die IAEA-Prinzipien 6 und 7 in den Mittelpunkt gerückt. Für die Umsetzung des Schutzziels sind folgende Leitsätze zu berücksichtigen:

- a. *"Schutz des Menschen:* Die geologische Tiefenlagerung darf nur eine geringe zusätzliche Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung zur Folge haben.
- b. *Schutz der Umwelt:* Die Umwelt als natürliche Lebensgrundlage des Menschen und anderer Lebewesen ist zu schützen (Art. 1 KEG). Die Artenvielfalt darf durch die geologische Tiefenlagerung nicht gefährdet werden.
- c. *Grenzüberschreitender Schutz:* Die Risiken aus der geologischen Tiefenlagerung in der Schweiz dürfen im Ausland nicht grösser sein als sie in der Schweiz zulässig sind.
- d. *Zukünftiger Schutz:* Die Risiken, die in der Zukunft aus der geologischen Tiefenlagerung in der Schweiz entstehen, dürfen nicht grösser sein als sie heute in der Schweiz zulässig sind.
- e. *Langzeitsicherheit:* Ein geologisches Tiefenlager ist so auszulegen, dass nach dessen Verschluss keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit erforderlich sind.
- f. *Sicherheitsbarrieren:* Die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers ist durch gestaffelte, passiv wirkende, technische und natürliche Barrieren (Mehrfachbarrierensystem, Art. 11, Abs. 2 Bst. b KEV) zu gewährleisten.
- g. *Überwachung und Rückholung:* Allfällige Vorkehrungen zur Erleichterung von Überwachung und Unterhalt eines geologischen Tiefenlagers oder zur Rückholung der Abfälle dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren des Lagers nicht beeinträchtigen (Art. 11 Abs. 2 Bst. c KEV).
- h. *Lastenfreiheit:* Die Vorsorge für die geologische Tiefenlagerung ist eine Aufgabe, die der nutzniessenden Gesellschaft zukommt. Zukünftigen Generationen dürfen keine unzumutbaren Lasten auferlegt werden.
- i. *Bodenschätze:* Die absehbare zukünftige Nutzung von Bodenschätzen darf durch ein geologisches Tiefenlager nicht unnötig eingeschränkt werden.
- j. *Optimierung:* Bei Entscheiden im Rahmen der Projektierung, des Baus und Betriebs (inklusive des Verschlusses) eines geologischen Tiefenlagers sind Alternativen im Hinblick auf die Optimierung der Betriebs- und Langzeitsicherheit abzuwägen.“ (ENSI-G03, Abschnitt 4.2, S. 2 f.).

Ob das Schutzziel erreicht wird, ist nach quantitativen Schutzkriterien zu bewerten, die in der ENSI-G03 sowohl für die Betriebsphase des geologischen Tiefenlagers als auch für die Nachverschlussphase definiert werden. Für die Betriebsphase wird auf die Strahlenschutzverordnung (StSV), die Richtlinie HSK-R-11, „Strahlenschutzziele im Normalbetrieb für Kernanlagen“ und auf die Richtlinie HSK-R-29, „Anforderungen an die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle“ verwiesen. Für die Nachverschlussphase werden zwei Kriterien aufgeführt, die den Schutzzielen 1 und 2 der alten Richtlinie HSK-R-21 entsprechen.

Neu gegenüber der alten Richtlinie HSK-R-21 ist in der ENSI-G03 nicht nur die Terminologie („Leitsätze“ statt „Prinzipien“, „Schutzkriterien“ statt „Schutzziele“) und die Umgruppierung verschiedener Sachverhalte von der einen in die andere Begriffskategorie. Neu wird auch betont, dass die Umwelt „als natürlich Lebensgrundlage des Menschen und anderen Lebewesen“ schützenswert sei, dass die Zeitangabe für den Verschluss wegfällt (weil kein

Selbstverschlussmechanismus mehr vorgesehen ist, sondern der Verschluss neu durch den Bundesrat angeordnet wird) und dass im Rahmen der Projektierung des Baus und des Betriebs eines geologischen Tiefenlagers Alternativen in Hinblick auf die Optimierung der Betriebs- und Langzeitsicherheit abzuwägen sind. Die Optimierung wird dabei als ein schrittweiser Prozess verstanden.

2.2 Ethische Verantwortungsstruktur

Für eine Betrachtung von Schutzziele aus ethischer Sicht gilt es gemäss der gängigen Literatur zum Thema zu bestimmen, (1) *wer* (Verantwortungssubjekt) (2) *für was* (Verantwortungsobjekt) (3) *gegenüber welcher Instanz* (Autorität) und (4) *aufgrund welcher Norm* (Begründungsbasis) verantwortlich ist.⁴ Im Folgenden soll diese ethische Verantwortungsstruktur in Bezug auf die Entsorgung radioaktiven Abfalls näher erläutert werden. Dabei ist zunächst zu beachten, dass Verantwortung sowohl prospektiv als auch retrospektiv verstanden werden kann. Prospektiv bezieht sich hier auf die Folgen, die eine Handlung in der Zukunft haben könnte und die für die Beurteilung, ob die Handlung ethisch vertretbar ist und durchgeführt werden sollte, zu berücksichtigen sind. Retrospektiv bedeutet hingegen, dass man für die Risiken oder gegebenenfalls Schäden, die man eingegangen ist oder die durch eine bereits vollzogene Handlung entstanden sind, Verantwortung übernimmt. Im Zusammenhang mit der Entsorgung radioaktiven Abfalls ist vor allem der retrospektive Verantwortungsbegriff relevant, weil offensichtlich Risiken – etwa der Schädigung der Gesundheit oder der Umwelt – von radioaktivem Abfall ausgehen, und es nun darum geht, diese Risiken jetzt und auch für die Zukunft mittels der Tiefenlagerung zu minimieren. Da aber alle heute lebenden Generationen zu den Nutzniessenden der Kernenergie gehören, kommt diesen auch die prospektive Verantwortung zu, sichere Lösungen für negative Folgen heutiger Entscheidungen zu finden. Wie sind nun die oben aufgeführten vier Stellen in der Verantwortungsstruktur mit Blick auf die Entsorgungsthematik näher zu bestimmen?

(1) Zunächst muss der Kreis der Personen bestimmt werden, der Verantwortung trägt. Die *Verantwortungssubjekte* rein nach einem engen Verursacherprinzip zu identifizieren, also z. B. nur die Unternehmen in den Blick zu nehmen, die den Abfall produziert haben, greift mit „zunehmende[r] Komplexität, Interdependenz und Veränderlichkeit von Handlungs(folgen)zusammenhängen“ (Ott et al. 2016, S. 134) zu kurz. Für eine Entsorgungslösung werden auch staatliche und politische Organe in die Verantwortung genommen. In der Schweiz gelten die Betreiber von Kernanlagen zwar als Entsorgungspflichtige. Wie die Entsorgung jedoch erfolgen soll, ist staatlich reguliert und gesetzlich geregelt. Darüber hinaus besteht international der Konsens, dass die heutige nutzniessende Gesellschaft der Kernenergie das Problem ihrer schädlichen Hinterlassenschaften zu lösen hat (BMU 2003, S. 4 f.). Dies gilt m. E. insbesondere in Ländern wie der Schweiz, die einen Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen haben und somit die

⁴ Zum Begriff der Verantwortung vgl. als Überblick Micha H. Werner Handbuchartikel in Ott et al. 2016, S. 132–135.

nächsten Generationen selbst wohl keinen hochradioaktiven Abfall mehr produzieren werden.

(2) Dann sollte definiert werden, für was man Verantwortung übernimmt. Das *Verantwortungsobjekt* ist im vorliegenden Fall eindeutig bestimmbar und international anerkannt: Ziel ist es, einen angemessenen Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt für Gegenwart und Zukunft zu gewährleisten.

(3) Ebenfalls braucht man eine Adressatin oder einen Adressaten, vor dem man sich verantwortet. Die *Inстанz* zu bestimmen, vor der sich die heutige, nutznießende Gesellschaft verantworten muss, ist jedoch weniger einfach. Verantwortung für eine faire Entsorgungslösung ist sicherlich gegenüber heutigen Menschen, Bevölkerungsgruppen und lebenden Generationen zu übernehmen. Ebenfalls stehen wir zweifellos gegenüber nachfolgenden Generationen in der Verantwortung, hinterlassen wir diesen doch über Jahrtausende gefährliche Abfälle aus einer heute genutzten Technologie. Die Zeitdimension, in der radioaktiver Abfall gefährlich bleibt, führt aber zu Diskussionen, ob man gegenüber Generationen und Menschen, die in weit entfernter Zukunft leben, im selben Mass Verantwortung trägt wie gegenüber den unmittelbar kommenden Generationen (vgl. Kapitel 5). Zudem ist festzulegen, ob man nur gegenüber Menschen eine Schutzverantwortung hat oder auch gegenüber nicht-menschlichen Spezies und der Biosphäre allgemein, die durch Radioaktivität ebenfalls verändert werden oder sterben könnten. Keine befriedigende Lösung in dieser Frage ist die Haltung der OECD, die davon ausgeht, dass regulatorische Schutzstandards für die menschliche Gesundheit auch für andere Spezies genügen (OECD & NEA 2002), denn ein empirischer Nachweis, dass dies der Fall ist, müsste erst erbracht werden. Auffällig ist, dass in der in diesem Bericht untersuchten Literatur allgemein eine anthropozentrische Sichtweise zum Tragen kommt, insofern v. a. Schäden der menschlichen Gesundheit im Fokus stehen. Um die gesichtete Literatur adäquat wiederzugeben, wird diese Sichtweise im Bericht folglich übernommen. Die Schutzbedürftigkeit der Umwelt, der Biosphäre und nicht-menschlicher Arten bzw. einzelner Organismen leitet sich in dieser Perspektive aus ihrer instrumentellen Notwendigkeit für den Menschen ab, insofern sie die unverzichtbaren Lebensgrundlagen für den Menschen darstellen. Der Mensch, so die empirische Annahme, wird auch in fernster Zukunft für sein Überleben natürliche Ressourcen wie Luft, Wasser und Nahrungsmittel als essenzielle Lebensgrundlagen brauchen; Radioaktivität würde die Bereitstellung und die Konsumfähigkeit dieser Ressourcen gefährden. Bevölkerungsgruppen und Generationen, die von solchen Schäden heute oder in Zukunft betroffen sein könnten, werden als die primäre Instanz aufgefasst, vor der sich die nutznießende Generation zu verantworten hat.

(4) Als letzter Punkt in der ethischen Verantwortungsstruktur ist zu klären, *aufgrund welcher Normen bzw. ethischer Prinzipien* Verantwortung zugesprochen wird. Diese ethischen Prinzipien werden in Kapitel 3 bis 6 erläutert.

2.3 Risikowahrnehmung von radioaktiven Abfall

Anne Eckhardt und Klaus-Peter Rippe haben systematisch die Begriffe *Risiko*, d. h. die „Situation, in der ein Schaden mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten oder nicht eintreten kann“ (Eckhardt & Rippe 2016, S. 173), und *Ungewissheit*, d. h. „Mangel an Gewissheit, der eine Risikoeinschätzung erschwert oder verunmöglicht“ (ebd., S. 175) im Zusammenhang mit radioaktivem Abfall aufgearbeitet. Sie weisen darauf hin, dass die Praxis des Umgangs mit entsprechenden Risiken dadurch gekennzeichnet ist, dass die Risikowahrnehmung von Laien – und damit des Grossteils einer betroffenen Bevölkerung – mit Blick auf die Entsorgung radioaktiven Abfalls von bestimmten relevanten Merkmalen geprägt ist:

- „Radioaktivität ist mit menschlichen Sinnen nicht direkt wahrnehmbar. Daher kann sie von potenziell Betroffenen ohne Hilfsmittel und ohne Unterstützung durch Fachleute schlecht eingeschätzt und kontrolliert werden.
- Bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle sind Unfälle denkbar, die katastrophale Auswirkungen nach sich ziehen.
- Störungen oder Unfälle bei der Entsorgung können sich langfristig auswirken. Dies wird durch die langen Einschlusszeiten unterstrichen, mit denen bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle kalkuliert werden muss. Schäden an der Keimbahn von Menschen, an der Keimbahn anderer Lebewesen oder Veränderungen in ökologischen Systemen können sich sogar auf kommende Generationen übertragen.
- Schwere gesundheitliche Schäden bei Menschen oder schwere Umweltschäden, die durch Radioaktivität verursacht wurden, lassen sich nicht rückgängig machen.
- Viele Menschen empfinden die Freiwilligkeit, mit der Risiken bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle eingegangen werden, als gering. Ihre Möglichkeiten, auf die Formulierung von Sicherheitsstandards, die Standortauswahl für Entsorgungsanlagen oder die sicherheitsgerichtete Gestaltung solcher Anlagen Einfluss zu nehmen, sind begrenzt. Eindeutige Informationen über das Risiko zu erhalten, ist nicht möglich.
- Das Spektrum der Meinungen, die von Akteuren wie Aufsichtsbehörden, Nichtregierungsorganisationen (NGO) und Betreibern vertreten werden, ist ausgesprochen breit. Viele dieser Akteure beanspruchen jeweils für sich, dass ihre Meinung wissenschaftlich abgesichert ist.“ (ebd., S. 8 f.)

Die Möglichkeit von irreversiblen schweren Schäden, Eingriffen in die menschliche Natur und die Umwelt durch Strahlen, die nicht sichtbar und für Laien unkontrollierbar sind; ein radioaktives Material, das über viele Generation hinweg sein Gefahrenpotenzial behält; und die empfundene geringe Freiwilligkeit, diesem Risiko durch die Wahl einer Entsorgungsstätte ausgesetzt zu werden: all diese Faktoren führen nach Eckhardt & Rippe zu einer erhöhten Angst in der Bevölkerung gegenüber radioaktiven Abfällen. Unter Umständen schürt auch eine Verknüpfung von Radioaktivität mit Atomwaffen in der Wahrnehmung von Laien weitere Ängste. Nach Blowers et al. (1999) werden radioaktive Materialien mehr gefürchtet als andere giftige oder schädliche Materialien, z. B. chemo-toxische Stoffe, obgleich deren Gefährdungspotenzial mit hochradioaktiven Abfällen vergleichbar ist.

Ablehnende Reaktionen der Bevölkerung werden zum Teil als Wissenskonflikt in dem Sinne interpretiert, dass die Öffentlichkeit in Vergleich zu den Expertinnen und Experten zu wenig gut informiert sei und daher die Risiken von radioaktivem Abfall überschätze. Widerstand kann aber ebenso einen Hinweis auf einen ethischen Wertekonflikt geben und anzeigen, dass z. B. in einem konkreten Fall eine ethische Abwägung zwischen Sicherheits- und Gerechtigkeitsüberlegungen von Nöten ist. Auf solche ethischen Wertkonflikte sollte die Festlegung und Umsetzung von Schutzziele eine Antwort geben können. Darüber hinaus liegt es auch aus politisch-pragmatischen Gründen nahe, Ängste und Befürchtungen der Bevölkerung z. B. bei der Standortsuche in der Schweiz zu adressieren, um eine aus ethischer Sicht akzeptable Entsorgungslösung gesellschaftlich umsetzbar zu gestalten (vgl. dazu nachfolgender Abschnitt).

2.4 Soziale Akzeptanz und ethische Akzeptabilität

Die ethische Angemessenheit einer Entsorgungslösung ist nicht mit der sozialen Akzeptanz derselben gleichzusetzen. Der niederländische Philosoph Behnam Taebi, der zu den heute führenden Technikethikern zählt, die sich mit Kernenergie und deren Abfallproblematik auseinandersetzen, weist auf diesen entscheidenden Unterschied hin:

„Social acceptance refers to the fact that a new technology is accepted – or merely tolerated by a community. Ethical acceptability refers to a reflection on a new technology that takes into account the moral issues that emerge from its introduction“ (Taebi 2016, S. 2).

Es kann nach Taebi die Möglichkeit bestehen, dass eine Entsorgungslösung in einer bestimmten Gesellschaft oder von einer Mehrheit der Bevölkerung akzeptiert wird, die Entsorgungslösung aber unter ethischen Gesichtspunkten inakzeptabel ist, z. B. weil sie die damit verbundenen Risiken räumlich oder zeitlich ungleich verteilt und bestimmte Gruppen, seien es einzelne Bevölkerungsgruppen oder zukünftige Generationen, diskriminiert. Nach Nancy Shrader-Frechette, amerikanische Philosophin und Physikerin und eine Gegnerin geologischer Tiefenlager in den USA, ist dies bei der US-amerikanischen Entsorgungspolitik der Fall. Ihrer Meinung nach setzen die geplanten oder bislang realisierten Lagerstätten in den USA bereits benachteiligte Bevölkerungsgruppen (insbesondere Native Americans) zusätzlich grossen Nachteilen und Risiken aus. Zudem seien die Lager in den USA technisch unsicher.

In der Schweiz stellt sich die Situation anders dar. Im Sachplan wird betont, dass die Entscheidung für Standorte für Tiefenlager in erster Linie basierend auf (langfristigen) Sicherheitskriterien gefällt werden muss. Die ENSI-G03-Richtlinie rückt den Sicherheitsnachweis als notwendige Voraussetzung für die Realisierung eines Tiefenlagers ebenfalls eindeutig ins Zentrum. Erst in zweiter Linie kommen im Schweizer Verfahren sozioökonomische Aspekte zum Zuge, z. B. der gefürchtete Wertverlust der Region für die Landwirtschaft, den Tourismus, Immobilienverkauf etc. Diese Aspekte und Befürchtungen stehen für die Bevölkerung oft im Vordergrund und berühren aus ethischer Sicht auch Werte von Gerechtigkeit und Fairness. Eine Entsorgungslösung zu finden, die das Bedürfnis nach

Sicherheit und nach Gerechtigkeit befriedigt, ist damit nicht nur für die gesellschaftliche Akzeptanz wichtig, die es braucht, um eine ethisch akzeptable Entsorgungslösung auch zu realisieren. Aus ethischer Sicht ist zentral, die Sicherheitsfrage in einer Weise zu lösen, die Aspekte der intergenerationellen und intragenerationellen Gerechtigkeit berücksichtigt. Widerstände und Befürchtungen in der Bevölkerung können – wie oben erwähnt – zwar einen Hinweis darauf geben, dass verschiedene miteinander konfligierende Werte und Normen im Spiel sind und dieser Konflikt genauer zu betrachten ist. Sie geben allerdings keine Antwort bezüglich der ethisch vorzugswürdigen Lösung.

2.5 Die Zeitdimension als besondere ethische Herausforderung

Viele Ethikerinnen und Ethiker halten die grosse Zeitspanne des Gefährdungspotenzials von 1 Mio. Jahre für die grösste ethische Herausforderung bei der Entsorgung radioaktiven Abfalls (z. B. Shrader-Frechette 1991, Smith et al. 2003, Schneider et al. 2006, Marshall 2007, Dowdeswell 2012, Lavelle et al. 2013). Diese Zeitspanne geht einher mit dem Umstand, dass wir nicht wissen, wie sich der Mensch und die Menschheit, die Gesellschaft und die politischen Systeme, die Wissenschaft und Technik, die Informations- und Kommunikationstechnologien und auch die Natur und Erde entwickeln werden. Wenn man bedenkt, dass Zeugnisse der ersten Frühmenschen rund 2,8 Mio. Jahre alt sind, die Sesshaftigkeit des Menschen, die mit ersten pragmatischen technologischen Errungenschaften einherging, vor 12'000 Jahren einsetzte, die industrielle Revolution erst 250 Jahre hinter uns liegt, und wir seit rund 70 Jahren eine Beschleunigung der Industrialisierung und Technisierung erfahren, die heutzutage auch Eingriffe in die genetische Ausstattung des Menschen möglich machen, mit denen seine Natur irreversibel verändert werden könnte, dann scheinen Prognosen über die Entwicklung von Menschen, Wissenschaften und Technik für die nächsten 1 Mio. Jahre schlichtweg unmöglich. Ebenfalls können keine Vorhersagen getroffen werden, ob Staaten und Nationalgebilde, wie wir sie heute kennen, auch in Zukunft existieren, und wie sich die politischen und gesellschaftlichen Organisationsformen entwickeln, die eine Kontrolle von Tiefenlagern und den Schutz vor unkontrollierter Ausbreitung von Radioaktivität sicherstellen könnten (Lavelle et al. 2013). Die parlamentarische Demokratie als Regierungsform, deren Alter erst 250 Jahre beträgt, und ein geordnetes Verwaltungswesen mit gesetzlich geregelten Aufsichtsbehörden, wie wir es heute in der Schweiz etabliert haben, wird für die nächsten Jahrtausende vermutlich kaum Bestand haben (vgl. Lavelle et al. 2013 zur Problematik der Überwachung über lange Zeiträume). Ferner scheint die Weitergabe von Wissen und Informationen an weit in der Zukunft liegende Generationen ein kaum lösbares Unterfangen: Je weiter in die Zukunft Informationen überliefert werden müssen, umso mehr gehen Inhalte und das Wissen um den Kontext der Informationen verloren, wie der neuseeländische Umweltethiker Alan Marshall (2007) betont (vgl. Kapitel 4.4).

Hinsichtlich der Zeitdimension ist bei der Diskussion von Schutzziele und -kriterien aus ethischer Sicht zu beachten, dass sich relevante Veränderungen, die auf die Sicherheit von Tiefenlagern Einfluss haben könnten, in sehr unterschiedlicher Geschwindigkeit vollziehen können und so auch besser oder weniger gut prognostizierbar sind. Die langsamen

geosphärischen Entwicklungen sind dabei aus heutiger Perspektive am besten vorhersagbar. So ist z. B. die Verschiebung tektonischer Platten klar berechenbar und hinsichtlich daraus resultierender Risiken gut zu analysieren. Doch bereits über mittelschnelle Entwicklungen, wie etwa die Veränderung der Biosphäre oder klimatische Veränderungen über einen Zeitraum von 1 Mio. Jahre, lassen sich weniger treffsichere Aussagen machen. Zu den schnellen Entwicklungen, die für einen solchen Zeitraum gänzlich nicht-prognostizierbar sind, zählen alle Veränderungen der menschlichen Gesellschaft, wie sie oben dargestellt sind.

Angesichts dieser Ungewissheiten gilt es umso mehr, bezüglich einer geeigneten Lösung für eine sichere Entsorgung radioaktiven Abfalls nicht nur sozio-technische Fragen zu stellen und nach sozialer Akzeptanz zu streben, sondern auch ethischen Herausforderungen zu begegnen, wie unter diesen Bedingungen von ungewissen Entwicklungen eine faire Lösung für jetzige und nachfolgende Generationen in handlungsleitende Grundsätze zu überführen ist. Die Formulierung und Umsetzung von Schutzziele können dafür ein Weg sein.

3 Forschungsfrage 1: Welche ethischen Überlegungen und umweltpolitischen Prinzipien sind geeignet, künftig bei Wahlen von Schutzzielen oder -kriterien als Grundlage zu dienen?

Allgemein geht man in der Technikethik davon aus, dass jede Technik (hier: die Entsorgungstechnik radioaktiven Abfalls in geologischen Tiefenlagern) einen Nutzen hat, Chancen und Vorteile eröffnet, zugleich aber auch Schaden verursacht sowie Gefahren und Nachteile mit sich bringt (Renn 2013, S. 72). Um Schutzziele und -kriterien formulieren zu können, braucht es zum einen eine Risikoanalyse, die auf der Grundlage empirischen Faktenwissens über den Nutzen und die Risiken einer Technik vorgenommen wird. Das Faktenwissen über die Sicherheit geologischer Tiefenlager und die damit verbundene Wahl der geologischen Standorte und der Materialien für Aufbewahrungsbehälter⁵ bleibt aufgrund des sehr langen Zeitraumes, den man in Betracht zieht, streckenweise mit grossen Unsicherheiten behaftet (Dverstorp 2008, Okrent 1999, vgl. zu Fragen der Unsicherheit auch Goodin 1978). Doch selbst wenn man annähme, gesicherte empirische Aussagen über die Sicherheit geologischer Tiefenlager wären zukünftig möglich und die offenen technisch-geologisch-materialwissenschaftlichen Fragen gelöst, würde eine Risikoanalyse nicht wertfrei verlaufen. In der Praxis ist oft bereits eine zu teilende Annahme über eine objektive Risikorealität – worin das Risiko besteht (*risk identification*) und wie es zu bewerten ist (*risk analysis*) – Gegenstand von Auseinandersetzungen (Schulenburg & Nida-Rümelin 2013, S. 223).

Jede Risikobewertung hat also nebst einer empirischen auch einer normativen Fragestellung gerecht zu werden. So kann – dies die empirische Dimension – die Einschätzung, was überhaupt als ein Risiko, Schaden oder Nutzen angesehen wird und ob z. B. ein Risiko stärker nach seiner Eintrittswahrscheinlichkeit oder nach dem möglichen Schadensausmass zu bewerten ist, je nach Perspektive der eigenen Betroffenheit und Bezug zum Thema divergieren und wird durch psychologische, gesellschaftlich-kulturelle, mediale und politische Faktoren beeinflusst (Oughton 2001). In der Güterabwägung von Nutzen und Risiken kommen zudem – dies die normative Ebene – moralische Prinzipien, Werte und Überzeugungen zum Tragen. Die Frage, welche Risiken in einer Güterabwägung mit welchem Gewicht zu berücksichtigen sind, und der Entscheid, ob ein Risiko vertretbar und ethisch akzeptabel ist, lässt sich folglich nicht rein technisch mit der Angabe einer bestimmten Strahlendosis oder der Höhe der finanziellen Mittel, die für diesen Risikobereich zur Verfügung gestellt werden sollen, beantworten. Die Risikobeurteilung hat immer auch eine ethische bzw. normative Dimension: Wen dürfen/sollen/müssen wir um welchen Preis wovor schützen und warum?

⁵ In der Schweiz unterscheidet man zwischen Lagerbehältern für hochaktiven Abfall und schwachaktiven Abfall. Bei Behältern für schwachaktiven Abfall wird nach der Einlagerung in einem Tiefenlager nicht mehr von einer Rückhaltefunktion ausgegangen. Behälter für hochaktiven Abfall sollen bis zu 1000 Jahren dicht halten. Von einem Schutz der Behälter wird also in der Langzeitanalyse kein Kredit genommen.

In diesem Kapitel wird gesammelt aufgeführt, welche ethischen Überlegungen und umweltpolitischen Prinzipien einer allfälligen Überarbeitung der Schutzziele und -kriterien zu Grunde gelegt werden könnten. Hier stellen Dokumente internationaler Policy-Diskussionen von OECD, IAEA und NEA, an denen neben Expertinnen und Experten aus den technisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen auch Ethikerinnen und Ethiker beteiligt waren, für die Recherche ethischer Prinzipien eine relevante Quelle dar. International wurde ein breiter Konsens ausgearbeitet, welche Prinzipien zu berücksichtigen sind (vgl. z. B. OECD & NEA 1995, OECD & NEA 2001, IAEA 2002, IAEA 2003). Dabei stehen die folgenden Überlegungen im Vordergrund: (1) Schutz (der Gesundheit), (2) Nachhaltigkeit und (3) Vorsorge sowie (4) intragenerationelle und (5) intergenerationelle Gerechtigkeit. Nach Behnam Taebi (2012) sind in der Debatte um die Nutzung von Kernenergie vor allem zwei moralische Werte relevant: (a) Gewährleistung der Sicherheit für Mensch und Umwelt (davon abhängige Werte: *environmental friendliness*, *public health* und *safety, security*); (b) Gewährleistung des künftigen Wohlbefindens (davon abhängige Werte: *resource durability*, *economic viability*) (Taebi 2012). Während die moralischen Werte unter (a) auf das Prinzip des Nicht-Schadens als Schutzprinzip verweisen, steht hinter den moralischen Werten von (b) das Prinzip der Nachhaltigkeit.

Dieses Kapitel widmet sich zunächst einer ausführlicheren Einführung in das Nicht-Schadensprinzip, das als Schutzprinzip zu verstehen ist (Kapitel 3.1). Die Überlegung, anderen solle kein Schaden zugefügt und daher ein entsprechender Schutz vor radioaktiven Strahlen gewährleistet werden, wird für die Formulierung von Schutzziele und -kriterien aus ethischer Sicht als zentral erachtet. Darüber hinaus sind Prinzipien der Nachhaltigkeit, Vorsorge, Verantwortung, Verursachung und Entscheidungsfreiheit für die Wahl von Schutzziele und -kriterien relevant (Kapitel 3.2). Diese Prinzipien werden vor allem bei Fragen der Gerechtigkeit und der Verantwortung virulent, welche in den nachfolgenden Kapiteln 4, 5 und 6 behandelt werden. Um bei der Darstellung der ethischen Prinzipien einen Bezug zur Schweiz herzustellen, werden die in Kapitel 2.1 aufgeführten ENSI-Leitsätze in diesem Kapitel an entsprechenden Stellen erwähnt und eingeordnet.

3.1 Nicht-Schadensprinzip als Schutzprinzip

Eines der grundlegenden Moralprinzipien ist das Nicht-Schadensprinzip. Es ist im Kontext der Entsorgung radioaktiven Materials wegweisend. Primär wird es in der Literatur wie auch in internationalen Guidelines als Schutz vor schädlichen radioaktiven Strahlen, d. h. als ein Schutzprinzip aufgefasst (vgl. z. B. Taebi 2012, Lindskog et al. 2013). Aufgrund des langanhaltenden Gefahrenpotenzials kann das Schutzprinzip laut der *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) sinnvollerweise nur bedeuten „to reduce exposure to all types of ionizing radiation to the lowest possible level“ (ICRP 1959, S. 10, zit. nach Taebi et al. 2015, S. 813). Die IAEA, deren Empfehlungen u. a. auf den wissenschaftlichen Publikationen des ICRP (www.icrp.org) fussen, betont darüber hinaus nicht nur die Wichtigkeit, Gesundheitsschäden für den Menschen abzuwenden, sondern hebt auch den

Schutz von Umwelt und Biosphäre hervor.⁶ Von einem anthropozentrischen Standpunkt aus hat die Natur einen wichtigen Nutzwert für den Menschen, weil sie für ihn überlebensnotwendige Ressourcen zur Verfügung stellt. Ihre Schutzwürdigkeit beziehen sie also in erster Linie aus der Tatsache, dass sie dem Menschen als Lebensgrundlage dient.

Die Richtlinie ENSI-G03 folgt den IAEA-Grundsätzen und stellt ebenfalls den Schutz von Mensch und Umwelt (Leitsätze a & b) und die Langezeitsicherheit (Leitsatz e) in den Vordergrund. Die Hauptzielsetzung bei der Entsorgung radioaktiven Abfalls ist entsprechend, das Material in der Schweiz so sicher zu lagern, dass Mensch und Umwelt vor dessen Gefahrenpotenzial jetzt und in Zukunft ausreichend bewahrt werden. Sicherheit (*safety*) ist sowohl beim Transport als auch bei der Lagerung radioaktiver Materialien zu gewährleisten und bezeichnet entsprechend die Funktionstüchtigkeit der geologischen Tiefenlager sowie den reibungslosen Transfer des Abfalls in diese Lager.⁷

In der Literatur wird darüber hinaus der Schutzbegriff weiter differenziert. So macht die Philosophin Mary Richardson (2000) in ihrem Artikel zur kanadischen Diskussion um die Entsorgung radioaktiver Abfälle in geologischen Tiefenlagern darauf aufmerksam, dass der Schutzbegriff sowohl von einem technischen als auch von einem sozialen Standpunkt her betrachtet werden kann. Je nach Standpunkt kann man zu unterschiedlichen Definitionen von Schutz kommen. Während die OECD die Position vertritt, Schutz sei eine technische Angelegenheit und dann gegeben, wenn Kriterien, Richtlinien und Standards zum Schutz von Gesundheit und Umwelt eingehalten werden, versteht nach Richardson die Öffentlichkeit Schutz generell als ein Abwenden von Schaden:

„For the public, safety is not a matter of probabilities and meeting standards and regulations. It is, rather, the opposite of danger; it is protection from harm“ (Richardson 2000, S. 37).

Ein solcher Schaden, so Richardson, bleibt aus gesellschaftlicher Perspektive nicht auf Gesundheit und Umwelt beschränkt, sondern umfasst u. U. auch soziale und ökonomische Effekte. Dass sich ein solcher Effekt einstellen könnte, wird in der Richtlinie ENSI-G03 mit der Forderung berücksichtigt, die Nutzung von Bodenschätzen sei nicht unnötig einzuschränken. Dieser Leitsatz kann m. E. ökonomisch ausgelegt werden. Die Betonung in den Richtlinien, dass zukünftigen Generationen keine ungebührenden Lasten aufgebürdet werden sollen, weist auf einen sozialen Aspekt hin, nämlich jenen der intergenerationellen Gerechtigkeit. Es

⁶ „Radioactive waste shall be managed in such a way as to provide an acceptable level of protection of the environment“ (OECD & NEA 2002, S. 66).

⁷ Unter Sicherung (*security*) versteht die IAEA Vorkehrungen, um kriminelle Akte, Sabotage und Anschläge auf Lagerstätten sowie Raub von radioaktivem Material zu verhindern (Boutellier et al. 2006, S. 38, Taebi et al. 2015, S. 813). Dieser Aspekt wird in der Schweiz für das Erbringen eines Sicherheitsnachweises eines geologischen Tiefenlagers ausser Acht gelassen, insofern Szenarien z. B. eines absichtlichen Eindringens in das Lager aus der Sicherheitsanalyse ausgeschlossen werden (ENSI-G03, Abschnitt 7.2.2., S. 16). Die Sicherung spielt in der Schweiz für den Nachweis der Langzeitsicherheit daher keine Rolle, weil diese ohne menschliches Zutun erfolgen soll. Für die oberirdischen Teile geologischer Tiefenlager bzw. während dem Bau und Betrieb ist in der Schweiz hingegen ein Sicherungskonzept vorgesehen.

gibt also Hinweise, dass Schutz in der Schweizer Richtlinie umfassender verstanden wird denn „lediglich“ als Schutz von Gesundheit und Umwelt des Menschen.

Eine weitere Unterscheidung, die für die inhaltliche Konkretisierung des Schutzbegriffs relevant ist, führt Taebi ein. Schutz kann nach Taebi in einem absoluten Sinn verstanden werden (*jeglichen* Schaden vermeiden) oder in einem relativen Sinn (die Möglichkeit von Schaden *reduzieren*) (Taebi et al. 2015, S. 812 f.). Aufgrund des langanhaltenden Gefahrenpotenzials radioaktiven Abfalls und der damit einhergehenden Unsicherheiten, liegt es nahe, davon auszugehen, dass das Schutzprinzip sinnvollerweise nur relativ verstanden werden kann. Im Fall der Entsorgung von radioaktivem Abfall geht es um den Schutz vor Risiken, die in Zusammenhang mit diesem Abfall stehen. Um einen solchen Schutz zu definieren, braucht es auch aus ethischer Sicht eine Risikoeinschätzung, in der unterschiedliche Dimensionen der Risikoanalyse Berücksichtigung finden, wie im folgenden Abschnitt gezeigt wird.

3.1.1 Ethische Risikoeinschätzung als Grundlage für ein Schutzprinzip

Armin Grunwald, der zu den wichtigsten Vertretern der Technikfolgenabschätzung im deutschsprachigen Raum zählt, legt in einem Beitrag systematisch dar, was eine ethische Risikoeinschätzung beinhaltet (Grunwald 2016). Davon ausgehend, dass Risiken mögliche Schäden sind, die als Folge menschlichen Handelns und Entscheidens auch unbeabsichtigt auftreten können, stellt sich die zentrale ethische Frage: Unter welchen Bedingungen ist es gerechtfertigt, dass Individuen oder Kollektive ein Risiko eingehen, um ein (für wertvoll erachtetes) Ziel zu realisieren? Generell geht man davon aus, dass Risiken unerwünscht sind und nach Möglichkeit vermieden werden sollen. Das objektive Risiko wird auf Grundlage des aktuellen Wissensstandes aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensgrösse errechnet. Risikoart und Fähigkeit von Systemen zur Resilienz spielen bei der Einschätzung von Risiken eine Rolle. Diese Einschätzung reicht aber für die Rechtfertigung eines Risikos nicht aus. Die Verantwortbarkeit und ethische Akzeptabilität von Umweltrisiken muss ein soziales Moment berücksichtigen, nämlich die Verteilung von Chancen und Risiken, die stets bestimmte Personen und Personengruppen betrifft (vgl. Grunwald 2016). Die Frage der Verteilungsgerechtigkeit wird im Kapitel 5 dieses Berichts aufgenommen.

Ray Kemp (1992) macht auf drei Dimensionen aufmerksam, die in einer Risikoanalyse wirksam werden. *Erstens* sind empirische Einschätzungen und Voraussagen zur Sicherheit einer Anlage zu berücksichtigen. *Zweitens* bedarf es einer sozialen Akzeptanz und ethischen Akzeptabilität der Risiken. Sicher genug heisst dann, dass die Vorteile zusätzlicher Sicherheit die Kosten der Risikoreduktion nicht rechtfertigen. Wie in Kapitel 2.4 erwähnt, muss sich der soziale Standpunkt (faktische Zustimmung zu einem Risiko) nicht mit dem ethischen Standpunkt decken. Die Kosten/Risiko-Nutzen-Analyse zur Risikobewertung kann nach Kemp durchaus zu unfairen Ergebnissen führen, wenn die Verteilung von Kosten bzw. Risiken und Nutzen unberücksichtigt bleibt, oder wenn gegen individuelle Rechte (Menschenrechte, Grundrechte) verstossen wird. Es geht also nicht nur um die Herstellung von ausreichendem Schutz für

Mensch und Umwelt, sondern auch um die Frage, auf wessen Kosten dieser Schutz bewerkstelligt werden kann: wer geschützt wird und wer für den Schutz „zahlt“, und zwar nicht nur finanziell, sondern gegebenenfalls auch unter Einbussen persönlicher Rechte. Die *dritte* Risikodimension nach Kemp ist der kulturelle Kontext von Normen und Entscheidungen über Risiken. Im Rückgriff auf die Sozialanthropologin Mary Douglas hält er fest, dass die öffentliche Wahrnehmung von Risikopolitik durch Ideen von Freiheit und Gerechtigkeit in der Verteilung von Risiken beeinflusst wird, die oft die Verteilung von Macht und Status widerspiegeln. Konkrete Entscheidungen über die Verteilung von Risiken sind von diesem kulturellen Kontext geprägt, der die Risikowahrnehmung in der Öffentlichkeit verzerren kann. Kems Ansatz einer kritischen Theorie (*critical theory*) versucht diesen Verzerrungen zu entgehen und zugleich bei der Risikoanalyse und dem Entscheid über die Risikoverteilung Überlegungen von Freiheit und Gerechtigkeit miteinzuschliessen.

Wenn man Kems Differenzierung verschiedener Dimensionen einer Risikoanalyse folgt, dann versteht man Sicherheit, so könnte man interpretieren, als ein normativ aufgeladenes Konzept. Dieses erschöpft sich nicht in empirisch-technischen Überlegungen, sondern weist auch ethische, soziale und kulturelle Komponenten auf, die bei der Festlegung eines bestimmten Sicherheitsmasses ebenfalls zu berücksichtigen sind.

3.1.2 Massstab für Schutz

Im Leitsatz a im Abschnitt 4.2 der ENSI-G03 wird ein Schutzmass festgelegt, nämlich dass nur „eine geringe zusätzliche Strahlenexposition für die Bevölkerung“ zulässig ist. In der Literatur wird oft argumentiert, dass sich die Höhe einer „zulässigen Dosis“ an der natürlichen Strahlenbelastung orientiert. Daraus leitet sich auch die Forderung ab, Tiefenlager sollten eine Schutzdauer von bis zu 1 Mio. Jahre gewährleisten, weil dann die Radioaktivität des Abfalls die in der Natur vorkommende Dosis nicht mehr übersteigt („back-to-nature-crossover“). So hält Chapman (2002) fest:

„There is no logical or ethical reason for trying to provide more protection than the population already has from earth’s natural radiation environment, in which it lives and evolves“ (S. 150).

Mit dem Massstab natürlicher Radioaktivität als unbedenkliche Dosis ergeben sich jedoch verschiedene Schwierigkeiten. *Erstens* variiert die natürliche Strahlenbelastung je nach Standort. So gibt es Gegenden mit natürlicherweise stark erhöhter Strahlenbelastung. Zudem haben verschiedene Aktivitäten des Menschen – wie beispielsweise die oberirdischen Atomversuche im Kalten Krieg, verschiedene Nuklearkatastrophen oder auch der Betrieb von Kernkraftwerken sowie die bisherige Entsorgungs- und Aufbereitungspraxis radioaktiven Abfalls – bereits weltweit und auch regional begrenzt zu erhöhten Strahlenbelastungen geführt. Fallen Messungen an solchen Orten auch ins Spektrum der „natürlichen Strahlung“ –

wenn nicht heute, so vielleicht in 100, 1000 oder 10'000 Jahren?⁸ Welche lokalen Messwerte sollen konkret als Referenz für ein „natürliches“ Mass genommen werden?

Zweitens wird aus philosophischer Sicht der Versuch, den Wert einer Sache dadurch zu begründen, dass eine Analogie zur Natur gezogen wird, mit Skepsis betrachtet. Nur weil etwas in der Natur existiert oder von Natur aus so ist, kann nicht daraus abgeleitet werden, dass es auch in einem moralischen Sinn gut und angemessen ist. Auf die Gefahr eines solchen naturalistischen Fehlschlusses wird in der Literatur in Bezug auf die Festlegung einer Strahlendosis hingewiesen (vgl. Fleming 2008; vgl. auch Fleming 1999). Für die Zulässigkeit einer „geringen zusätzlichen Strahlendosis“ sollten deshalb aus ethischer Sicht weitere Argumente herangezogen werden. Der Nachweis, dass eine bestimmte Strahlendosis für den Menschen und für nicht-menschliche Spezies ungefährlich ist, könnte ein solches Argument liefern. Jedoch ist hier einschränkend zu bemerken, dass ein solcher Nachweis in der Praxis schwer zu erbringen ist.

Drittens ist wie oben erwähnt auch ohne menschliche Aktivität das Leben auf der Erde einer steten radioaktiven Strahlung ausgesetzt, an die sich das Leben evolutiv angepasst hat. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich nicht auch durch die nicht-anthropogene Strahlung Veränderungen im Erbgut und insofern schädliche Wirkungen ergeben. Die Debatte um den Zusammenhang von Lungenkrebs und dem Vorkommen des radioaktiven Edelgases Radon zeigt, dass auch nicht-anthropogene Strahlung gesundheitlich problematisch sein kann. In der Philosophie gibt es eine Kontroverse darüber, ob künstliche Ursachen anders zu bewerten sind als natürliche Ursachen. Zum einen scheinen künstliche Ursachen vermeidbar zu sein und zum anderen können hier Verantwortungsträger ausgemacht und adressiert werden. Eine Kontroverse könnte sich u. a. um die Frage drehen, inwiefern die Verursacher tatsächlich frei von Sachzwängen gehandelt haben und entsprechend zur Verantwortung gezogen werden können.

Viertens kann man mit der Angabe einer bestimmten Strahlendosis, die nicht überschritten werden darf (siehe die veraltete Richtlinie HSK-R-21, Schutzziel 1), laut Shrader-Frechette (1991) in ein sogenanntes Schwellenwertdilemma (*threshold dilemma*) geraten. Denn man gestehe damit zu, dass sich Risiken nicht gänzlich vermeiden liessen. Es gebe also immer ein (geringfügiges) Risiko. Shrader-Frechettes Beobachtung ist jedoch entgegenzuhalten, dass dies die Definition und Operationalisierung von Schwellenwerten nicht ausschliesst, wenn man davon ausgeht, dass Risiken, die unterhalb eines bestimmten Grenzwertes liegen, moralisch nicht relevant und damit zumutbar sind (Eckhardt & Rippe 2016, S. 140). Gesetzlich festgeschriebene Schwellenwerte können durchaus dazu dienen, bei „kalkulierbaren“ Risiken, deren Schadensausmass und Eintrittswahrscheinlichkeit man kennt, eine eindeutige Aussage

⁸ In diesem Kontext sei auf die These der Philosophin Sophie Poirot-Delpech verwiesen, dass der ontologische Status von radioaktivem Abfall Unklarheiten aufweist und eine simple Zuordnung in die Dichotomie von „künstlich“ und „natürlich“ für dieses Material nicht möglich sei (Poirot-Delpech 2017).

darüber zu machen, ob eine Entsorgungslösung angemessen ist oder nicht (ebd., S. 155).⁹ Eine zentrale Frage aus ethischer Sicht beliebt jedoch festzulegen, welche Risiken anderen zumutbar sind.

3.1.3 Zumutbarkeit von Risiken

Ein wichtiger Grundsatz der OECD und IAEA lautet, dass insbesondere zukünftigen Generationen keine übermässigen Lasten („undue burdens“) zugemutet werden sollen (Ahearne 2000). Dieser Grundsatz wird auch in der ENSI-G03-Richtlinie im Leitsatz h aufgegriffen, insofern es eine Lastenfreiheit zukünftiger Generationen geben soll. Wie kann man aber wissen, wann ein Risiko oder eine Last für die Nachkommenschaft (un)zumutbar ist (vgl. dazu auch Kapitel 5.2)?

Die Leitsätze c und d im Abschnitt 4.2 der Richtlinie ENSI-G03 versuchen einen Standard in Bezug auf zulässige Risiken festzulegen und greifen dabei auf eine in der Fachliteratur häufig gebrauchte Formel zurück, nämlich dass die Zumutbarkeit von Risiken für andere Nationen und für zukünftige Generationen sich an den eigenen aktuellen Massstäben orientiert. So wird von der IAEA festgehalten:

„Radioactive waste shall be managed in such a way that predicted impacts on health of future generations will not be greater than relevant levels of impact that are acceptable today“ (IAEA 1995, S. 5).

In der Schweizer Richtlinie wird der Standard sowohl zeitlich („heute“) als auch örtlich („in der Schweiz“) festgelegt. In der Literatur wird dieses Vorgehen in Bezug auf den Zeitpunkt mit dem Mangel an besseren Alternativen gerechtfertigt.

In diesem Kontext ergeben sich jedoch verschiedene Problematiken. Risiken, die faktisch in einer Gesellschaft akzeptiert werden, müssen wie erwähnt von einem ethischen Standpunkt aus nicht automatisch vertretbar sein. Die gesellschaftliche Zustimmung zu einem Risiko allein hat also noch keine legitimierende Kraft, da es kognitive Unzulänglichkeiten in der Risikobewertung geben könnte, man sich also über das tatsächliche Ausmass des Risikos täuscht. Umgekehrt kann auch gegen Widerstand die Zumutung eines Risikos legitim sein, z. B. um grösseren Schaden von anderen Betroffenen (etwa noch grössere Unsicherheiten für zukünftige Generationen) aufgrund mangelnder Alternativen abzuwenden (vgl. Routley & Routley 2008). Freilich gilt es als unstrittig, dass unfreiwillig eingegangene Risiken ethisch schwerer wiegen als freiwillig eingegangene Risiken.

Angesichts der Differenzen von Risikowahrnehmung und -toleranz in verschiedenen Gesellschaften stellt sich die Frage, welches dieser gesellschaftlich unterschiedlichen Risikolevels für zukünftige Generationen als Richtwert dienen soll. Hinzu kommt, dass die Normen, Werthaltungen und Risikoeinstellungen zukünftiger Menschen und Gesellschaften

⁹ In Bezug auf radioaktiven Abfall kennt man zwar die Strahlendosis und deren Wirkung. Jedoch ist z. B. die Wahrscheinlichkeit, dass Menschen im Zeitraum von 1 Mio. Jahre in ein Tiefenlager eindringen und damit allenfalls Schaden anrichten könnten, unbekannt.

unbekannt sind. Wer hätte, so fragt Aparicio (2010), das Recht, für zukünftige Generationen zu sprechen? Parkins & Haluza-DeLay (2011) halten fest, dass das gegenwärtige politische System nicht so organisiert ist, dass zukünftigen Generationen stellvertretend bzw. advokatisch eine direkte Stimme gegeben wird bei Entscheidungen, die sie betreffen (Parkins & Haluza-DeLay 2011, S. 25).

Letztlich bleibt es, so scheint es, unmöglich zu wissen, ob zukünftige Generationen retrospektiv die heutigen Sicherheitsstandards als ausreichend betrachten würden. Die Begrenzung auf die eigene zeitliche Perspektive ist, so könnte man festhalten, als Faktum zu akzeptieren. Jedoch handelt es sich bei der schädlichen Hinterlassenschaft der heutigen Generation aus Sicht zukünftiger Generationen um unfreiwillig eingegangene Risiken mit dem Potenzial, irreversiblen Schaden anzurichten, die ohne einen aus heutiger Perspektive erkennbaren Nutzen sind. Diese Tatsache sollte berücksichtigt werden, z. B. indem selbstbestimmte Entscheide, was mit dem Abfall geschehen soll, für zukünftige Generationen möglich bleiben (vgl. Kapitel 3.2.5).

In der Richtlinie ENSI-G03 wird ebenfalls eine lokale Begrenzung (Orientierung am nationalen Standard) vorgenommen. Damit wird der staatlichen Autonomie der Schweiz Rechnung getragen. Jedoch reicht die nationale Orientierung nicht aus angesichts der Forderung der IAEA, Schutz jenseits der nationalen Grenzen zu gewährleisten. Je nach Standort bleiben die Auswirkungen eines möglichen Austritts von Radioaktivität ins umliegende Gestein oder – bei Öffnung der Tiefenlager und Bergung des Abfalls – in die Umwelt an der Oberfläche u. U. nicht auf die Schweiz begrenzt. Auch ist stark zu bezweifeln, ob die Schweiz als Nationalgebilde über einen Zeitraum von 1 Mio. Jahre existiert. Eine Orientierung an internationalen Schutzstandards ist folglich naheliegend.

Welche Risiken konkret für gesellschaftlich zumutbar gehalten werden, ist auch davon abhängig, welche Risikolevels in anderen Bereichen akzeptiert werden. Hier kann es grosse Unterschiede geben, sowohl innerhalb einer Gesellschaft als auch zwischen verschiedenen Gesellschaften. Auch bleibt offen, welche Risiken zukünftige Generationen für zumutbar halten, weil man ihre Werte und Sichtweisen nicht kennt.

3.2 Weitere ethische Prinzipien

In den folgenden Abschnitten werden weitere ethische Prinzipien aufgeführt, die in der untersuchten Literatur z. T. prominent erwähnt werden und bei der Wahl von Schutzziele und -kriterien als Grundlage dienen könnten.

3.2.1 Nachhaltigkeitsprinzip

Das *Nachhaltigkeitsprinzip (sustainability)* stellt gerade innerhalb einer anthropozentrischen Ethik einen wichtigen Grundsatz dar, der einen moralischen Rahmen zur Formulierung von Schutzziele bieten kann. Der Nachhaltigkeitsbegriff wird in der Fachliteratur breit diskutiert; hier soll aber die Standarddefinition aus dem Brundtland-Bericht von 1987 genügen:

„Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It contains within it two key concepts:

- the concept of ‘needs’, in particular the essential needs of the world’s poor, to which overriding priority should be given; and
- the idea of limitations imposed by the state of technology and social organization on the environment’s ability to meet present and future needs” (zitiert nach Lindskog et al. 2013)

Box 2: Vier leitende Prinzipien gemäss NAPA (1997) für einen fairen und gerechten Ausgleich zwischen den Generationen

Trustee Principle: Every generation has obligations as trustee to protect the interests of future generations.

Sustainability Principle: No generation should deprive future generations of the opportunity for a quality of life comparable to its own.

Chain of Obligation Principle: Each generation’s primary obligation is to provide for the needs of the living and succeeding generations. Near term concrete hazards have priority over long term hypothetical hazards.

Precautionary Principle: Actions that pose a realistic threat of irreversible harm or catastrophic consequences should not be pursued unless there is some compelling countervailing need to benefit either current or future generations.

Weil Kernenergie radioaktiven Abfall produziert und Uran verbraucht, ist sie nach Taebi (2012) keine nachhaltige Ressource. Aufgrund der schwer absehbaren Langzeitfolgen für künftige Generationen und angesichts des prospektiv ausgerichteten *Nachhaltigkeitsprinzips* stellt sich für Taebi (2012) und Söderberg (1999) die Frage der intergenerationellen Gerechtigkeit mit Nachdruck. Hier sind das *Anwaltschaftsprinzip* (*trustee principle*) und das *Kette-der-Verantwortung-Prinzip* (*chain of obligation principle*) wichtig, wie sie auch im Bericht der *National Academy of Public Administration* (NAPA 1997, S. 7) als Prinzipien für einen fairen und gerechten Ausgleich zwischen den Generationen formuliert wurden (vgl. Box 2):

- Gemäss dem *Anwaltschaftsprinzip* hat jede Generation die Pflicht, die Interessen zukünftiger Generationen zu schützen.
- Das *Kette-der-Verantwortung-Prinzip* besagt, dass die primäre Verpflichtung einer Generation ist, vor allem die Bedürfnisse der unmittelbar folgenden Generation zu befriedigen.

Auf die Fragen der intergenerationellen Gerechtigkeit und der Möglichkeit zeitlich abgestufter Verpflichtungen gegenüber nachkommenden Generationen wird insbesondere im Kapitel 4.3 noch eingegangen.

3.2.2 Vorsorgeprinzip

Das *Vorsorgeprinzip* (*precautionary principle*) wird oft so interpretiert, dass nichts getan werden darf, das einen irreversiblen oder katastrophalen Schaden anrichten könnte, es sei denn, es gibt ein zwingendes Bedürfnis gegenwärtiger oder zukünftiger Generationen, diese Handlung dennoch vorzunehmen (Lindskog et al. 2013, S. 248, vgl. auch Box 2). Der Einfachheit halber wird in der Literatur angenommen, dass zukünftige Generationen genauso über Risiken denken wie heutige. Bei der Vorsorge haben reale, gegenwärtige Gefahren gegenüber hypothetischen, zukünftigen Gefahren Priorität.

Das Vorsorgeprinzip ist jedoch nur bedingt auf die Frage der Entsorgung radioaktiven Abfalls anwendbar, da die Option, etwas nicht zu tun und damit zukünftigen Schaden zu vermeiden, nicht gegeben ist. Vielmehr ist eine Risikominimierung eines bereits entstandenen Problems der Abfallentsorgung, nicht die Vermeidung sämtlicher Risiken, das anvisierte Ziel. Für die Abfallentsorgung gilt aber dann konsequenterweise ebenfalls, dass diese nach Möglichkeit keine „irreversiblen oder katastrophalen Schäden“ anrichten darf.

3.2.3 Prinzip der Verantwortung

Sowohl das Nachhaltigkeits- als auch das Vorsorgeprinzip bauen auf dem Prinzip der retrospektiven Verantwortung auf. Wie im Leitsatz h im Abschnitt 4.2 der Richtlinie ENSI-G03 wird die Verantwortung für die Entsorgung radioaktiven Abfalls bei der nutzniehenden Generation gesehen, die den Abfall verursacht hat bzw. noch verursacht (Andrén 2012, S. 78). Dieses Prinzip der Verantwortungszuschreibung ist international anerkannt und z. B. im KASAM-Prinzip des Schwedischen Nationalen Rates für radioaktiven Abfall (KASAM – Statens råd för kärnavfallsfrågor) aus dem Jahre 1987 explizit festgehalten:

„This principle means that the present generation, which has reaped the benefits of nuclear energy, must also take care of the waste and not transfer the responsibility to future generations“ (Toverud & Wingefors 1999, S. 257).

Aus dem KASAM-Prinzip kann folgender Schluss gezogen werden: Wenn Verantwortung zum Beispiel für das Monitoring und die Wartung der Tiefenlager an nachfolgende Generationen übertragen wird, kann dies nur in einer Weise geschehen, dass dieser Prozess als notwendig und fair erlebt wird, z. B. indem entsprechendes Wissen und Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Retrospektive Verantwortung wird hier an Wiedergutmachung (Bereitstellen von Wissen und Ressourcen) gekoppelt. Dieser Ansatz wird auch in dem politischen Vorgehen der Schweiz mit der Betreiber der Kernanlagen als derjenigen Instanzen, welche die Entsorgung bezahlen müssen, befolgt.

3.2.4 Verursacherprinzip

Im engen Zusammenhang mit der retrospektiven Verantwortung steht auch das *Verursacherprinzip* (*polluter pays principle*). Danach gehen die mit den Folgen einer Handlung

verbundenen Kosten zu Lasten des Verursachers. Dieses Prinzip wird wie oben erwähnt in der Schweizer Entsorgungspolitik verfolgt.

3.2.5 Respekt vor der Entscheidungsfreiheit zukünftiger Generationen

In der Literatur wird immer wieder geltend gemacht, dass, um eine Entsorgungslösung mit Blick auf künftige Generationen ethisch zu bewerten, nicht nur das Prinzip des Schutzes der künftigen Generation relevant ist, sondern auch das Prinzip des Respekts vor der Entscheidungsfreiheit zukünftiger Generationen (vgl. z. B. Kermisch 2016). Danach sollen zukünftige Generationen die Möglichkeit haben, über essenzielle Belange selbst entscheiden zu können. Um Interessen zukünftiger Generationen berücksichtigen zu können, wäre es wichtig zu wissen, was die Bedürfnisse und Werte dieser Menschen sind, um eine angemessene Entsorgungslösung zu finden.

Ein solches Wissen ist unmöglich zu ermitteln. Vor diesem Hintergrund stellt sich für Thunberg (2000) die Frage, inwieweit zukünftige Generationen am Entscheidungsprozess für die Entsorgung radioaktiven Abfalls überhaupt teilhaben können und sollen. Ihr Recht auf Selbstbestimmung müsste dabei berücksichtigt werden können, ohne dass die Verantwortung, die die „Verursacher-Generationen“ für die Entsorgungslösung tragen, auf zukünftige Generationen abgewälzt wird. Thunberg (2000) kommt zu dem Schluss:

„My own conclusion, after having once again re-considered the matter, is that we can hardly advance further than to manufacture an interactive waste management system, allowing us to involve present and future generations in an open, flexible, and non-preconstrained decision making process“ (Thunberg 2000, S. 134).

Sein Lösungsvorschlag ist demnach ein flexibler und ergebnisoffener Entscheidungsprozess, in dem zukünftige Generationen mit einbezogen werden sollen.

Eine Variante, um diesen Einbezug im Entscheidungsprozess zu ermöglichen, besteht darin, einen leichteren Zugang zu radioaktiven Abfällen für nachfolgende Generationen zu gewährleisten. Möglichkeiten des Monitorings, der Reparatur und der Reversibilität und Rückholbarkeit des radioaktiven Abfalls in geologischen Tiefenlagern sind aber begrenzt (*reversibility* und *retrievability*, vgl. Box 1), wenn man passive Sicherheitsbarrieren einbauen möchte, d. h. Sicherheitsbarrieren, die ohne menschliches Zutun auf sehr lange Zeit funktionieren.

Box 1: Definition der Begriffe Reversibilität (reversibility) und Rückholbarkeit (retrievability) gemäss OECD & NEA (2012)

Mit **Reversibilität** bzw. Umkehrbarkeit wird die Möglichkeit gemeint, Entscheidungen der Standortwahl bei der Tiefenlagerung in der Bauphase zu revidieren, d. h. zu einer früheren Phase des Verfahrens der Standortauswahl zurückzukehren.

Unter **Rückholbarkeit** wird die Möglichkeit verstanden, radioaktiven Abfall aus einem Tiefenlager zurückzuholen, wenn dieser bereits eingelagert wurde und das Lager (teilweise) endgültig versiegelt wurde. Für diesen Akt der Rückholung müssen entsprechende technische Voraussetzungen geschaffen worden sein.

Um die Selbstbestimmungsrechte der nächsten Generationen zu berücksichtigen, argumentiert Kermisch (2016) für eine oberirdische Lagerung. Nach ihm seien oberirdische Lager als Aufbewahrungsort zu bevorzugen, weil sie Reversibilität und Rückholbarkeit besser gewährleisten können.

Gegen Kermischs Position kann eingewandt werden, dass das Selbstbestimmungsrecht nur solange ausgeübt werden kann, wie der Transfer von Wissen und Ressourcen gewährleistet ist. Eine solche Transfurmöglichkeit ist jedoch zeitlich beschränkt (vgl. Kapitel 4.4). Für Generationen, die in weiter(er) Zukunft leben und bei denen man nicht davon ausgehen kann, dass sie noch über (umfassende) Daten und Informationen über die Lagerstätten verfügen, sollten nach der hier vertretenen Ansicht der Schutz- und der Sicherheitsaspekt stärker in den Vordergrund treten. Für diese Generationen wäre eine oberirdische Lagerung die schlechteste und eine Lagerung ohne Rückholbarkeit die beste Option.

In der Schweiz wird im KEG die geologische Tiefenlagerung gesetzlich verlangt, eine langfristige Oberflächenlagerung ist ausgeschlossen. Bis zum Verschluss des Lagers ist die Rückholbarkeit vorgesehen, ohne dass aber damit die passiven Sicherheitsbarrieren negativ beeinflusst werden dürfen (ENSI-G03, Leitsatz g in Abschnitt 4.2). Gründe für eine Bergung des Abfalls könnten sein, dass die Sicherheit des Lagers nicht mehr gegeben ist, Abfälle anders besser entsorgt oder anderweitig genutzt werden könnten. Der Verschluss des Lagers ist nicht mehr mit einem Selbstverschlussmechanismus vorgesehen, sondern soll gemäss Art. 38 Abs. 2 KEG vom Bundesrat angeordnet werden.

3.3 Fazit

In diesem Kapitel wurde der Frage nachgegangen, welche ethischen Überlegungen und umweltpolitischen Prinzipien geeignet sind, künftig bei Wahlen von Schutzzielen und -kriterien als Grundlage zu dienen. Das Nicht-Schadensprinzip als Schutzprinzip wird aus ethischer Sicht für zentral erachtet. Eine Grundlage für die Konkretisierung von Schutzzielen bietet eine Risikoeinschätzung. Sie schliesst sowohl empirische Voraussagen zur Sicherheit einer Anlage als auch normative Überlegungen z. B. zur fairen Verteilung von Kosten/Risiken und Nutzen ein. Das Nicht-Schadensprinzip zielt darauf ab, gegenwärtige und zukünftige Risiken für Mensch und Umwelt abzuwenden, die man für nicht zumutbar hält. Die Zumutbarkeit von Risiken muss dafür definiert werden. Der Rückgriff auf „natürliche Strahlung“ als Massstab erweist sich dabei als nicht unproblematisch.

Neben dem Nicht-Schadensprinzip sind auch andere ethische Überlegungen und umweltpolitische Prinzipien heranzuziehen. Dazu zählen die Grundsätze zur Nachhaltigkeit,

Vorsorge, Verantwortung, Verursachung, Entscheidungsfreiheit und Gerechtigkeit. Denn für die konkrete Ausgestaltung von Schutzziele ist es wichtig zu bestimmen, wer bzw. welcher Personenkreis genau Verantwortung trägt. Hierfür können das Prinzip der *Verursachung* und der *Verantwortung* herangezogen werden. Gegenüber wem man verantwortlich ist, wird vor allem im Prinzip der *Nachhaltigkeit* thematisiert. Dieser Grundsatz kann – neben dem Prinzip der *Vorsorge* – auch für die Definition herangezogen welchem, für was und in welchem Mass jemand Verantwortung trägt. Die Grundsätze des *Nicht-Schadens*, der *Gerechtigkeit* und der *Entscheidungsfreiheit* bilden die normative Basis dafür, dass sich überhaupt die Frage der Verantwortung für die Entsorgung radioaktiven Abfalls stellt.

Bei den Wahlen von Schutzziele ist aus ethischer Sicht darauf zu achten, die Frage nach dem ausreichenden Schutz mit Überlegungen zur fairen Risikoverteilung und Bewahrung von Grundrechten zu verknüpfen. Dass zukünftige Generationen Risiken, die von radioaktiven Abfällen ausgehen, unfreiwillig ausgesetzt sind, spielt für die Frage der Fairness eine Rolle. Auch aufgrund der langen Zeitspanne können sich konfligierende ethische Anforderungen an die Entsorgungslösung stellen. Zum einen will man sich langfristig nicht auf die aktive, institutionelle Kontrolle des radioaktiven Abfalls verlassen, so dass aus Sicherheits- und Schutzüberlegungen die IAEA für passive Sicherheitsbarrieren und den Verschluss von Tiefenlagern argumentiert. Ein solcher Verschluss ist auch in der Schweiz vorgesehen. Zum anderen wird aus ethischer Sicht gefordert, dass künftige Generationen die eigene Zukunft gestalten können, was z. B. mit der Rückholbarkeit von Abfällen gewährleistet werden soll. Insgesamt sollte für die Formulierung von Schutzziele und -kriterien Wertekonflikt zwischen Sicherheitsanforderungen, Selbstbestimmungsrecht und Gerechtigkeit im Auge behalten werden.

4 Forschungsfrage 2: Was heisst insbesondere „schützen“ über lange Zeiträume (bei unbekannter Entwicklung von Mensch und Technik)?

„Schützen“ wird im vorliegenden Bericht als das Abwenden von Risiken und Gefahren durch Ergreifen von Sicherheitsmassnahmen und -vorkehrungen verstanden. Die Beurteilung der Frage, wie sich ein Risiko über einen langen Zeitraum entwickelt und wie sich ein Gefährdungspotenzial im Laufe der Zeit durch die Entwicklung von Mensch, Gesellschaft und Technik verändern könnte, ist zunächst eine empirische Aufgabe, die sich mit Szenarien, Prognosen und Wahrscheinlichkeiten auseinandersetzen muss. Ein Zeitraum von 1 Mio. Jahre ist für menschliches Ermessen nicht überschaubar (vgl. Smith et al. 2003). Zwar weiss man um die schädliche Wirkung von Radioaktivität auf die Biosphäre und wie das Strahlenpotenzial über die Zeit abnimmt. Die Prognoseungenauigkeit der geologischen, technischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen nimmt mit zunehmender Distanz in die Zukunft jedoch zu. An dieser Beobachtung schliessen sich Fragen an, wie aus ethischer Sicht mit Ungewissheiten bei der Wahl von Schutzziele und -kriterien umzugehen ist und welche ethischen Forderungen sich allenfalls angesichts der langen Zeiträume ergeben. Die folgenden Abschnitte widmen sich diesen Diskussionspunkten.

4.1 Lange Zeiträume aus gesellschaftlicher und technischer Sicht

Lange Zeiträume können nach Lavelle et al. (2013) aus technischer oder gesellschaftlicher Perspektive betrachtet werden. Je nach Perspektive rücken andere Fragestellungen in den Fokus. Aus *technischer Sicht* ist die Frage nach der Halbwertszeit und oberflächlicher bzw. geologischer Prozesse relevant. Aus *gesellschaftlicher Sicht* drängen Fragen nach den Rechten und Pflichten gegenüber gegenwärtigen und zukünftigen Generationen (Verantwortung, Demokratie und Gerechtigkeit) nach Antworten. Hier zeigt sich, wie bereits in Kapitel 2.5 erwähnt, dass zwischen verschiedenen Arten von Entwicklungen mit je eigenen Zeitskalen zu differenzieren ist. Geologische Veränderungen erfolgen langsam. Vorhersagen sind auf diesem Gebiet auch über lange Zeiträume möglich. Hingegen sind gesellschaftliche, politische und technische Veränderungen schwer vorhersagbar. Grosse Veränderungen sind hier in kürzeren Zeitabständen möglich. Die gesellschaftliche Zeitdimension ist also bezüglich des Wissenstransfers sowie der Möglichkeit, Langzeitverantwortung zu übernehmen, Langzeitgerechtigkeit zu gewährleisten und Langzeitdemokratie zu garantieren, sehr viel kürzer als die geologische Zeitdimension es erfordert (vgl. Smith et al. 2003, Marshall 2007). Aus dieser Diskrepanz ergibt sich die Notwendigkeit, einen Umgang mit Ungewissheiten zu finden, wobei die unterschiedlichen Zeitskalen zu beachten sind.

4.2 Umgang mit Ungewissheiten

Da Sicherheit von Menschen gemacht wird, sehen Eckhardt & Rippe (2016) in der Entsorgungslösung des Tiefenlagers ein soziotechnisches System, dessen Langzeitsicherheit jedoch aufgrund „mangelnder Kenntnisse über natürliche, technische und gesellschaftliche Parameter und Prozesse“ sowie „Modellungewissheiten“ nicht voraussagbar ist (Eckhardt & Rippe 2016, S. 9). Eine Einigung auf eine objektive Risikowirklichkeit und Risikoanalyse für den Zeitraum von 1 Mio. Jahre scheint schwer möglich. In den Richtlinien der ENSI-G03 wird betont, dass „Ungewissheiten in den Daten, Prozessen und Modellkonzepten sowie in der zukünftigen Entwicklung eines geologischen Tiefenlagers“ (S. 16) zwar unvermeidbar, durch Forschung und Datenerhebung aber – soweit notwendig – zu reduzieren sind.

Angesichts der grossen Ungewissheiten insbesondere bezüglich der technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen steht man aus ethischer Sicht vor einem Konflikt. Zum einen besteht in der ethischen Fachdiskussion gemäss dem Verursacher- und Verantwortungsprinzip weitgehend der Konsens, dass die Generationen Verantwortung für die sichere Entsorgung radioaktiven Abfalls übernehmen, die den Abfall produziert haben, und nachfolgenden Generationen keine unangemessene Bürde aufzulasten ist. Daraus ergeben sich moralische Pflichten, z. B. anderen nicht zu schaden und das Problem nicht an sie weiter reichen zu dürfen (vgl. Prinzip der Nachhaltigkeit und der Verantwortung). Zum anderen setzt aber die Wahrnehmung von Verantwortung ein Können voraus. Das heisst, jemand kann nur zu dem verpflichtet werden, was er prinzipiell auch zu leisten vermag. In den Ungewissheiten könnte eine prinzipielle Beschränkung dieser Leistungsfähigkeit gesehen werden. Niemand kann in die Zukunft schauen; Prognosen bezüglich der Entwicklung des Menschen und der Gesellschaft für einen Zeitraum von 1 Mio. Jahre sind nicht seriös. Wie kann man mit diesem Konflikt zwischen Verantwortung auf der einen Seite, und der prinzipiell begrenzten Fähigkeit, diese Verantwortung vollumfänglich wahrzunehmen, in der Praxis umgehen?

Ungewissheit darf nach Eckhardt & Rippe (2016) nicht dazu missbraucht werden, eine Entsorgung zu verhindern und nicht zu handeln, z. B. weil man vor dem Problem kapituliert oder darauf hofft, in Zukunft könnte eine Technik entwickelt werden, mit der man das Abfallproblem löst. In der „Partitioning & Transmutation“-Methode wird eine mögliche Lösung gesehen, die die Lebenszeit des Abfalls auf einige hundert Jahre verkürzen könnte, deren Entwicklung und industrielle Umsetzung aber noch sehr lange dauern könnte (Taebi 2010, S. 4). Auch wenn faktisch Langzeitsicherheit über 1 Mio. Jahre nicht garantiert werden kann, muss angesichts der Gefährlichkeit der Materialien gegenüber dem *status quo* eine sichere Entsorgungslösung gefunden und unverzüglich realisiert werden (ebd., S. 150). Dem Umstand „diffuser“ und „unbekannter“ Risiken, deren Schadensausmass und/oder Eintrittswahrscheinlichkeit man nicht kennt, muss dabei laut Eckhardt & Rippe (2016) mit folgenden Methoden begegnet werden:

1. Bei der Entsorgung ist „ein schrittweises Vorgehen angebracht, mit dem sich alle beteiligten Akteure immer weiter in die Zukunft ‚vorantasten‘“ (ebd., S. 144).

2. Es braucht eine Offenheit gegenüber neuen Erkenntnissen und Entwicklungen, die aber eine Wahl und Gesamtplanung der Entsorgungslösung nicht ausschliesst (ebd., S. 144).
3. Die Rückholbarkeit des Abfalls kann eine Möglichkeit sein, um auf neue technische Erkenntnisse zu reagieren, stellt aber auch ein Sicherheitsdefizit dar, weil die Materialien z. B. für „schmutzige Bomben“ gebraucht werden könnten (ebd., S. 82).
4. Entsorgungsanlagen brauchen ein sicherheitsgerichtetes Monitoring, um diffusen und unbekanntem Risiken rechtzeitig zu begegnen (ebd., S. 81). Dieses Monitoring ist auch wichtig, um einen Sanierungsbedarf auszumachen.

Diese vier Punkte zum Umgang mit Risiken in der Zukunft werden in weiterer Fachliteratur bestätigt. So sieht man vor allem in der schrittweisen Vorgehensweise einen adäquaten Ansatz, um auf wissenschaftliche und technische Fortschritte, sich verändernde gesellschaftliche Bedürfnisse bzw. Werte sowie auf potenzielle Fehler bei der Umsetzung flexibel reagieren zu können (vgl. z. B. Toverud & Wingefors 1999, OECD & NEA 2012). Um Entscheidungen reversibel zu halten, ist die Rückholbarkeit des Abfalls die wichtigste Forderung. Gleichzeitig will man aber die Sicherheit unabhängig von der gesellschaftlich-politischen Entwicklung gewähren. Passive Sicherheitsbarrieren sollen dafür sorgen, dass ein Tiefenlager auch ohne menschliches Zutun sicher bleibt. Dies gehörte zur wichtigsten Forderung der OECD, die daher in den geologischen Tiefenlagern eine optimale Entsorgungslösung sieht (OECD & NEA 1995). Die OECD knüpft damit an das KASAM-Prinzip aus Schweden von 1987 an, das sowohl Sicherheit bei der Durchführung als auch die Möglichkeit für Reparaturen und Kontrollen, die zwar nicht notwendig – aber auch nicht unmöglich – sein sollten, fordert und die Diskussion um die Rückholbarkeit ins Rollen brachte (Thunberg 2000).

4.3 Ethische Schutzverantwortung und zeitlich abgestuftes Schutzsystem

Angesichts der nach menschlichem Ermessen schwer fassbaren Zeitspannen, für die der Schutz vor Radioaktivität zu gewährleisten wäre, lässt sich aus ethischer Sicht fragen, ob die Schutzverantwortung mit der Zeit abnimmt. Tragen wir tatsächlich solange Verantwortung, wie der Abfall einen gravierenden Gesundheitsschaden verursachen kann? Oder müsste man aufgrund von Machbarkeitsüberlegungen dafür plädieren, dass die Verantwortung mit der Zeit abnimmt, weil es schwierig bis unmöglich ist, Verantwortung für Ereignisse in ferner Zukunft zu übernehmen, die man weder kennt noch beeinflussen kann?

Aus ethischer Sicht setzt – wie oben erwähnt – eine Pflicht das prinzipielle Vermögen voraus, diese erfüllen zu können. Niemand kann zu etwas verpflichtet werden, das zu leisten er nicht annähernd in der Lage ist. Zugleich sollte aber gemäss dem Prinzip der retrospektiven Verantwortung der Verursacher für die Folgen seiner Handlung Verantwortung übernehmen. Entsprechend sieht man bei den die Kernenergie nutzniehenden und damit radioaktiven Abfall produzierenden Generationen die moralische Pflicht, die nachfolgenden Generationen mit diesem Erbe nicht über Gebühr zu belasten. Wie können diese beiden ethischen Überlegungen zusammengebracht und zugleich berücksichtigt werden, dass aufgrund der

langen Zeitspanne, in denen der Abfall ein Risiko darstellt, Ungewissheiten vor allem bezüglich der Entwicklung von Mensch, Gesellschaft und Biosphäre bestehen?

Eine Möglichkeit, auf diese Anforderungen zu reagieren, ist ein zeitlich gestaffeltes Verantwortungssystem. Für ein solches System argumentieren Smith et al. (2003) in folgender Weise: Um Menschen vor Radioaktivität zu schützen, soll radioaktiver Abfall in geologischen Tiefenlagern sicher verwahrt werden. Dennoch bestehe die Gefahr, dass über Jahrtausende oder Jahrmillionen das radioaktive Material aus dem Tiefenlager wieder an die Oberfläche kommt. Eine Sicherheitsbewertung müsse daher solche langen zeitlichen Abläufe berücksichtigen und beurteilen können, ob die freiwerdende Radioaktivität zu schlimmeren Konsequenzen führen könne, als es durch das Regulationsziel vorgegeben sei. Die Autoren gehen zwar davon aus, dass es keinen wissenschaftlichen oder ethischen Grund gibt, eine zeitliche Limite zu setzen, nach der man keine Sicherheitsüberlegungen mehr anstellen muss. Jedoch sei ein zeitlich abgestuftes Sicherheitskonzept aufgrund der sich abbauenden Radioaktivität angebracht:

„A less rigorous assessment of radiological consequences is likely to be adequate at times when the stability of the geological environment can no longer be assured, on account of the strongly decreased radiological toxicity of the waste that is expected at these times“ (Smith et al. 2003, S. 20).

Um Bedenken der Öffentlichkeit gegenüber Tiefenlagern zu begegnen, solle man betonen, dass für die ersten Jahrhunderte eine Garantie möglich sei, dass keine Radioaktivität austreten kann.

Auch Pigford (1999) schlägt vor, dass diejenigen, die am stärksten der Radioaktivität ausgesetzt werden, am besten zu schützen sind. Die Zeitspanne – damals waren es noch 10'000 Jahre – scheint ihm aber willkürlich gesetzt. Ein solches Argument wirft nun aber die Frage auf, wer „am stärksten“ betroffen ist. Da „am stärksten“ ein relativer Begriff ist, weist es auf die Notwendigkeit hin, hier einen Vergleich anzustellen. Ein solcher Vergleich müsste dementsprechend auch Gerechtigkeitsüberlegungen sowie Rechte, Interessen und Bedürfnisse gegenwärtiger und zukünftiger Generationen berücksichtigen. Technische Aspekte spielen hier ebenfalls eine Rolle, z. B. dass zu einem Zeitpunkt, bei dem das Material am stärksten Radioaktivität abgibt, die Tiefenlager sicher intakt sind. Um langfristig Fairness zu garantieren, müssten aber die zu erwartenden zukünftigen Beschädigungen idealerweise in Relation zu der abnehmenden Radioaktivität des Materials stehen.

Einen konkreten Vorschlag für ein zeitlich gestaffeltes Vorgehen bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle entwickelt Chapman (2002). Er hält ein chronologisch geordnetes System von drei Zeiträumen für angebracht:

„A system of simple ‘time-graded containment objectives’ could be envisaged for the designers and sitters of deep repositories, which would provide the following broad levels of protection:

- Level 1. Zero impact: total containment of all activity in the repository for the period that is of concern to society: about 500 years.
- Level 2. For the next one (or a few) hundred thousand years, any releases through natural mechanisms to give rise to doses that are below the range of natural background radiation.
- Level 3. After this time, the hazard being equivalent to natural radiation hazards, there is no further containment objective: doses may be envisaged in the range of those from natural background radiation“ (Chapman 2002, S. 150).

Chapmans System nimmt die natürliche Radioaktivität als Bezugspunkt, um verschiedene Zeiträume zu differenzieren. Chapman weist jedoch darauf hin, dass letztlich die Gesellschaft das Optimum an praktikablem Schutz bestimmt, also auch ein anderer Referenzpunkt für zu tolerierende Radioaktivität denkbar wäre. Dasselbe gilt für die Festlegung der Zeiträume. Zwar basiert die Unterteilung in verschiedene Zeiträume auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen. Sie ist aber letztendlich eine normative Setzung, so dass auch hier eine andere Differenzierung möglich wäre. Verschiedene Stufen der Schutzverantwortung enden auch nicht mit einem genau festgelegten Datum, sondern die Übergänge verlaufen fließend.

Sowohl Chapman als auch Pigford gehen davon aus, dass das grösste Gefahropotenzial von radioaktivem Abfall vor allem in den ersten paar hundert Jahren besteht, es demnach für diesen Zeitraum besonders hoher Sicherheitsstandards bedarf (vgl. auch OECD & NEA 2002). Hingegen seien keine Schutzmassnahmen mehr nötig, wenn die Radioaktivität der natürlichen Umgebungs- bzw. Hintergrundstrahlung entspreche. Wie geht man aber mit dem dazwischenliegenden Zeitraum um? Chapman macht hier auf Widersprüche in der Diskussion ethischer Grundprinzipien zum Langzeitschutz aufmerksam: Gemäss dem Nachhaltigkeitsprinzip (*sustainability principle*) und dem Anwaltschaftsprinzip (*trustee principle*) sollten für alle zukünftigen Generationen dieselben Schutzstandards gelten, da ihre Bedürfnisse nicht geringer zu schätzen sind als die der gegenwärtigen Generationen. Entsprechend möchte z. B. Shrader-Frechette (1998, 2000) die heutigen und künftigen Generationen mit einem zeitunabhängigen Schutzstandard gleichbehandelt sehen. Nach Chapman hingegen erlauben andere ethische Prinzipien eine Relativierung der Schutzverantwortung: Das Vorsorgeprinzip (*precautionary principle*) weist uns an, keine irreversiblen Schäden zu verursachen – es sei denn, diese wären aus zwingenden Gründen unvermeidbar. Nach dem Kette-der-Verantwortung-Prinzip (*chain of obligation principle*) werden wir dazu angehalten, Ressourcen, sofern sie knapp sind, hauptsächlich dafür zu verwenden, Bedürfnisse der unmittelbar nachfolgenden Generation zu befriedigen, weil die Abwendung realer, zeitlich näherliegender Gefahren gegenüber hypothetischen und in weiter Zukunft liegender Gefahren für hypothetische Individuen vorzuziehen ist (vgl. auch Vorsorgeprinzip in Kapitel 3.2.2).

Offensichtlich zeichnet sich hier ein Konflikt zwischen verschiedenen ethischen Gesichtspunkten ab. Gewichtet man Aspekte der Gleichbehandlung verschiedener Generationen stärker, so müsste man, so scheint es, einen allgemeinen *zeitunabhängigen* Schutzstandard definieren, z. B. kein Austritt von Radioaktivität zu keinem Zeitpunkt. Hier ist

kritisch nachzufragen, ob ein solcher Schutzstandard überhaupt möglich ist. Wird diese Antwort verneint, dann bleibt begründungsbedürftig, ab wann man für eine zeitliche Relativierung der Schutzverantwortung z. B. auf das Vorsorgeprinzip verweisen darf und damit u. U. auch die Möglichkeit irreversibler Schäden zulassen darf. Ab welchem Punkt kann eine Generation sagen, sie habe genug für den Schutz der Zukunft getan?

Hilfreich in diesem Kontext ist die Unterscheidung der OECD von verschiedenen Typen von Zeitachsen, auf denen Verantwortlichkeiten gegenüber den nachkommenden Generationen präzisiert werden können.

„Timescales over which we must reflect about burdens and responsibilities to future generations might be sub-divided as follows:

- the socio-cultural timescale (a few generations);
- the timescale over which we have reasonable confidence in the safety assessment calculations;
- the timescales for which materials performance and geological processes are reasonably predictable;
- the timescales beyond which processes are beyond any reasonable quantitative prediction“ (OECD & NEA 2008, S. 11).

Hinter dieser Differenzierung steht wiederum der Gedanke, dass Pflichten nur dann zugewiesen werden können, wenn der Adressat sie prinzipiell auch erfüllen kann. So besteht gemäss der OECD auf der letztgenannten Zeitschiene keine Möglichkeit mehr, Verantwortung zu übernehmen. Vielmehr sei es als Faktum anzuerkennen, dass Lasten auf die nachkommenden Generationen übertragen werden. Hier kann allenfalls in Rückgriff auf das Nachhaltigkeitsprinzip gefordert werden, dass die Lasten so gering wie möglich gehalten und Kompensationen soweit wie möglich geschaffen werden (vgl. Kapitel 5.4.4).

Eine grundsätzliche Gegenposition zu zeitlich abgestuften Verantwortungssystemen bezieht Patricia Fleming. „[T]ime (and with it ignorance and uncertainty) are insufficient grounds on which to say that our duties may be weaken“, wirft sie ein (Fleming 2008, S. 116). Für sie nimmt die Schutzverantwortung mit der Zeit nicht ab, im Gegenteil: Gerade weil die Zukunft unbekannt ist, braucht es nach Fleming höhere Sicherheitsstände für nachfolgende Generationen. Diese Sichtweise einer sich verstärkenden Verantwortung wird von Spaemann (2003) unterstützt. Seiner Ansicht nach besteht bei radioaktiven Abfällen eine Ausnahmesituation, da die Langzeitwirkungen der Nutzung der Kernenergie disproportional zu den üblichen Langzeitwirkungen menschlicher Handlungen ist. Statt einer in konzentrischen Kreisen bei steigender Entfernung abnehmenden Wirkung hätten wir nach Spaemann mit dem radioaktiven Abfall einen physikalischen Eingriff in das Leben getätigt, der die Natur als Infrastruktur verändert und Menschen nachhaltig schädigen kann.¹⁰ In dieser

¹⁰ Gegen Spaemanns Einschätzung kann kritisch eingewandt werden, dass er nicht in Rechnung stellt, dass die Gefährlichkeit radioaktiven Materials mit der Zeit abnimmt und lokal begrenzt ist, während das

Situation steige die Verantwortung der nutzniehenden Generationen, zumal die Risiken, denen nachfolgende Generationen ausgesetzt werden, von diesen nicht freiwillig übernommen wurden.

Hinter diesen konfligierenden ethischen Gesichtspunkten und Argumenten stehen Wertekonflikte, auf die ethische Prinzipien selbst keine Antwort geben. Diese Konflikte lassen sich nur lösen, wenn ethische Prinzipien, Aspekte und Argumente bei der Wahl von Schutzziele und -kriterien für eine konkrete Situation gewichtet werden.

4.4 Kennzeichen des Standorts für nachfolgende Generationen

Nuklearer Abfall ist – je nach Element und der Halbwertszeit – sehr langlebig und kann 1 Mio. Jahre und mehr radioaktiv strahlen. Selbst wenn er in versiegelten geologischen Schichten gelagert wird, die keiner weiteren Wartung oder Aktivitäten durch Menschen bedürften, bestünden z. B. durch Bohrungen oder Sprengungen an diesem Ort Risiken für künftige Generationen. Aus ethischer Sicht besteht die Verantwortung, zukünftige Generationen zu warnen. Denn der Schutz künftiger Generationen vor Radioaktivität ist auch davon abhängig, inwieweit diese ein Wissen über den Ort der Lagerstätten haben (Marshall 2007, Kermisch 2016). Es ist davon auszugehen, dass nahe Generationen eine Erinnerung an die Lagerstätten haben, ferne Generationen dagegen nicht mehr (Poirot-Delpech 2017). Daher wird oft gefordert, den Standort für die Lagerung des radioaktiven Abfalls auf verständliche Weise kenntlich zu machen, so auch in der Schweiz (Buser 2010). Nach Art. 40 KEG schreibt der Bundesrat die dauerhafte Markierung der Tiefenlager vor, ein Konzept der Markierung ist nach ENSI-G03, Abschnitt 5.3.2 von den Eigentümern im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs vorzulegen. Im Folgenden sollen einige Problemfelder, die sich im Kontext der geforderten dauerhaften Markierung stellen, kurz aufgeführt werden.

Marshall (2007) setzt sich mit dem Thema auseinander, dass man mit künftigen Generationen auf irgendeine Weise „kommunizieren“ können muss, um sie vor Risiken und Gefahren zu warnen. Je weiter entfernt in der Zukunft diese Generationen leben, umso schwieriger wird nach Marshall die Kommunikation mit ihnen. Wie diese Aufgabe der Übermittlung von Informationen im Bereich der Abfälle aus der Nutzung der Kernenergie über lange Zeitspannen zu bewältigen ist, beschäftigt die Atomsemiotik. Diese ist ein spezialisierter Teil der Sprachwissenschaft mit Lösungsvorschlägen und Ideen, wie Zeichen genutzt werden können und müssten, um die Nachwelt auch in mehr als 30'000 Generationen (AkEnd 2002) vor den Gefahren des radioaktiven Abfalls zu warnen: Welche Zeichen könnten es ermöglichen, entsprechende Warnungen und Informationen an spätere Generationen zu übermitteln? Die Diskussionen machten bald deutlich, dass eine einfache Übermittlung mit Hilfe heute verständlicher Sprache und Zeichen nicht erfolgsversprechend sein kann. Kultur- und Sprachwissenschaften zeigen, dass Wandlungen der Sprachen, der Bedeutung von

Schadensausmass z. B. chemo-toxischer Abfall nicht abnimmt und Probleme wie der Klimawandel eine globale Tragweite haben.

Worten oder auch die unterschiedlichen Deutungen von Zeichen im Laufe der Zeit oftmals kaum eine einzige Generation überdauern, geschweige denn dazu dienen könnten, dies über tausende Generationen zu gewährleisten.

Die spezielle Forschungsrichtung der Atomsemiotik geht auf die frühen achtziger Jahre des 20. Jahrhundert zurück: Der Semiotiker Thomas Sebeok (1984) war Teil einer Forschungsgruppe (beauftragt durch die US-Regierung und das Unternehmen Bechtel) und veröffentlichte einen eigenen Artikel im Abschlussbericht. In der Folge entstand Mitte der 1980er-Jahre durch verschiedene Diskussionen und Veröffentlichungen der Forschungsbereich der Atomsemiotik und erbrachte erste ausführliche Sammlungen zum Problem hervor, die teilweise nachvollziehbar, aber teilweise auch damals schon skurril wirkten – sei es die Idee eine „Atompriesterschaft“ (Sebeok 1984), die auch mithilfe des gesprochen Wortes, von Riten und Legenden, das Wissen über die Lagerstätten und Gefahren des hochradioaktiven Abfalls über Generationen hinweg bewahren sollte, oder die Ideen der Nutzung der Genetik wie zum Beispiel einer unter atomarer Strahlung sich ändernden Fellfarbe genetisch veränderter Katzen (Bastide & Fabbri 1984) oder den nur unter atomarer Strahlung erblühenden Blüten von genetisch entsprechend veränderten Blumen (Lem 1984).

Deutlich wird, so lässt sich folgern, durch die Atomsemiotik vor allem eines: Die Lösung, die mit einiger Gewissheit Erfolg garantiert, kann es nicht geben. Auch Marcos Buser (2010) kommt in seiner Literaturstudie zur Markierung von Standorten zu dem Schluss, dass die Frage nach der Möglichkeit eines Wissenstransfers weiterhin offenbleibt. Aufgrund der Kürze der Menschheitsgeschichte – nach heutigem kulturellem Verständnis nicht einmal 40'000 Jahre – und den daraus zu entnehmenden Erkenntnissen hinsichtlich der langzeitigen Übermittlung von Informationen, wird jede Lösung nicht nur rein hypothetisch bleiben, sondern sich auch beständiger Überprüfung und Anpassung unterziehen lassen müssen. Vielleicht liegt gerade in dieser Notwendigkeit einer ständigen Überprüfung und Anpassung der Informationsinhalte und -weisen die wertvollste Erkenntnis der Atomsemiotik. Dass ein Weg gefunden werden muss, um das Problem des Daten- und Informationsverlusts, der sich schon nach wenigen Generationen einstellt, zu lösen, ist aus ethischer Sicht eine zwar wichtige aber ebenso unspezifische Forderung für einen effektiven zukünftigen Schutz. In dieser Auseinandersetzung könnte die Option diskutiert werden, ob es allenfalls sinnvoll wäre, den Standort gar nicht zu markieren, um nicht Aufmerksamkeit auf einen potenziellen Gefahrenort zu lenken, ohne dass ein entsprechendes Wissen im Umgang mit dem Gefahrenpotenzial mit überliefert wird.

4.5 Fazit

„Schützen“ über einen langen Zeitraum bedeutet, die Ungewissheiten bezüglich natürlicher, technischer und gesellschaftlicher Entwicklungen, die damit verbunden sind, anzuerkennen und diesen mit einer Offenheit des Prozesses der schrittweisen Findung und Umsetzung einer Entsorgungslösung zu begegnen, ohne dass dadurch die Pflicht zur Verantwortungsübernahme bezüglich radioaktiven Abfalls geschwächt wird. Im Gegenteil,

gerade aufgrund der Ungewissheiten bei gleichzeitig lang andauerndem Gefahrenpotenzial kann dafür argumentiert werden, dass die Stärke der Verpflichtung zur Realisierung der bestmöglichen Lösung zunimmt. Angesichts der Ungewissheiten könnte es ratsam sein, flexiblen Lösungen den Vorzug zu geben. Dieser Befund ergibt sich aus der zu Rate gezogenen Literatur. Ein zeitlich abgestuftes Schutzsystem ist ethisch vertretbar. Da die langen Zeitspannen die Überschaubarkeit und Weitergabe von Wissen und Informationen um die Lagerungsstandorte und ihre Gefahren beeinträchtigen, zugleich jedoch darin eine Gefährdung zukünftiger Generationen gesehen werden kann, die abzuwenden ist, muss auch aus ethischer Sicht kontinuierlich an einer Lösung des Problems des Daten- und Informationsverlustes weitergearbeitet werden.

5 Forschungsfrage 3: Was ist unter Gerechtigkeit im Umgang mit Mensch und Umwelt (z. B. bezüglich Strahlenschutz) über sehr lange Zeitspannen zu verstehen (intergenerational equity)?

Gerechtigkeit zwischen den heute nutzniessenden und den zukünftigen Generationen herzustellen, gehört gemäss der OECD zu den wichtigsten ethischen Forderungen bei der Entsorgung radioaktiven Abfalls (OECD & NEA 1995). Die Auswertung der für diesen Bericht gesichteten Literatur hat die Fokussierung auf die Gerechtigkeitsthematik bestätigt. Dabei werden Fragen der intragenerationellen Gerechtigkeit etwa im Rahmen der Suche nach einem Standort und des Ausgleichs zwischen Kosten und Nutzen (z. B. White 1991, Claro 2007, Taebi 2012, Krütli et al. 2015) von Fragen der intergenerationellen Gerechtigkeit mit Blick auf die Hinterlassenschaften heutiger Generationen für künftige Gesellschaften (z. B. Shrader-Frchette 1998, Okrent 1999, Marshall 2007, Kermisch 2016) unterschieden.

Gerechtigkeitsfragen stellen sich im Rahmen der Lagerung auch beim Umgang mit der Umwelt unter dem Stichwort „Ökologische Gerechtigkeit“ (z. B. Kuhn & Murphy 2006, Fan 2006, Schuppert & Wallimann-Helmer 2014; Kyne & Bolin 2016). Der Ansatz der Ökologischen Gerechtigkeit geht von einer holistischen Betrachtung der Natur aus und spricht allen Lebewesen Rechte zu, die es zu berücksichtigen gilt. Nach diesem Gerechtigkeitsansatz kommt der Natur ein „Wert-an-sich“ ohne einen Nutzungsanspruch durch den Menschen zu. Da es im vorliegenden Bericht aber vor allem um Gerechtigkeitsfragen zwischen Generationen von Menschen geht und in Einklang mit der Mehrheit der zitierten Literatur ein anthropozentrischer Ansatz zugrunde gelegt wird, wird der Aspekt der Ökologischen Gerechtigkeit im Kontext der Entsorgungsthematik im Folgenden ausgeklammert.

Langzeitsicherheit insbesondere bezüglich Strahlenschutz bei der Entsorgung radioaktiven Abfalls zu gewährleisten, wird in der Fachliteratur als die zentrale Aufgabe der heutigen nutzniessenden Generation angesehen und geologische Tiefenlager mit passiven Sicherheitsbarrieren als die bevorzugte Weise, diese Aufgabe umzusetzen, wie ein Zitat von Buser (2003) exemplarisch zeigt:

„The duty of our generation is to conceive and realize a waste management system capable of ensuring long term safety without the further participation of society. At the present time, only deep underground repositories fulfil this condition“ (Buser 2003, S. 179).

Es gibt jedoch auch Einwände gegen Tiefenlagerung für Situationen, die sich im Ausland ergeben. So wendet sich Shrader-Frchette (1998) gegen den Bau von geologischen Tiefenlagern in den USA, weil sie diese für nicht sicher genug hält und ein Monitoring bei einer Lagerung an der Erdoberfläche leichter fallen würde¹¹:

¹¹ Auch die oberirdische Lagerung wirft schwerwiegende Fragen auf, etwa hinsichtlich der Sicherung des nuklearen Abfalls in der heutigen Generation, beispielsweise durch die Gefahr des unrechtmässigen Entwendens

„Even the U.S. National Academy of Sciences admits that it is impossible to predict the frequency of human intrusion, over the million-year lifetime of a nuclear repository (NCR 1995a). Hence, it is not obvious that geological disposal is safer than other methods of waste management. One could always ask: ‘Safer for whom?’ ‘Safer for which generation?’“ (Shrader-Frechette 1998, S. 185).

Die beiden Fragen am Ende des Zitats sind für die übergeordnete Fragestellung dieses Kapitels entscheidend. Sicherheit ist nämlich nach Shrader-Frechette nicht absolut und für alle gleichermassen erreichbar, sondern immer personen- und generationenbezogen. Damit wird die Frage nach der Gerechtigkeit virulent. Der Schwede Mats Andrén (2012) stimmt diesem Gedankengang zu und fordert gemäss dem Prinzip der Verantwortung eine gerechte Verteilung der Lasten zwischen den Generationen. Auch er empfiehlt, mit dem Bau geologischer Tiefenlager zuzuwarten.

In der Schweiz ist die geologische Tiefenlagerung von radioaktivem Abfall ein bereits gefällter politischer Beschluss. Gegenstand des vorliegenden Kapitels soll daher nicht die Diskussion verschiedener Lagerungsmöglichkeiten sein. Dennoch treffen Shrader-Frechette (1998) und Andrén (2012) einen ethisch wichtigen Aspekt, der bei der zu wählenden technischen Entsorgungsmethode gewiss beachtet werden sollte. Allein Sicherheit zu fordern reicht nicht aus, um seiner Verantwortung für die Entsorgung radioaktiven Abfalls gerecht zu werden. Insofern Schutzmassnahmen personen- und generationenbezogen sind, gibt es stets Ein- und Ausschlusskriterien für den zu schützenden Personenkreis, die Anlass zur Diskussion geben können. In Anbetracht der asymmetrischen Verteilungsstruktur von Nutzen und Risiken insbesondere zwischen heutigen und zukünftigen Generationen stellt sich die Frage nach der Gerechtigkeit im Sinne einer Verteilungsgerechtigkeit mit besonderer Dringlichkeit. Um sich der Forschungsfrage dieses Kapitels zu nähern, was unter Gerechtigkeit im Umgang mit Mensch und Umwelt (z. B. bezüglich Strahlenschutz) über sehr lange Zeitspannen zu verstehen ist (intergenerational equity), scheinen in der Literatur vor allem folgende Fragen klärungsbedürftig:

1. Welche Personen bzw. Generationen sind in welcher Hinsicht zu beachten? (vgl. Shrader-Frechette 1998 und Andrén 2012)
2. Wie sind Nutzen und Lasten im Sinne der intragenerationellen Gerechtigkeit zu verteilen? (vgl. z. B. McCombie 1996)
3. Wie ist heutiges gegenüber künftigem Leben im Sinne der intergenerationellen Gerechtigkeit abzuwägen und welche Pflichten ergeben sich gegenüber zukünftigen Generationen? (vgl. z. B. Rawls 2000)
4. Aufgrund welcher normativen Basis sind Risiken und Belastungen für zukünftige Generationen zumutbar? (vgl. z. B. Ahearne 2000)

von radioaktivem Material für sogenannte „schmutzige Bomben“, sowie der entsprechenden Finanzierung einer Überwachung und Sicherung des Lagers.

5. Oder, ökonomisch ausgedrückt, welche Externalitäten dürfen in die Zukunft transferiert werden (vgl. z. B. Fodha 2015), und auf welcher Basis wären Kompensationen und Opportunitätskosten zu berücksichtigen?

Diese Fragen werden im Folgenden nicht abschliessend beantwortet. Vielmehr wird aufgezeigt, welche gemäss der gesichteten Literatur aus ethischer Sicht relevanten Punkte und Fragestellungen in der Diskussion um einen gerechten Umgang mit Mensch und Umwelt über lange Zeit einfließen sollten. In Abschnitt 5.1 wird der Generationenbegriff beleuchtet und angeführt, welche Personenkreise in welcher Hinsicht allenfalls zu berücksichtigen sind. In Abschnitt 5.2 werden dann ethische Aspekte, die im Zusammenhang mit der intragenerationellen Gerechtigkeit stehen, dargelegt. Der Fokus bei der Forschungsfrage dieses Kapitels liegt jedoch auf der intergenerationellen Gerechtigkeit. Entsprechend wird im Abschnitt 5.3 ausführlicher dargelegt, inwiefern heutige Generationen gegenüber zukünftigen Pflichten haben, deren Missachtung zu Ungerechtigkeiten führen würde. Abschliessend werden in Abschnitt 5.4 verschiedene Modelle der Gerechtigkeit herangezogen, die einen Beitrag zu den obigen Fragen 4 und 5 liefern können, nämlich aufgrund welcher Gerechtigkeitsüberlegungen und unter welchen Bedingungen Risiken und Belastungen für zukünftige Generationen allenfalls zumutbar wären.

5.1 Generationen und ihre Bedürfnisse

In der Fachliteratur werden drei Gruppen von Generationen unterschieden:

1. *Gegenwärtige Generationen*: Dies sind ca. fünf bis sechs gleichzeitig lebende Generationen.
2. *Nächste Generationen*: Dies sind die Generationen, die in den nächsten 100 bis 150 Jahren leben und von denen man ausgeht, dass heute lebende Menschen einen emotionalen Bezug zu diesen haben (Kinder, Enkel, Urenkel).
3. *Weit entfernte Generationen*: Dies sind Generationen, die nach 150 Jahren leben und zu denen heute lebende Menschen keinen direkten emotionalen Bezug aufbauen können. Hier könnte man eine weitere Unterteilung vornehmen und zwischen Generationen differenzieren, von denen wir ausgehen, dass sie uns ähnlich sind, und Generationen, die so weit in der Zukunft leben, dass wir grosse Ungewissheit darüber haben, ob diese Menschen dieselben biologischen Eigenschaften und vergleichbare Formen des sozialen Zusammenlebens haben wie wir heute.

Kermisch (2016) bemerkt, dass das Konzept der ‚künftigen Generation‘ häufig nicht oder nur unzureichend in der Fachliteratur definiert wird: Eine einfache Definition könnte lauten, dass eine künftige Generation all jene Menschen sind, die dann leben, wenn die heutigen Menschen alle verstorben sind. Für die Entsorgungsfrage radioaktiver Abfälle müssten alle diejenigen Generationen in den Blick genommen werden, die potenziell durch die Radioaktivität gefährdet werden könnten. Bei einer Schutzzeit von 1 Mio. Jahre wären dies etwa 30'000 Generationen.

Allein diese Zahl sagt aber selbstverständlich noch nichts über die Vorstellungswelt zukünftiger Generationen aus. Hocke (2014) macht darauf aufmerksam, dass es sich hierbei stets um ein antizipiertes Konstrukt handelt, weil man mit zukünftigen Generationen nicht kommunizieren könne. In der Regel wird davon ausgegangen, dass zukünftige Generationen in ihren Interessen und Bedürfnissen den heutigen Generationen ähneln. In dieser Annahme zeigt sich jedoch eine gewisse Dominanz der Werte und Interessen der heutigen Generation – dies ist allein der Tatsache geschuldet, dass man über die Wünsche und Interessen künftiger Generationen nur Annahmen treffen kann.

Ebenfalls muss man sich bewusst sein, dass es ein wertendes Unterfangen ist, aus heutiger Sicht zu bestimmen, was genau für nachfolgende Generationen zu schützen ist. Gemäss dem Nachhaltigkeitsprinzip nach der Formulierung im Brundtland-Report (WCED 1987) sei dies die Möglichkeit, *fundamentale Bedürfnisse (essentials needs)* zu befriedigen. In den Diskussionen der OECD wird in diesem Zusammenhang auf die Bedürfnispyramide von Abraham H. Maslow hingewiesen, die sich aus fünf Grundbedürfnissen zusammensetzt (1) Nahrung und Unterkunft, (2) Sicherheit und Schutz vor Risiken, (3) soziale Zugehörigkeit, (4) Achtung und Anerkennung und (5) Zufriedenheit in einem weiten Sinne (zitiert nach OECD & NEA 2008, S. 108 f.). Relevant für die Frage nach der Entsorgung radioaktiven Abfalls sind vor allem die Bedürfnisse (1) und (2). Daraus leiten sich die Ziele ab, Schäden für die menschliche Gesundheit wie auch Schäden für die nicht-menschliche Umwelt, insofern sie die Lebensgrundlage zukünftiger Menschen darstellt, zu vermeiden.

Ein anderer Ansatz, der über die Befriedigung grundlegender Bedürfnisse hinausgeht, fordert, dass nachfolgende Generationen die Möglichkeit erhalten sollen, eine mit heutigen Verhältnissen vergleichbare *Lebensqualität* zu realisieren, d. h. „equal opportunity for an equivalent quality in life“ (NAE & OCDE 1994, S. 135). Diesem Gedanken folgend wird auch das Nachhaltigkeitsprinzip im Bericht der National Academy of Public Administration formuliert: „No generation should deprive future generations of the opportunity for a quality of life comparable to its own“ (NAPA 1997, S. 7). Bei dieser Option müsste jedoch bestimmt werden, welcher Lebensstandard in welchem Land und für welche Gesellschaftsschicht als Richtwert genommen werden soll. Selbst in der Schweiz gibt es diesbezüglich grosse Differenzen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass es in Bezug auf das anzustrebende Schutzmass einen Unterschied macht, ob nur fundamentale Bedürfnisse oder eine mit heutigen Verhältnissen vergleichbare Lebensqualität geschützt werden soll. Wenn eine auf die heutige Schweiz bezogene Lebensqualität als Richtschnur für die zu schützenden Güter nachfolgender Generationen genommen wird, würde diese in ein höheres Schutzmass münden, als wenn nur die Befriedigung fundamentaler Bedürfnisse sichergestellt werden müsste. Welche Variante man wählt, müsste, so eine ethische Forderung, bei der Festlegung des Schutzmasses diskutiert werden.

5.2 Intragenerationelle Gerechtigkeit

Intragenerationelle Gerechtigkeit bezeichnet eine gerechte Verteilung von Nutzen, Kosten und Risiken auf verschiedene Personengruppen, die gemeinsam zu einem bestimmten Zeitpunkt leben, mit dem Ziel, allen Personengruppen dieselbe *Möglichkeit eines guten Lebens (equal opportunity)* zu ermöglichen und *öffentliche Güter (public goods)* für alle gleichermassen zu schützen (Parkins & Haluza-DeLay 2011). Intragenerationelle Gerechtigkeit wurde – neben der intergenerationellen Gerechtigkeit – bereits 1994 als eine der wichtigen ethischen Forderungen der OECD formuliert (OECD & NEA 1995), ist aber angesichts der gestellten Forschungsfrage für dieses Kapitel nicht der Fokus.

Obgleich es Beispiele in Skandinavien und in den USA gibt, wo die Lagerung von radioaktiven Abfällen von den betroffenen Gemeinden mehrheitlich befürwortet wird, ist es dennoch möglich, dass die Schweizer Bevölkerungsgruppe, die direkt neben oder über einem Tiefenlager wohnen würde, auf den Bau eines solchen Lagers ablehnend reagieren könnte. Selbst bei Gewährleistung eines umfassenden Gesundheitsschutzes könnten sozial-ökonomische Nachteile wie beispielsweise sinkender Wert ihres Grundstückes, Stigmatisierung ihres Wohnortes etc. befürchtet werden. Auf solche Befürchtungen könnte die Bevölkerung mit einer sogenannten NIMBY-Haltung (*Not in my backyard*) reagieren, die es bei der Standortsuche zu überwinden gälte. Hier kann eine Kosten-Nutzen-Analyse (McCombie 1996) darüber Aufschluss geben, ob bei der Wahl eines Standortes für ein Tiefenlager eine auf räumliche Strukturen bezogene Gerechtigkeit (*spacial equity*, vgl. Parkins & Haluza-DeLay 2011) erfüllt ist und allenfalls Kompensationen erforderlich sind. Selbst wenn all dies umgesetzt ist, braucht es soziale Akzeptanz und Vertrauen der betroffenen Bevölkerungsgruppen und Akteure, damit die Standortwahl als fair und gerecht erachtet wird (NEA 1995, Pigford 1999). Dies fassen Parkins & Haluza-DeLay (2011) prägnant zusammen:

„Consistent with Kuhn (1998) and others, siting processes that solely rely on technical information are not likely to succeed. Instead, a comprehensive dialogue regarding the value and utility of nuclear energy development in concert with discussions regarding how and where nuclear waste will be located is likely to be a more successful public policy approach“ (ebd., S. 12).

Mit anderen Worten, für die Erhöhung der sozialen Akzeptanz sollte ein Dialog mit der Bevölkerung gesucht werden, der auch den (vergangenen) Wert und den Nutzen von Kernenergie diskutiert.

Krütli et al. (2015) weisen darauf hin, dass bei Fragen der intragenerationellen Gerechtigkeit sowohl die ungleiche Verteilung von Nutzen und Risiken im Sinne der distributiven Gerechtigkeit (Verteilungsgerechtigkeit) eine Rolle spielt, als auch eine prozedurale Gerechtigkeit bei der Suche und Auswahl eines geeigneten Standorts befolgt werden sollte. Anknüpfend an John Rawls scheinen ihnen drei Aspekte wesentlich: (1) In den Fällen, in denen eine gerechte Verteilung unmöglich ist, kann eine gerechte Prozedur die soziale Akzeptanz steigern. Abgeltungen wären hier m. E. ein Beispiel dafür. (2) Es ist wichtiger, dass der Distributionsprozess als gerecht empfunden wird als das Distributionsergebnis selbst. (3) Die

Natur der normativen Rechtfertigung eines Distributionsprozesses hängt eher von den sozialen Umständen ab als von dem Ergebnis der Distribution.

5.3 Intergenerationelle Gerechtigkeit

Intergenerationelle Gerechtigkeit bezieht sich auf die Verteilung von Nutzen und Risiken zwischen verschiedenen, zeitlich auseinanderliegenden Generationen. Sie wird in der Regel als die Aufgabe verstanden, Sicherheit für heutige und zukünftige Generationen zu maximieren und zugleich Risiken, Nachteile und Kosten für verschiedene Generationen zu minimieren (Meyer & Roser 2007; Thunberg 2000).

In der Literatur wird die Frage aufgeworfen, ob es einen unlösbaren Konflikt zwischen intra- und intergenerationeller Gerechtigkeit gebe, bei dem man der intragenerationellen Gerechtigkeit den Vorzug geben müsse. Ein solcher Konflikt könnte z. B. bei einer Standortwahl für den Bau eines Tiefenlagers darin bestehen, dass eine bestimmte Wahl aus Sicht der heutigen Generation eine gerechte Aufteilung von Nutzen und Risiken auf verschiedene Bevölkerungsgruppen darstellt, während diese Wahl zugleich für zukünftige Generationen Nachteile bringen könnte, die unfair erscheinen könnten. Okrent (1999) weist jedoch darauf hin, dass bei der Bestimmung, welche Risiken zumutbar sind, die intergenerationelle und intragenerationelle Gerechtigkeit nicht voneinander getrennt werden können. Wenn nach der Policy der EPA (U.S. Environmental Protection Agency) künftigen Generationen keine Risiken aufgebürdet werden sollen, die grösser sind als die von heutiger Generation akzeptierten Risiken, müsse die Frage beantwortet werden, was überhaupt „akzeptabel“ – also *intragenerationell* gerecht – heisst. Ergänzend zu Okrents Überlegung müsste jedoch zunächst gezeigt werden, dass überhaupt Pflichten gegenüber zukünftigen Generationen bestehen, die Gewicht haben. Nur wenn dies der Fall ist, müsste man sich die Frage der Zumutbarkeit von Risiken und Belastungen für zukünftige Generationen stellen. Dieser Punkt wird in den folgenden Abschnitten diskutiert.

5.3.1 Gibt es Pflichten gegenüber zukünftigen Generationen?

Menschen scheinen nur zu den nächsten Generationen einen emotionalen Bezug zu haben, der sie motiviert, sich um deren Interessen, Bedürfnisse und das Wohlergehen zu kümmern. Schwieriger gestaltet sich die Motivation um die Kümmernisse weit entfernter Generationen. Hier stellt sich die Frage, ob darin ein Missstand besteht, der zu beheben ist. Spaemann weist z. B. auf die ethische Position hin, dass der Mensch gegenüber seinen eigenen Kindern eine stärkere moralische Pflicht habe, für deren Sicherheit zu sorgen, als gegenüber weit in Zukunft liegende Generationen. Aus ethischer Sicht könnte allenfalls die zeitliche Nähe und Ferne, die die Beziehung zwischen Menschen charakterisiert, einen moralisch relevanten Unterschied machen (Spaemann 2003). Warum sollten Menschen also überhaupt eine moralische Verpflichtung gegenüber weit entfernten Generationen haben?

Ein grundsätzlicher Einwand gegen die Vorstellung, dass wir gegenüber zukünftigen Menschen verpflichtet sind und uns daher um intergenerationelle Gerechtigkeit bemühen sollten, stellt das *Non-identity-Argument* dar (vgl. Taebi 2010, S. 20 f.). Gemäss diesem Argument wird bezweifelt, dass es überhaupt möglich ist, zukünftigen Personen zu schaden. Taebi (2010) formuliert in Rückgriff auf den Philosophen Derek Parfit das *Non-Identity-Argument* wie folgt:

„[P]racticating a policy that is presumably wrong (e.g. environmental pollution) for future generations simply leads to the existence of different future individuals; future generations can never therefore claim to be harmed as their very existence relies on those alleged wrong actions“ (ebd.).

Die Existenz von Menschen hängt laut diesem Argument von zuvor lebenden Menschen ab sowie den Bedingungen, die diese Menschen in der Vergangenheit geschaffen haben. Hätte man in der Vergangenheit einen Schaden durch Radioaktivität verursacht, würde dieser Schaden schlichtweg zu den Existenzbedingungen von zukünftigen Menschen zählen. Insofern der im vorliegenden Bericht vertretene Gerechtigkeitsansatz auf dem Prinzip des Nicht-Schadens aufbaut, ist dieser Einwand ernst zu nehmen. Ein Ziel des distributiven Gerechtigkeitsmodells ist es, zu vermeiden, dass zukünftige Menschen in unfaire Weise Schaden erleiden, z. B. ohne dafür kompensiert zu werden. Wenn aber der Schaden an der Umwelt ein Teil der Bedingungen ist, unter denen zukünftige Menschen überhaupt geboren werden, sie also nur als „Menschen-mit-diesem-Schaden“ existieren, kann nicht mehr von einem *Schaden für sie* gesprochen werden. Hätte es diesen Schaden nicht gegeben, würden diese „Menschen-mit-diesem-Schaden“ gar nicht existieren – sondern eben andere Menschen. Es würde sich also nicht um dieselben Personen handeln (*non-identity*).

Taebi (2010) macht mit Verweis auf Parfit deutlich, dass dieses Argument unseren moralischen Intuitionen widerspricht, da damit jegliche Verantwortung für Handlungen, die nachfolgende Generationen in ihrer Gesundheit oder Lebensgrundlage schädigen, abgelehnt werden könnte. Die Tatsache, dass wir die Gesundheit und das Wohlergehen unserer Nachkommenschaft beeinflussen können, stellt uns vielmehr in die Pflicht, dies in gewissenhafter und positiver Weise auch zu tun – und schädliche Folgen unserer Entscheidungen und Handlungen nicht auf kommende Generationen abzuwälzen.

Eine moralische Verpflichtung, für die Sicherheit zukünftiger Generationen zu sorgen, ergibt sich m. E. noch aus zwei weiteren ethischen Überlegungen:

- (1) Aus ethischer Sicht ist m. E. die Verantwortung für Risiken, die durch selbstbestimmte Handlungen verursacht worden sind, prinzipiell nicht zeitlich begrenzt (vgl. Kapitel 2.2, 3.2.3 und 3.2.4), sondern dauert an, so lange Risiken als direkte Folgen der Handlung auftreten können. Kernkraftwerke zu bauen, zu betreiben und zu nutzen war und ist eine selbstbestimmte Entscheidung des Menschen, deren negative Folgen die entsprechende Nation und Generation als Betreiber und Nutzniesser von Kernenergie zu verantworten haben und zwar so lange, wie ein Schadenspotenzial von den radioaktiven Abfällen ausgehen kann (vgl. Kapitel 4.3). Diese Verantwortung für die Folgen eines Handelns

besteht unabhängig davon, wer von diesen Folgen konkret in der Zukunft betroffen ist und ob man zu diesen Personen einen emotionalen Bezug hat oder nicht.

- (2) Mit der Kernenergie ergeben sich – wie bei der Anwendung jeder Technik – sowohl Nutzen als auch Risiken. Aus ethischer Perspektive ist die Verteilung von Nutzen und Risiken relevant, denn sie sollte fair und gerecht sein. Angesichts der potenziellen Schadensdauer radioaktiver Abfälle stellt die Gewährleistung von Verteilungsgerechtigkeit eine besondere Herausforderung dar, da der Nutzen der Kernenergie und die damit einhergehenden Risiken im besonderen Mass ungleich über Raum, Zeit und Generationen verteilt sind. Der Verweis auf Nähe und Distanz der emotionalen Beziehung wäre fehl am Platz, da man mit diesem Argument jegliche Langzeitverantwortung, die über mehrere hundert Jahre hinausgeht, von sich weisen könnte.

5.3.2 Führen Ungewissheiten zur Schwächung von Pflichten?

Thurnberg (1999) wirft die provokante Frage auf, ob man schlichtweg anerkennen müsse, dass intergenerationelle Gerechtigkeit nicht möglich sei, weil eine ungleiche Verteilung von Nutzen, den man aus der Kernkraft ziehen kann (Energie), und Lasten, die eine umfassende Verantwortung für ein gelingendes Abfallmanagement mit sich bringt, unvermeidbar sei. Die Langzeitperspektive und damit verbunden die partielle Unwissenheit über Langzeiteffekte bedeute, dass der Aspekt der Verantwortung den Aspekt des Nutzens übersteige.

Dass grosse Ungewissheiten bestehen, welche Werte, Bedürfnisse und Ziele weit in der Zukunft liegende Generationen haben, wie sie organisiert sind und ob in weiter Zukunft die Spezies Mensch – so wie wir sie heute kennen – noch existiert, ist in diesem Bericht bereits ausführlich besprochen worden (vgl. u. a. Kapitel 2.5 und Kapitel 4). Ebenfalls wurde darauf verwiesen, dass unsere Rede über die zukünftigen Generationen nach unseren heutigen Vorstellungen konzipiert ist. Weder ist eine Kommunikationsmöglichkeit noch eine Reziprozität zwischen den heutigen und den zukünftigen Generationen möglich, d. h. es herrscht die Annahme vor, dass das, was auf eine Generation zutrifft, auch auf eine andere Generation zutrifft. So geht man auch in der ENSI-G03-Richtlinie von den heutigen Lebensgewohnheiten von Menschen und dem heutigen Wissensstand um die Wirkung ionisierender Strahlung auf den Menschen aus. Die unbekante Zukunft und fehlende Reziprozität stellt für eine Theorie der intergenerationellen Gerechtigkeit jedoch eine ernstzunehmende Herausforderung dar. Hier liesse sich fragen, ob in Anbetracht dieser Ungewissheiten Pflichten gegenüber zukünftigen Generationen geschwächt werden.

Diese Ungewissheiten sind gemäss Shrader-Frechette (1998) keine überzeugenden Argumente, um Pflichten gegenüber zukünftigen Generationen zu verneinen:

„one can argue that members of present generations – as recipients of benefits from their ancestors – have duties to future people, regardless of whether or not they ask future people if they wish to receive benefits, regardless of whether or not future people can reciprocate their giving, and regardless of the degree to which present people know the needs of future generations. [...] Because present people can affect

the interests of future individuals, and because they have some general ideas about what the future will need, it is reasonable to claim that people ought to attempt to distribute opportunities equitably, even across generations. Protection against radiation risk thus appears to be one of the goods that ought to be distributed equitably“ (Shrader-Frechette 1998, S. 189).

Gemäss Shrader-Frechette hat die heutige Generation vielmehr ein ausreichendes Wissen über die Interessen künftiger Generationen und kann diese auch mit der schädlichen Wirkung des radioaktiven Abfalls negativ beeinträchtigen, so dass wir dazu angehalten sind, die Risiken zumindest mit Blick auf „fundamental/vital needs“ gerecht zu verteilen. Die Hypothese von der Ähnlichkeit der Interessen- und Bedürfnisstrukturen gegenwärtiger und zukünftiger Generationen wird von Shrader-Frechette gestützt, die davor warnt, den Gegensatz zwischen heutigen und zukünftigen Generationen zu überzeichnen (Shrader-Frechette 2000). In einer solchen Rhetorik sieht sie die Strategie, dass die Verursacher von Risiken die entstehenden Kosten nicht tragen wollen.

Spaemann (2003) weist noch auf einen weiteren Einwand hin, der zur Ablehnung von Pflichten gegenüber in weiter Zukunft liegenden Generationen angebracht werden könnte. Es könnte sich nämlich der Fall ergeben, dass sich Menschen in ferner Zukunft so stark verändern, dass sie die Eigenschaften verlieren, aufgrund derer wir ihnen Würde zusprechen. Da es sich bei diesem Einwand um eine hypothetische Möglichkeit handelt, kann er als wirksames Argument gegen die Wahrnehmung von Verantwortung kaum angeführt werden. Dasselbe gilt für jede Spekulation darüber, dass die Spezies Mensch nach einem langen Zeitraum nicht mehr existiert. Angesichts unseres Unwissens über die Zukunft wäre es unzulässig, sie uns so auszudenken, dass uns die künftige Situation von unseren Verantwortungspflichten befreit. Selbst wenn der Fall einträte, dass in ferner Zukunft keine Menschen oder Wesen, denen wir Würde zusprechen, mehr existieren, würden die vorsorglichen Massnahmen, die wir heute aus Verantwortung getroffen haben, keinen Schaden anrichten.

5.3.3 Verpflichtungen nur gegenüber der nächsten Generation? (rolling present)

Intergenerationelle Gerechtigkeit in Bezug auf radioaktiven Abfall wird in der Fachliteratur in der Regel so verstanden, dass man Verantwortung gegenüber *allen* zukünftigen Generationen hat und darin dem Anwaltschaftsprinzip folgt (vgl. Kapitel 3.2.1). Das folgende Zitat von Andrén fasst diese Position exemplarisch zusammen:

„The extraordinarily long time horizon inherent to the solution [of deep geological disposal] means that all generations to come must be taken into consideration“ (Andrén 2012 S. 75).

Alternativ zur Vorstellung, man habe eine Pflicht gegenüber *allen* zukünftigen Generationen, wurde in der Fachliteratur auch das Konzept der *rolling present* diskutiert, das sich an das Kette-der-Verantwortungsprinzip anlehnt (vgl. Kapitel 3.2.1). Dieses Konzept wurde jedoch von der OECD & NEA (1995, S. 10) stark kritisiert. Gemäss dem *rolling-present*-Konzept ist jede Generation nur gegenüber der *jeweils nachfolgenden* Generation dafür verantwortlich, dieser

eine Welt mit vergleichbar guten Möglichkeiten zu hinterlassen. Der Kritikpunkt der OECD & NEA lautet, ein solches *rolling-present*-Konzept würde verhindern, dass eine Generation um die langzeitigen Effekte ihres Handelns besorgt ist und entsprechende Vorkehrungen trifft. Das *rolling-present*-Konzept von Verantwortung würde zu einer Tendenz führen, „Zeitbomben“ zu hinterlassen, weil das Problem einer langfristigen sicheren Lagerung von radioaktivem Abfall an die nachfolgende Generation weitergegeben werden könnte, anstatt dass eine Generation sich um eine dauerhafte Lösung bemüht. Dieser Kritik kann vor dem Hintergrund der hier zu Rate gezogenen Literatur zugestimmt werden: Intergenerationelle Gerechtigkeit sollte auch die Gewährleistung von oder zumindest das Bemühen um Langzeitsicherheit beinhalten, weil sonst die Lasten der Entsorgung in unfairer Weise auf zukünftige Generationen abgeschoben werden würden.

5.4 Gerechtigkeitsmodelle als normative Basis für eine Zumutbarkeit von Risiken und Belastungen

Bei der Forschungsfrage dieses Kapitels, wie Gerechtigkeit im Umgang mit Mensch und Umwelt über sehr lange Zeitspannen zu verstehen ist, steht die Langzeitsicherheit zwar als Vorsatz und anzustrebendes Ziel im Vordergrund. Die intergenerationelle Gerechtigkeitsfrage zielt jedoch auch darauf ab zu begründen, unter welchen Bedingungen es fair und zumutbar ist, Risiken und Belastungen zukünftigen Generationen zu überlassen. Um Möglichkeiten einer solchen Begründung einzukreisen, wird in den folgenden Abschnitten auf verschiedene Gerechtigkeitsmodelle Bezug genommen, die in der ausgewerteten Literatur anklingen. Aus Sicht verschiedener ethischer Theorieansätze wird der Begriff der Gerechtigkeit erörtert und gefragt, inwiefern der jeweilige Ansatz einen Beitrag für die Frage der Zumutbarkeit von Risiken und Belastungen leisten kann.

5.4.1 Tugendethik: Die Wichtigkeit von Gerechtigkeit

Ein *tugendethischer* Ansatz stellt Werthaltungen und Einstellungen der Handelnden – wie z. B. Klugheit, Tapferkeit, Mässigkeit/Besonnenheit und Gerechtigkeit – in den Mittelpunkt. Für die Umweltethik sind vor allem Klugheit und Mässigkeit im Umgang mit natürlichen Ressourcen bedeutsam, was sich im umweltethischen Prinzip der Nachhaltigkeit konkretisiert. Tugendethische Überlegungen sind stärker auf das Verhalten von einzelnen Individuen ausgerichtet als auf politische oder soziale Kollektive. Dennoch können sie die Plausibilität von Werten, die in einer Gesellschaft gepflegt werden, unterstützen. Schaefer (2016) versucht, in Anlehnung an Thomas von Aquin, mit einem tugendethischen Ansatz für einen „klugen“ Umgang mit Kernenergie zu plädieren und stellt Fragen der intergenerationellen Gerechtigkeit und Langzeitsicherheit in den Vordergrund. Mit Blick auf ein Tiefenlager in der Schweiz würde dies bedeuten, dass es auch aus tugendethischer Sicht Priorität hat, sich auf die Fragen der Langzeitsicherheit und vor allem der intergenerationellen Gerechtigkeit zu konzentrieren, um eine ethisch vertretbare Lösung des Entsorgungsproblems anzustreben, da Gerechtigkeit

selbst eine Tugend ist.¹² Der Beitrag der Tugendethik zur Forschungsfrage, was unter Gerechtigkeit im Umgang mit Mensch und Umwelt zu verstehen ist, besteht also lediglich darin, die Wichtigkeit der intergenerationellen Gerechtigkeit zu unterstreichen, ohne eine substanzielle Antwort zu offerieren.

5.4.2 Deontologie: Respekt vor der Menschenwürde, unbedingte Pflichten und Abstufung von Prinzipien

In einem deontologischen Ansatz werden Rechte und Pflichten vertreten, die unabhängig von individuellen Haltungen, Handlungsfolgen und Nutzenüberlegungen bestehen. Sie gelten universal, das heisst für alle Betroffenen unabhängig ihres Aufenthaltsortes und ihrer Zeit. Bekannteste deontologische Theorie ist diejenige von Immanuel Kant, der seinen Ansatz im Kategorischen Imperativ gleichsam zusammengefasst hat. In der Universalisierungsformel lautet er, dass man nur so handeln dürfe, dass „die Maxime deines Willens jederzeit zugleich als Prinzip einer allgemeinen Gesetzgebung gelten könne“. In der Zweckformel wiederum besagt der Kategorische Imperativ, dass man andere Menschen jederzeit zugleich als Zweck in sich selbst, niemals als blosses Mittel zu einem eigenen Zweck behandeln dürfe. Deontologische Ethik geht also von unbedingt geltenden Pflichten aus. Zu diesen Pflichten zählen der *Respekt vor der Menschenwürde*, das *Nicht-Schadensprinzip* und das *Selbstbestimmungsrecht*. Das *Instrumentalisierungsverbot*, wie es in der Zweckformel zugrunde gelegt ist, ist ein zentrales Wesensmerkmal deontologischer Ethik. Würden wir uns anderer Menschen bloss als ein Mittel zum Zweck bedienen widerspräche dies nach Kant der Zweckformel und wäre Ausdruck einer Missachtung der Menschenwürde.

Streffer et al. (2011) vertreten eine deontologische Position (vgl. auch Hocke 2014): Ausgehend vom kategorischen Imperativ von Kant verlangen sie, dass ethische Normen für das Abfallmanagement universale Gültigkeit haben. Der universale Kern dieser Normen ist, dass Menschen nicht instrumentalisiert werden dürfen. Dennoch räumen Streffer et al. ein, dass in der Entsorgungsfrage Kompromisse gemacht werden können. Erstens sei es nach Ansicht des Autorenteams falsch zu glauben, man müsse „sofort“ handeln und das Abfallproblem „endgültig“ lösen. Zweitens werde Fairness oft falsch verstanden: Das „bartering of burdens and benefits“ sei durchaus akzeptabel, wenn es zu einer „optimized overall distribution“ führe (Streffer et al. 2011, S. 244). Darüber hinaus wird das Verursacherprinzip nach Ansicht der Autoren zeitweise überbetont. Der Ansatz von Streffer et al. (2011) zeigt, dass es auch aus deontologischer Sicht möglich ist, in einer ethischen Analyse zu dem Schluss zu kommen, angesichts befürchteter Folgen oder bei in Konflikt stehenden deontologischen Prinzipien ein Prinzip zurückzustellen. Mit Blick auf Tiefenlager in der Schweiz könnte dies bedeuten, dass es ethisch angemessen ist, das Vetorecht der Kantone bei der Standortwahl eines geologischen Tiefenlagers aufzuheben, wenn man ein solches

¹² Es ist zu erwähnen, dass die Tugendethik in der Fachliteratur zur Entsorgung radioaktiver Abfälle eine marginale Rolle spielt.

Tiefenlager für die beste Lösung im Sinne der Langzeitsicherheit hält, zu der man aufgrund des Verantwortungsprinzips verpflichtet wäre.

Eine Abstufung von Prinzipien, die eine Entsorgungslösung zu erfüllen hat, wird auch von François Dermange (2008, S. 113) begrüsst. Sicherheit ist vor Fairness, und Fairness vor sozialer Akzeptanz zu setzen. Zu diesem Urteil kommt Dermange, weil er beim Abfallproblem verschiedene Zeiträume unterscheidet: „short timescale of democratic institutions“ auf der einen Seite und „long-term timescale that exceeds the life expectancy of our democratic institutions“ auf der anderen Seite (vgl. auch Kapitel 4.1). Solange man nach Dermange davon ausgehen kann, dass es demokratische Institutionen gibt, ist es möglich, sich an Werten wie Gleichheit, Selbstbestimmung, Fairness und Reziprozität zu orientieren. Jenseits dieses Zeitraumes ist es wichtiger, Sicherheit ohne menschliche Intervention, also durch passive Schutzbarrieren, zu gewährleisten.

Dieses Argument wird international und in der Fachliteratur häufig vertreten. Es zeigt, dass die Pflicht zum Schutz vor Radioaktivität, insofern sie dem Menschen beträchtlichen Schaden zufügen kann, als *unbedingte* Pflicht gesehen wird, die Pflicht z. B. zur Fairness bei der Verteilung der Lasten, hingegen nicht als unbedingte. Die Pflicht zur Fairness kann relativiert werden und hinter die Pflicht der Sicherheit zurücktreten. Dahinter steht folgende deontologische Überlegung: Wenn man Sicherheit vernachlässigt, z. B. aus Kostengründen oder weil ein politischer Konsens für Langzeitsicherheit fehlt, nimmt man damit in Kauf, der menschlichen Gesundheit zu schaden. Das verstösst aber gegen das Prinzip der Achtung der Menschenwürde. Denn danach darf Menschen weder verweigert werden, ihre grundlegenden Bedürfnisse (nach Gesundheit und einer intakten Lebenswelt) zu befriedigen, noch dürfen sie für soziale oder ökonomische Anliegen instrumentalisiert werden. Für deontologische Pflichten spielt es keine Rolle, ob es sich hierbei um Menschen in der Gegenwart oder Zukunft handelt. Offen bleibt jedoch auch hier die Frage, welches konkrete Mass an Risiken und Schädigungen dem Menschen zumutbar ist, ohne ihn der Möglichkeit der Befriedigung seiner grundlegenden Lebensbedürfnisse gänzlich zu berauben. Diese Frage kann ein deontologischer Ethikansatz nicht beantworten.

5.4.3 Konsequentialismus: Kosten/Risiko-Nutzen-Analyse, Diskontierung und das Problem der Verteilungsgerechtigkeit

Der Utilitarismus ist ein wichtiger Zweig innerhalb der konsequentialistischen Ethik. Die moralische Qualität einer Handlung wird im Konsequentialismus nach ihren Folgen bewertet. Für den Utilitaristen ist die Handlung moralisch geboten, die den grössten Nutzen für die grösste Zahl an Menschen bringt. Die Beurteilung einer Entsorgungslösung aus utilitaristischer Sicht würde durch eine Risiko/Kosten-Nutzen-Analyse nach dem Prinzip der Nutzenmaximierung bzw. Risikooptimierung erfolgen. Gerechtigkeit stellt sich in dieser Perspektive dann ein, wenn die Risiko/Kosten-Nutzen-Analyse im Sinne einer Optimierung positiv ausfällt.

Eine konsequentialistische Herangehensweise kann jedoch zu moralisch kontraintuitiven Resultaten führen. Für die Schweizer Bevölkerung könnte es als Risikooptimierung angesehen werden, wenn radioaktive Abfälle in einem möglichst weit entfernten Ausland gelagert werden würden. Abgesehen davon, dass der Transport von Abfällen ins Ausland mit erhöhten Risiken und Kosten verbunden ist, widerspräche ein solches Vorgehen auch dem Prinzip der intragenerationellen Gerechtigkeit und der Nachhaltigkeit. Diesem Einwand könnte man aus konsequentialistischer Sicht begegnen, indem der Kreis der Personen, die bei einer Risiko/Kosten-Nutzen-Analyse zu bedenken sind, erweitert wird. In der Fachliteratur wird entsprechend die Entsorgungslösung auch als eine globale Herausforderung gesehen, für die eine globale Lösung gesucht werden muss (Andrén 2012). Doch auch dies löst das Problem der Gerechtigkeit nicht vollständig. Ein Hauptkritikpunkt am Konsequentialismus lautet, dass er die Verteilungsstruktur von Risiken/Kosten und Nutzen unberücksichtigt lässt, da in diesem Ansatz nur der Gesamtnutzenwert betrachtet wird. Verteilungsgerechtigkeit wird mit diesem Ansatz nicht erfasst (Catron 1994, Spaemann 2003). Diese wird aber in der Literatur und Fachdiskussion als ein leitendes Prinzip für einen ethisch angemessenen Umgang mit radioaktiven Abfällen angesehen, z. B. wenn es um die Lastenfreiheit zukünftiger Generationen geht (ENSI-G03, Leitsatz h). Ein Konsequentialist könnte hierauf erwidern, es sei u. U. ethisch geboten, dass einige wenige Menschen grosse Nachteile in Kauf nehmen, um vielen Menschen Vorteile zu bringen. Beispielsweise wirft Charles McCombie (1996) die wichtige Frage auf, wie viele Arbeiter denn durch Bauarbeiten von geologischen Tiefenlagern, bei denen sie u. U. auch radioaktiven Strahlungen ausgesetzt sind, in der jetzigen Generation gefährdet werden dürfen, um Leben in künftigen Generationen zu schützen.

Ein weiteres Problem, das sich dem Konsequentialismus stellt, ist, zukünftige Generationen in die Risiko/Kosten-Nutzen-Analyse einzubinden. Zur Bewertung zukünftigen Nutzens oder zukünftigen Schadens kann eine Rechenoperation aus der Finanzmathematik, die Diskontierung (Abzinsung), herangezogen werden. Hier wird der Wert eines zukünftigen, noch nicht eingetretenen Nutzens oder Schadens für den gegenwärtigen Zeitpunkt berechnet. Diskontierung würde bedeuten, dass wir den Aufwand (Input) zur Errichtung eines geologischen Tiefenlagers mit dem Ertrag (Outcome), der sich aus dieser Schutz- und Sicherungsmassnahme ergibt, abwägen müssen. Da wir die Präferenzen weit entfernter Generationen nicht kennen, wissen wir nicht, wie sich die Outcomes tatsächlich darstellen werden (Achenbach 2003, S. 50). Infolge dessen unterstellt Diskontieren eine Konstanz von menschlichen Präferenzen, die jedoch nicht zutreffen muss (ebd., S. 52). Zudem würde für angenommene Risiken, die in sehr weiter Zukunft liegen, die Diskontierung bedeuten, dass sie zum heutigen Zeitpunkt keinen Wert hätten und damit nicht berücksichtigt werden müssten (Taebi 2010, S. 24 ff.). Dies ist jedoch, so scheint es, moralisch kontraintuitiv, weil es der Forderung nach Langzeitsicherheit widerspricht. Das folgende Zitat von Dermange (2008) fasst diesen Punkt anschaulich zusammen:

„Morally speaking, the importance attributed to events does not diminish the farther away they are in time, but remains fundamentally the same. The reasoning by which, with a discount rate of 10% per year, the effects on people’s well-being 20 years from

now will only be one-tenth of the impact on people's well-being today, or that with a discount rate of 5%, in 400 years a million deaths will have the same value a single death next year, is not acceptable. The very principle of discounting must be rejected outright" (ebd., S. 107).

Die OECD zieht daraus den Schluss, dass die Rechenoperation des Diskontierens nur für Zeiträume von etwa 20 bis 30 Jahren funktioniert (OECD & NEA 1995). Insofern freigesetzte Radioaktivität in Luft, Erde und Wasser den Tod von Menschen zur Folge haben kann, wenden einige Ethiker zudem aus deontologischer Sicht ein, dass Menschenleben nicht gegeneinander aufgerechnet werden sollten. Menschen hätten Würde und keinen in Zahlen fassbaren Wert (Catron 1994, Spaemann 2003). Die Methode der Diskontierung kann ihnen zufolge nur zur Abschätzung der Effektivität von Ereignissen, die sich monetär berechnen lassen, herangezogen werden.

5.4.4 Vertragstheorie und der Umgang mit Kompensationen und Opportunitätskosten

Eine Vertragstheorie hält eine Handlung dann für ethisch gerechtfertigt, wenn sie Gegenstand eines hypothetischen Übereinkommens sein kann bzw. deren zugrundeliegenden Prinzipien von niemandem vernünftigerweise zurückgewiesen werden können. Die Vertragstheorie gehört zu den prozeduralen Ethiktheorien, da sie Anforderungen an den Prozess der Kompromissfindung stellt und die Inhalte, worin der Kompromiss oder das Übereinkommen besteht, weitestgehend offen lässt.

John Rawls hat in *A Theory of Justice* (1971) und nachfolgenden Werken das Modell der Vertragstheorie adaptiert, um eine Theorie der Gerechtigkeit zu entwerfen, die in einer demokratischen und liberalen Gesellschaft Bestand haben soll. Auf Rawls wird in der Fachliteratur zu radioaktivem Abfall oft Bezug genommen, da seine *Theorie der Gerechtigkeit* die Belange zukünftiger Generationen berücksichtigt und zugleich mit dem „Überlegungsgleichgewicht“ (*ethical reflective equilibrium*) eine Methode geschaffen hat, um abstrakte ethische Prinzipien und praktische Überlegungen bzw. wohlüberlegte Urteile in einem Prozess gegenseitiger Anpassung zusammenzuführen und in ein Gleichgewicht zu bringen (z. B. White 1991, Thunberg 2000, Cotton 2006, Fleming 2008, Taebi 2010, Krütli et al. 2015, Kermisch et al. 2016). In diesem Reflexionsprozess können Gerechtigkeitsvorstellungen weiterentwickelt und konkretisiert werden.

Um zu den Gerechtigkeitsprinzipien zu kommen, bedient sich Rawls in seiner *Theorie der Gerechtigkeit* einer Art Gedankenspiel, bei dem wir uns vorstellen, wir müssten in einem „Urzustand“ (*original position*) über die Grundprinzipien unseres Zusammenlebens entscheiden. Aufgrund eines „Schleiers des Nicht-Wissens“ (*veil of ignorance*) bleibt uns verborgen, welche Stellung wir in dieser Gesellschaft einnehmen und welcher Generation wir angehören. Weil wir keine Kenntnisse zukünftiger Generationen haben, gehen wir davon aus, dass sie uns ähnlich sind. Nach Rawls würden wir im Urzustand zu den folgenden zwei Gerechtigkeitsgrundsätzen finden:

„*Erster Grundsatz*: Jedermann soll gleiches Recht auf das umfangreichste Gesamtsystem gleicher Grundfreiheiten haben, das für alle möglich ist.

Zweiter Grundsatz: Soziale und wirtschaftliche Ungleichheiten müssen folgendermassen beschaffen sein:

- (a) sie müssen unter der Einschränkung des gerechten Spargrundsatzes den am wenigsten Begünstigten den größtmöglichen Vorteil bringen, und
- (b) sie müssen mit Ämtern und Positionen verbunden sein, die allen gemäß fairer Chancengleichheit offenstehen.“ (Rawls 1994, S. 336)

Diese beiden Gerechtigkeitsgrundsätze stehen in lexikalischer Ordnung, d. h. es gibt einen Vorrang der Freiheit vor der Gerechtigkeit und einen Vorrang der Gerechtigkeit vor Leistungsfähigkeit und Lebensstandard. Wenn man Rawls Gerechtigkeitsgrundsätze auf die Entsorgungsfrage radioaktiven Abfalls anwenden möchte, so könnte dies bedeuten, dass die Grundfreiheiten soweit als möglich geachtet werden und eine ungleiche Verteilung einen Vorteil für die Schlechtergestellten beinhalten müsste. Solche Vorteile könnten den Erhalt von Arbeitsplätzen, die Vermeidung von sozialen Spannungen oder die Reduktion von Kosten bedeuten. Das Thema der Entsorgung ist jedoch aufgrund der langen Zeitspanne sehr komplex, so dass es keine gesicherte Antwort darauf geben kann, welche Grundfreiheiten, zu denen u. a. politische und persönliche Freiheiten zählen, auch in Zukunft für alle möglich sind, und welche Benachteiligungen man zukünftig für einen Vorteil der Schlechtergestellten halten kann.

Wenn man für die Beantwortung einer Gerechtigkeitsfrage ein prozedurales Verfahren heranzieht, orientiert man sich dennoch an ethischen Werten und Prinzipien, die die Reflexion anleiten. Auch bei Rawls gibt es kein „anything goes“, sondern die Individuen, die sich – hypothetisch – im Urzustand zusammenfinden, sind vernünftige, mit moralischem Empfinden und Gerechtigkeitssinn sowie Urteilsvermögen ausgestattete Wesen. Zu den drängenden Fragen, die in Bezug auf den radioaktiven Abfall zu klären sind, lassen sich die folgenden zählen:

Kompensation und Trust Fonds

Wäre es möglich Standortgemeinden z. B. für ihre sozial-ökonomischen Schäden zu kompensieren? Laes (2008) schlägt vor, Kompensationen bei schwach-radioaktivem Abfall mittels einer Kosten-Nutzen Analyse zu berechnen, um die Proportionalität von Formen der Kompensation zu untersuchen und gleichzeitig darauf hinzuweisen, wenn es unfaire Behandlungen gibt. Kompensation bei hoch-radioaktivem Abfall und über lange Zeiträume hinweg ist nach Laes hingegen nicht möglich. Für Shrader-Frechette (1998) und André (2012) verursacht eine permanente Lagerung von radioaktivem Abfall – sei es an der Oberfläche oder in der Tiefe – stets Ungerechtigkeiten. Die Einrichtung von *Trust Fonds* könnte dennoch Abhilfe schaffen, um auch in Zukunft die Sicherheit der Lager z. B. durch Wartung und Weiterentwicklung der Technik zu gewährleisten. Allerdings müsste geklärt werden, wer in den Trust Fonds einzahlt und wer über die Verwendung entscheidet. Auch wäre der Zeitraum

für den Trust Fond zu begrenzen, denn er könnte sicher keine garantierte Laufzeit von 1 Mio. Jahren haben.

Opportunitätskosten

In den Ländern, in denen staatliche Gelder in die Sicherheit von Tiefenlagern investiert werden, umfassen Opportunitätskosten die staatlichen Gelder, die dann nicht in Risikoreduktion anderer gesellschaftlich relevanter Bereiche (z. B. die Gesundheitsversorgung) investiert werden. Die Überlegung, wie finanzielle Mittel zur Risikoreduktion in verschiedenen Gefahrenbereichen gerecht, effektiv und effizient eingesetzt werden sollen, wurde an der OECD-Konferenz 1994 intensiv diskutiert (OECD & NEA 1995, S. 133). Auch heute noch stellt sich die Frage, ob die Verteilung der Ressourcen gerechtfertigt ist, damit künftige Generationen besser mit dem heute anfallenden radioaktiven Abfall umgehen können (Shrader-Frechette 2000). So halten einige Autoren es in den USA für bedenklich, grosse Beträge für die Suche nach immer neuen Standorten für die Lagerung auszugeben, anstatt die Gelder anderweitig zu nutzen (Peterson et al. 2006). Aus ethischer Sicht stellt sich ebenfalls die Frage, ob finanzielle Ressourcen der heutigen Generation darauf zu verwenden sind, hypothetische Risiken zu erforschen und abzufedern, die unter Bedingungen der Ungewissheit in ferner Zukunft einmal auftreten könnten, statt das Geld in Bereiche zu investieren, die im Moment als dringlicher angesehen werden könnten, z. B. mit Blick auf den Klimaschutz (vgl. Vorsorgeprinzip in Kapitel 3.2.2)¹³. Sollte das Geld, so Shrader-Frechette, nicht lieber für heutige Generationen ausgegeben werden, in der Annahme, dass künftige Generationen technisch schon in der Lage sein werden, mit dem radioaktiven Abfall umzugehen (Shrader-Frechette 2000)? Auf den ersten Blick erscheint diese Problemstellung unlösbar. Nach Shrader-Frechette (2000) ist sie es aber nicht, wenn man einige logische Fehler in den Annahmen berücksichtigt: (1) Es geht um die Maximierung von einem bestimmten Nutzen, Rechte werden ignoriert; (2) inter- und intragenerationelle Wohlfahrt werden ungleich gewichtet, obwohl sie es nicht sind und (3) in den USA wird eine Risikopraxis gepflegt, die nicht mit einer ethischen Risikotheorie übereinstimmt. Dennoch ist auch ihrer Ansicht nach die Diskussion der Opportunitätskosten wichtig, um soziale Akzeptanz für die verwendeten Mittel für die Entsorgung des radioaktiven Abfalls herzustellen.

Da in der Schweiz die Kosten der Entsorgung vom Verursacher getragen werden, wäre zunächst einmal zu bestimmen, was die Opportunitätskosten in dieser Frage in der Schweiz wären. Opportunitätskosten könnten sich angesichts dessen ergeben, dass für verschiedene Arten von radioaktivem Abfall eine sehr kostenintensive Tiefenlagerung per Gesetz vorgesehen ist. Ausser in Deutschland und in der Schweiz ist nämlich in keinem anderen Land eine Entsorgung von kurzlebigem Abfall in Tiefenlagern angeordnet. Da in beiden Ländern die Inaktiv-Freimessung betrieben wird, d. h. dass Materialien mit Gehalten an radioaktiven Stoffen unterhalb bestimmter Grenzwerte als „nicht radioaktiv“ betrachtet und somit konventionell weiter verwendet werden können, ergibt sich hier die Situation, dass ein

¹³ Auf die Diskussion, inwiefern ein Nutzen für nachfolgende Generationen daraus abgeleitet werden könnte, dass dank des Einsatzes von Kernenergie der Klimawandel günstig beeinflusst werden kann (OECD & NEA 1995, Damveld 2003, Schaefer 2016), möchte der vorliegende Bericht nicht eingehen.

erheblicher Teil des entsorgten Materials im SMA-Tiefenlager bereits bei dessen Verschluss kein „radioaktiver Abfall“ mehr sein wird. Die IAEA akzeptiert hingegen für Abfälle kürzerer Halbwertszeiten eine oberflächennahe Lagerung. Vor diesem Hintergrund könnte die Frage nach der ethisch vertretbaren Ressourcenverteilung beim Bau von Tiefenlagern in der Schweiz gestellt werden. So wäre zu diskutieren, ob es allenfalls sinnvoller wäre, die finanziellen Mittel, welche für die geologische Tiefenlagerung dieser Abfälle nötig sind, zu sparen, um zusätzliche Mittel für die Optimierung an anderen Orten zu haben.

5.5 Fazit

Für die Frage, was unter Gerechtigkeit im Umgang mit Mensch und Umwelt über sehr lange Zeiträume zu verstehen ist, wurde zunächst der Generationenbegriff spezifiziert. In diesem Zusammenhang wurde darauf hingewiesen, dass die Vorstellung zukünftiger Generationen ein Konstrukt aus heutiger Sicht ist, in das auch Wertungen miteinfließen. Für die Gerechtigkeitsfrage ist es zudem wichtig zu konkretisieren, ob der Schutz, den zukünftige Generationen erfahren sollen, sich lediglich auf ihre fundamentalen Bedürfnisse beziehen oder eine bestimmte Lebensqualität umfassen soll. Je nach Blickwinkel ist die Höhe des anvisierten Schutzmasses anzupassen. In Bezug auf die Herstellung intragenerationeller Gerechtigkeit wurde für eine gerechte Verteilung von Nutzen, Kosten und Risiken auf heute lebende Bevölkerungsgruppen eine prozedurale Gerechtigkeitstheorie in Anlehnung an John Rawls empfohlen. Der Fokus des Kapitels lag gemäss der Forschungsfrage jedoch auf der Thematik der intergenerationellen Gerechtigkeit. Hier wurde zunächst argumentiert, dass Pflichten gegenüber zukünftigen Generationen bestehen, weil heutige Generationen eine Verantwortung für die Risiken, die von radioaktiven Abfällen ausgehen, tragen. Diese Verantwortung dauert an, so lange Risiken existieren, und betrifft daher nicht nur die nachfolgende Generation. Verantwortung zeigt sich auch unabhängig davon, wen diese Risiken betreffen. Unwissenheit bezüglich der Zukunft kann Verantwortung zudem nicht prinzipiell schwächen. Langzeitsicherheit anzustreben ist daher aus ethischer Sicht Aufgabe und Pflicht heutiger nutznießender Generationen. Zukünftige Generationen in dieser Hinsicht durch eine sichere Entsorgung radioaktiven Abfalls zu berücksichtigen, ist integraler Bestandteil von intergenerationeller Gerechtigkeit.

In Rückgriff auf verschiedene Gerechtigkeitsmodelle wurde im zweiten Teil des Kapitels erkundet, auf welcher normativen Basis Risiken und Belastungen für zukünftige Generationen aus ethischer Sicht zumutbar wären. Während aus tugendethischer Perspektive lediglich die Bedeutsamkeit der Gerechtigkeit hervorgehoben wird, kann aus deontologischer Sicht ein Bereich unbedingter Pflichten identifiziert werden. Dieser besteht darin, die Menschenwürde zu achten, Menschen nicht zu instrumentalisieren und in diesem Sinne nicht zu schädigen. Daraus liesse sich ableiten, dass Menschen ein (zeitlich unbegrenztes) Anrecht hätten auf einen Schutz vor radioaktiven Strahlen, die von Abfallprodukten der Kernenergie ausgehen, weil bzw. insofern ihnen ohne diesen Schutz ein menschenwürdiges Leben nicht möglich wäre. Forderungen der Fairness können in einem deontologischen Ansatz der unbedingten Pflicht, für einen solchen Schutz zu sorgen, untergeordnet werden. Um diese Schutzpflicht

weiter zu konkretisieren kann ein konsequentialistischer Ansatz herangezogen werden. In diesem Kontext wird erörtert, inwiefern die Kosten/Risiko-Nutzen-Analyse relevant ist für die Optimierung eines Schutzes vor Risiken. Aufgrund der Langzeitperspektive in der Entsorgungsthematik zeigen sich hier jedoch einige Schwächen, z. B. bezüglich der Möglichkeit, eine Diskontierung von möglichen Schäden, die in weiter Zukunft auftreten könnten, durchzuführen. Auch bleiben Fragen der Verteilungsgerechtigkeit unterbelichtet. Gerade für das Thema der distributiven Gerechtigkeit erweist sich die Vertragstheorie von John Rawls als fruchtbar. Hier werden Fragen der Gerechtigkeit durch ein faires Verfahren und ein bestimmtes Modell der Entscheidungsfindung (*ethical reflective equilibrium, original position, veil of ignorance*) zu lösen versucht. Diskussionspunkte, die in einem solchen Verfahren zur Sprache kommen sollten, umfassen auch die Frage nach der Kompensation und Abgeltung für mögliche Schäden sowie der Vertretbarkeit von Opportunitätskosten gegenüber der heutigen Generation.

6 Forschungsfrage 4: *Gibt es eine Zeitspanne, nach der eine intergenerationelle Verpflichtung ihren Sinn verloren hat?*

Aus den in diesem Bericht dargelegten ethischen Überlegungen in der untersuchten Literatur folgt eine Verneinung der Frage, ob es eine Zeitspanne gibt, nach der eine intergenerationelle Verpflichtung ihren Sinn verloren hat. Die wichtigsten Ergebnisse werden im Folgenden nochmals zusammengefasst.

Die Zeitspanne der Verantwortung ist gemäss dem Prinzip der Verantwortung an die Dauer des Schadenpotenzials geknüpft (vgl. Kapitel 2.2 und 3.2.3). Die Verantwortung, Schaden durch Sicherheitsvorkehrungen so abzuwenden, dass ein menschenwürdiges Leben auch in Zukunft gewährleistet ist, kann nicht relativiert werden und muss nach bestem Wissen und Gewissen für die gesamte Schadensdauer gewährleistet sein (vgl. Kapitel 3.1., 3.2.4, 5.4.2). Gemäss der allgemeinen ethischen Verantwortungsstruktur setzt jedoch eine Pflicht auch die Fähigkeit voraus, diese zu erfüllen. Angesichts der zahlreichen Unbekannten bezüglich der Entwicklung von Natur, Mensch, Gesellschaft und Technik stellt sich berechtigterweise die Frage, ob eine Pflicht, für einen Schutz vor Radioaktivität für 1 Mio. Jahre zu sorgen, überhaupt erfüllt werden kann (vgl. Kapitel 4.1. und 4.2). Sind gegenwärtige verursachende Generationen von einer solchen umfassenden Schutzpflicht also zu entbinden? Diese Frage wird nach Auswertung der untersuchten Literatur im vorliegenden Bericht verneint. Es wird zwar anerkannt, dass die Thematik der sicheren und fairen Lagerung radioaktiven Abfalls eine mit Robert Spaemann gesprochen „paradoxe Situation“ darstellt. Diese Situation befreit die verursachende Generation jedoch nicht von der Pflicht, die „bessere Lösung“ für das Entsorgungsproblem zu finden und dabei die ethischen Prinzipien der Nachhaltigkeit, der Vorsorge, der Verantwortung, der Verursachung, der Gerechtigkeit und des Respekts vor der Entscheidungsfreiheit zukünftiger Generationen soweit als möglich umzusetzen. Ethische Prinzipien und praktische Umsetzbarkeit können mit Hilfe der Rawls'schen Methode eines „Überlegungsgleichgewichtes“ (*ethical reflective equilibrium*) zusammengebracht werden (vgl. Kapitel 5.4.4). Konkret ist hierbei an ein abgestuftes Schutzsystem zu denken, das sowohl dem Selbstbestimmungsrecht zukünftiger Generationen durch die Rückholbarkeit des Abfalls als auch der ethischen Schutzverantwortung durch passive Sicherheitsbarrieren Genüge zu leisten vermag (vgl. u. a. Kapitel 4.3). Bei Konflikten zwischen verschiedenen ethischen Prinzipien ist die Sicherheit der Selbstbestimmungsfreiheit zukünftiger Generationen vorzuziehen. Da wir die Werte und Lebensvorstellungen weit in Zukunft liegender Generationen nicht kennen, wir aber davon ausgehen, dass sie als Menschen zumindest ähnliche grundlegende Bedürfnisse (*fundamental needs*) haben werden wie wir, ist in diesem Fall das Nicht-Schadens-Prinzip höher zu gewichten als die Möglichkeit, dass weit in der Zukunft liegende Generationen über die Entsorgungsart radioaktiven Abfalls selbst entscheiden können. Für die ethische Diskussion über eine gerechte Verteilung von Lasten kann zudem die Rawls'sche Vertragstheorie Hand bieten. Die konkrete Umsetzung dieses Modells obliegt dann der Politik.

7 Empfehlungen

7.1 Vorbemerkung

Für den Schweizer Kontext ist das Schutzziel bezüglich der geologischen Tiefenlagerung konkret in einer Richtlinie des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) festgehalten. Es handelt sich dabei um die Richtlinie ENSI-G03 mit dem Titel «Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis.»¹⁴ Diese Richtlinie betrifft geologische Tiefenlager nach Art. 3 des schweizerischen Kernenergiegesetzes (KEG, SR 732.1) und ist für die implementierenden Stellen – d. h. auch für die Nagra – bindend. Neben dem Schutzziel formuliert die Richtlinie auch Leitsätze zur Umsetzung des Schutzziels sowie Schutzkriterien und weitere Anforderungen an geologische Tiefenlager. Auch legt die Richtlinie fest, wie vorzugehen ist, um einen Sicherheitsnachweis für ein geologisches Tiefenlager zu erbringen. Das Schutzziel formuliert die Richtlinie dabei wie folgt: «Mit der geologischen Tiefenlagerung sind radioaktive Abfälle so zu entsorgen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor deren ionisierender Strahlung dauernd gewährleistet ist, ohne dass künftigen Generationen unzumutbare Lasten und Verpflichtungen auferlegt werden.» (ENSI-G03, Kap. 4, S. 2) Daran anschliessend sind die zehn Leitsätze festgehalten, die bei der geologischen Tiefenlagerung zu berücksichtigen sind. Diese Leitsätze sind auf Seite 11 des vorliegenden Berichts wiedergegeben.

Beim ENSI laufen gegenwärtig die Vorbereitungsarbeiten für eine umfassende Revision der Richtlinie ENSI-G03. Das Schutzziel und die Leitsätze sind zwar nicht als Gegenstand dieser Revision vorgesehen, gleichwohl bietet es sich an, die Revision der Richtlinie zum Anlass zu nehmen, um vor dem Hintergrund des vorliegenden Berichts das Schutzziel und die Leitsätze aus ethischer Sicht zu reflektieren und Empfehlungen für mögliche zu klärende Aspekte in diesem Zusammenhang auszusprechen. Im Rahmen eines interdisziplinären Expertinnen- und Expertenworkshops wurde im Kontext des vorliegend dokumentierten Forschungsprojekts versucht, das Schutzziel und die Leitsätze auf der Grundlage des Berichts einer kritischen Prüfung zu unterziehen. An diesem Workshop nahmen die folgenden Personen teil:

- Felix Altorfer, ENSI
- Manuel Sentis, ENSI
- Andreas Bachmann, BAFU, Mitglied der Begleitgruppe
- Anne Eckhardt, ENSI-Rat, Mitglied der Begleitgruppe
- Anna Deplazes, Beirat Entsorgung, Mitglied der Begleitgruppe
- Ivo Wallimann-Helmer, Ethik-Zentrum der Universität Zürich
- Pius Krütli, Departement Umweltwissenschaften, ETH Zürich
- Piet Zuidema, freiberuflicher Experte, ehemals Nagra

¹⁴ Die Richtlinie ist über folgenden Link zum Download verfügbar: <https://www.ensi.ch/de/dokumente/richtlinie-ensi-g03-deutsch/>.

- Simone Brander, Bundesamt für Energie (Auftraggeberin), Mitglied der Begleitgruppe
- Susanne Brauer, Brauer & Strub, Mandatnehmerin (Projektleitung)
- Jean-Daniel Strub, Brauer & Strub, Mandatnehmer
- Sibylle Ackermann, Mandatnehmerin

Die nachfolgend formulierten Empfehlungen gehen auf die Diskussion am Expertinnen- und Expertenworkshop zurück, bilden aber lediglich die Einschätzung der Autorinnen und Autoren des vorliegenden Berichts ab. Sie nehmen nicht für sich in Anspruch, die Meinung der erwähnten Expertinnen und Experten wiederzugeben.

7.2 Empfehlungen

Vor dem Hintergrund einer aus ethischem Blickwinkel erfolgenden Auseinandersetzung mit Schutzziele bei der geologischen Tiefenlagerung ist nach Meinung des Projektteams in der Richtlinie ENSI-G03 sowie ggf. in weiteren massgeblichen Dokumenten und Rechtsgrundlagen auf Klärungen bezüglich der folgenden Begriffe und Konzepte hinzuwirken.

1. Es ist auszuführen, was der «Schutz von Mensch und Umwelt» gemäss dem Schutzziel bzw. gemäss den Rechtsgrundlagen beinhaltet.

Die Zielsetzung, Mensch und Umwelt zu schützen, besagt nicht eindeutig, was die Schutzverpflichtung umfasst. Klärungsbedürftig ist, ob der Schutz allein darin besteht, Schaden abzuwehren oder einem solchen vorzubeugen, oder ob das Erfordernis mit weiter reichenden Verpflichtungen einhergeht. Dies zum einen deshalb, weil nicht abschliessend festgelegt werden kann, was als «Schaden» zu betrachten ist. Zum andern aber auch deshalb, weil in Anbetracht der äusserst langen Zeitspanne, die mit Blick auf die Tiefenlagerung zu betrachten ist, ein Schaden eintreten könnte, der heute nicht antizipierbar ist, weil beispielsweise die zukünftigen Lebensformen der Menschen und ihre Interaktion mit der Umwelt nicht vorhersehbar sind. Denkbar ist daher, den «Schutz von Mensch und Umwelt» als Verpflichtung zum Erhalt des Bestehenden zu interpretieren, was andere Implikationen aufwiese, als eine Pflicht zur generellen Schadensvermeidung zu postulieren. Für die Implementierung des Schutzziels ist die Klärung des Begriffs «Schutz» jedenfalls von eminenter Bedeutung.

Das Projektteam empfiehlt vor dem Hintergrund des vorliegenden Berichts, die Verpflichtung zum Schutz von Mensch und Umwelt einerseits so aufzufassen, dass vorrangig der individuelle Mensch und nicht die Gattung als Ganzes als Schutzobjekt festgelegt wird. Konsequenterweise soll «Schutz» als Vermeidung von Schaden für das von Schadensrisiken betroffene Individuum konzeptualisiert werden.

2. Es ist auszuführen, welcher Zeithorizont mit den Begriffen «dauernd» und «künftige Generationen» angesprochen ist.

In seiner aktuellen Formulierung berührt das Schutzziel zweifach die Zeitdimension. Zum einen ist gefordert, dass der Schutz vor ionisierender Strahlung dauerhaft gewährleistet ist. Diese Formulierung lässt aber offen, ob damit ein unbestimmter Zeithorizont im Sinne eines «für immer» gemeint ist, oder ob das Kriterium der Dauerhaftigkeit nach einer bestimmten Zeit – beispielsweise nach 1000 Jahren – erfüllt ist. Klärungsbedürftig ist die Zeitdimension zum andern aber auch mit Blick auf die Forderung, wonach «künftigen Generationen» keine unzumutbaren Lasten überbürdet werden dürfen. Gilt diese Verpflichtung gegenüber allen künftigen Generationen gleichermassen? Oder impliziert gerade der Rückgriff auf den Generationenbegriff – und damit die Andeutung eines Beziehungsverhältnisses zwischen heutigen und zukünftig betroffenen Menschen – eine abnehmende Verbindlichkeit der Verpflichtung, da die Beziehung zu fernen Generationen schwächer ausfällt als zu direkt nachfolgenden?

Das Projektteam empfiehlt, im Schutzziel und in den massgeblichen Dokumenten möglichst trennscharfe Zeitgrössen zu verwenden. Als Mass für die Dauerhaftigkeit des Schutzes könnte festgelegt werden, dass der Schutz so lange gewährleistet sein muss, wie aufgrund der mit radioaktiven Abfällen assoziierten radioaktiven Strahlung relevante Schadensrisiken für Mensch und Umwelt bestehen. Bezüglich der künftigen Generationen soll festgehalten werden, dass es in der Verantwortung der heutigen nutzniessenden Gesellschaft liegt, dafür zu sorgen, dass alle nachfolgenden Menschen keine Lasten zu tragen haben, die aus der Nutzung einer Technologie entstehen, deren Nutzen – zumindest aus heutiger Sicht – allein den aktuell lebenden Generationen zu Gute kommt.

3. Die Begriffe «Zumutbarkeit» bzw. «Unzumutbarkeit» und «Lasten» sind näher zu definieren oder zu ersetzen durch die Beschreibung dessen, woran sich Zumutbarkeit bemisst.

Im Schutzziel ist festgehalten, dass künftigen Generationen keine «unzumutbaren Lasten» auferlegt werden dürfen. Zumutbarkeit ist ein normativer Begriff, der je nach Standpunkt stark abweichend interpretiert werden kann. Ob eine Situation als zumutbar gelten kann, lässt sich bereits mit Blick auf zeitgleich lebende Personen nur schwer an objektiven Kriterien festmachen. Umso mehr ist es schwer vorstellbar, wie die Zumutbarkeit für künftige Generationen evaluiert werden kann, ohne sich an objektivierbaren Standards zu orientieren. Dann würde es jedoch der Klärung dienen, diese objektivierbaren Standards anstelle des Zumutbarkeitskriteriums festzuhalten. In der vorliegenden Formulierung ist es aber nicht bloss der Begriff der Zumutbarkeit, der aus normativer Perspektive klärungsbedürftig ist, sondern ebenso jener der «Lasten». Dies deshalb, weil der Begriff «Lasten» unterschiedliche Dinge bezeichnet: Er wird sowohl für strahlenbedingte Gesundheitsrisiken verwendet, als auch für finanzielle oder infrastrukturelle Lasten, die nachfolgenden Generationen aufgebürdet werden. Was die Ebene der Gesundheitsrisiken angeht, besteht zwar Einigkeit darüber, ab wann eine Belastung durch radioaktive

Strahlung gesundheitsschädigend ist. Jedoch fällt es schwer, im Bereich der Niedrigstrahlung Schwellen für unzumutbare Lasten zu eruieren; dies umso mehr, als natürliche Radioaktivität in teils beträchtlichen Dosen vorkommt. Eine entsprechende Bewertung geht immer auch mit normativen Vorstellungen von Gesundheit und Krankheit einher. Auf der Ebene der finanziellen bzw. infrastrukturellen Lasten wiederum stellt sich die Frage, unter welchen Bedingungen eine heute nutzniessende Gesellschaft überhaupt nachfolgend lebenden Menschen entsprechende Lasten überbürden darf und wie diese gegebenenfalls prospektiv abzugelten wären.

Das Projektteam empfiehlt, zu überlegen, ob anstelle des Ausschliessens von «unzumutbaren Lasten» und in Anbetracht der Mehrdeutigkeit der verwendeten Begriffe (‹Zumutbarkeit› und ‹Lasten›) konkret festzuhalten sei, dass im Sinne des Schutzziels *passive Sicherheit* zu gewährleisten ist, weil nur dies gegenüber den nachfolgend auf dem Planeten lebenden Menschen verantwortbar ist. Auf diese Weise würde im Schutzziel auch bereits auf die Leitsätze e. und f. vorverwiesen.

4. Die normative Grundlage von Aussagen zu intergenerationellen Verpflichtungen bzw. zur intergenerationellen Gerechtigkeit sollte nachvollziehbar sein.

Schutzziel und Leitsätze enthalten mehrfach Aussagen, die Fragen der intergenerationellen Verpflichtungen, namentlich der intergenerationellen Gerechtigkeit betreffen (vgl. dazu im vorliegenden Bericht S. 40-57). Welche Verantwortung den heute lebenden Generationen im Namen der intergenerationellen Gerechtigkeit zukommt, ist aber umstritten. Ob diese im Sinne fundamentaler Gleichheit (im Sinne eines egalitaristischen Gerechtigkeitsverständnisses) oder eher an der Befriedigung bestimmter Grundbedürfnisse und des Entfaltens menschlicher Fähigkeiten orientiert verstanden wird, ist jedoch von elementarer Bedeutung. Wenn beispielsweise Leitsatz a. festhält, dass die geologische Tiefenlagerung «nur eine geringe zusätzliche Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung zur Folge haben» dürfe, so kann diese Aussage nur bedingt mit einer gleichheitsorientierten Vorstellung intergenerationeller Verpflichtungen in Einklang gebracht werden, weil diese aus Gerechtigkeitsgründen letztlich eine Mehrbelastung künftiger Generationen im Vergleich mit heute lebenden Menschen ausschliesse.

Angesichts der über sehr lange Zeiträume abnehmenden Gefährdung, die von radioaktiven Abfällen ausgeht, empfiehlt sich eine Sichtweise, welche die Schutzverantwortung und somit das Ausmass von zu gewährleistendem Schutz auch über die Zeit als gleichbleibend auffasst, zugleich aber nicht ausschliesst, dass die daraus abgeleiteten Schutzmassnahmen abgestuft sein können. Das Projektteam empfiehlt vor diesem Hintergrund, im Kontext der geologischen Tiefenlagerung an einem gleichheitsorientierten Verständnis intergenerationeller Verpflichtungen festzuhalten. Dies würde beinhalten, dass Verpflichtungen gegenüber nachfolgend lebenden Menschen so verstanden werden, dass Schadensrisiken und Risikoexposition, die diesen auferlegt

werden, nie über das hinausgehen dürfen, was für heute lebende Generationen als akzeptabel angesehen wird. Dieser Folgerung wäre in Leitsatz a. Rechnung zu tragen.

5. Analog zum Begriff der «unzumutbaren» Lasten im Schutzziel ist in Leitsatz i. zu klären, was als «unnötige» Einschränkung der zukünftigen Nutzung von Bodenschätzen zu verstehen ist.

Die Bezeichnung «unnötige» Einschränkung bringt eine normative Bewertung zum Ausdruck. Leitsatz i. lässt jedoch gänzlich offen, worauf sich die Bewertung der Einschränkung als «unnötig» bezieht. Verstehen liesse es sich als «nicht vermeidbare» Einschränkung, allerdings würde daraus eine sehr schwache Konsequenz folgen, da dieser Grundsatz unabhängig vom Zweck des Eingriffs in die natürlichen Gegebenheiten gilt. Eine «unnötige» Einschränkung gälte somit als nicht vermeidbar, darüber hinaus aber auch noch in zusätzlicher Hinsicht als unerwünscht.

Das Projektteam empfiehlt, näher zu spezifizieren, inwiefern eine unnötige Einschränkung über die bloße Tatsache, dass die Einschränkung nicht vermeidbar ist, hinausgeht. Dies mit dem Ziel diesen Grundsatz gemäss Leitsatz i. handhabbar zu machen.

Zitierte Literatur

- Achenbach, Gerd B. (2003): Zusammenfassende Darstellung der Diskussionsergebnisse. In: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.) (2003): *Ethische Aspekte der Endlagerung*. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, Band BMU – 2003-620). S. 47–51.
- Ahearne, John F. (2000): Intergenerational Issues Regarding Nuclear Power, Nuclear Waste, and Nuclear Weapons. In: *Risk Analysis* 20 (6), S. 763–770.
- Andrén, Mats (2012): An Uncomfortable Responsibility. Ethics and Nuclear Waste. In: *The European Legacy* 17 (1), S. 71–82.
- Aparicio, Luis (Hg.) (2011): Making nuclear waste governable. Deep underground disposal and the challenge of reversibility. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (France). Châtenay-Malabry, Paris: ANDRA; Springer Verlag.
- Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) (2002): *Auswahlverfahren für Endlagerstandorte. Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte*. Dezember 2002. Köln: W & S Druck GmbH. Quelle (Zugriff: 03.10.2017): https://www.bundestag.de/blob/281906/c1fb3860506631de51b9f1f689b7664c/empfehlung-_akend-pdf-data.pdf
- Bastide, Françoise; Fabbri, Paolo (1984): Lebende Detektoren und komplementäre Zeichen: Katzen, Augen und Sirenen. In: *Zeitschrift für Semiotik* 6 (3), S. 257–264.
- Blowers, Andrew (1999): Nuclear waste and landscapes of risk. In: *Landscape Research* 24 (3), S. 241–264.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.) (2003): *Ethische Aspekte der Endlagerung*. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, Band BMU – 2003-620).
- Buser, Marcos (2003): Long Term Waste Management. Historical considerations and societal risks. In: International Atomic Energy Agency (IAEA) (Hg.): *Issues and Trends in Radioactive Waste Management. Proceedings*. International Conference on Issues and Trends in Radioactive Waste Management. Vienna (Austria), December 9–13, 2002. International Atomic Energy Agency (IAEA); European Commission; Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); Nuclear Energy Agency (NEA). Wien: International Atomic Energy Agency (IAEA), S. 161–182.
- Buser, Marcos (2010): *Literaturstudie zum Stand der Markierung geologischer Tiefenlager*. Ittigen u. Bern: Bundesamt für Energie (BFE). Quelle (Zugriff: 03.10.2017): <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/19773.pdf>
- Boutellier, Christina; McCombie, Charles; Mele, Irena (2006): Multinational repositories: ethical, legal and political/public aspects. In: *International Journal of Nuclear Law* 1(1): S: 36–48.
- Catron, L. Bayard (1994): Balancing Risks and Benefits Fairly Across Generations: Cost/Benefit Considerations. In: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.) (1995): *Environmental and Ethical Aspects of Long-lived Radioactive Waste Disposal*. Proceedings of an International Workshop. Paris (France), September 1–2, 1994. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris: OECD Publications Service. S. 129–141.

- Chapman, Neil A. (2002): Long Timescales, low Risks. Rational Containment Objectives that account for Ethics, Resources, Feasibility and Public Expectations – some Thoughts to provoke Discussion. In: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) und Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.): *The Handling of Timescales in Assessing Post-closure Safety of Deep Geological Repositories*. Workshop Proceedings, Paris, France, 16-18 April 2002. Paris: OECD Publications Service, S. 145–153.
- Claro, Edmundo (2007): Exchange Relationships and the Environment. The Acceptability of Compensation in the Siting of Waste Disposal Facilities. In: *Environmental Values* 16 (2), S. 187–208.
- Cotton, Matthew (2005): The Problem of Moral Philosophy and Intergenerational Equity in a Potential Radioactive Waste Siting Process. An Ethical Conundrum with a Pragmatic Solution. In: American Society of Mechanical Engineers (Hg.): *Proceedings of the 10th International Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management (ICEM05-1480)*. International Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management. Glasgow (United Kingdom), September 4–8, 2005. Washington, D.C.: American Society of Mechanical Engineers, S. 2300–2306.
- Cotton, Matthew (2006): Developing a Deliberative Process for Ethically Informed Radioactive Waste Management Decision-making in the UK. In: Kjell Andersson (Hg.): *VALDOR – VALues in Decisions On Risk, Conference 2006. Proceedings*. Stockholm (Sweden), May 14–18, 2006. Swedish Nuclear Power Inspectorate (SKI); Swedish Environmental Protection Agency; Swedish Geotechnical Institute; Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning; UK Nirex Ltd.; OECD & NEA. Stockholm: Statens kärnkraftsinspektion, S. 180–188.
- Damveld, Herman (2003): Nuclear Waste and Ethics. In: Kjell Andersson (Hg.): *VALDOR – VALues in Decisions On Risk, Conference 2003. Proceedings*. Stockholm (Sweden), June 9–13, 2003. Swedish National Chemicals Inspectorate (NCI); U.S. Nuclear Waste Technical Review Board (NWTRB); Swedish National Council for Nuclear Waste (KASAM); Union of Risk Management for Preventive Medicine (URMPM). Stockholm: Statens kärnkraftsinspektion, S. 128–139.
- Dermange, F. (2008): Expectations from Experts in Ethics. In: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) und Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.): *Regulating the Long-term Safety of Geological Disposal of Radioactive Waste. Practical Issues and Challenges*. Paris (France), November 28–30, 2006. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris: OECD Publications Service, S. 107–114.
- Dowdeswell, Elizabeth (2012): The Nuclear Option. In: Felix Dodds und Richard Sherman (Hg.): *Climate Change and Energy Insecurity. The Challenge for Peace, Security and Development*. Hoboken: Taylor and Francis, S. 25–34.
- Dverstorp, Björn; Wiebert, Anders; Jensen, Mikael (2008): New Guidance for Geological Disposal of Nuclear Waste in Sweden. In: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.) (1995): *Environmental and Ethical Aspects of Long-lived Radioactive Waste Disposal*. Proceedings of an International Workshop. Paris (France), September 1–2, 1994. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris: OECD Publications Service. S. 71–78.
- Eckhardt, Anne; Rippe, Klaus Peter (2016): Risiko und Ungewissheit bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle. Zürich: Vfd.
- European Atomic Energy Community (Euratom), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Atomic Energy Agency (IAEA), International Labour Organization (ILO), International Maritime Organization (IMO), OECD Nuclear Energy Agency (OECD / NEA), Pan American Health Organization (PAHO), United Nations Environment Programme (UNEP), World Health Organization (WHO)

- (2006): Fundamental Safety Principles .Safety Fundamentals. IAEA Safety Standards Series, No. SF-1. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA).
- Fan, Mei-Fang (2006): Environmental justice and nuclear waste conflicts in Taiwan. In: *Environmental Politics* 15 (3), S. 417–434.
- Fleming, Patricia Ann. (2008): Expectations from Ethics. In: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) und Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.): *Regulating the Long-term Safety of Geological Disposal of Radioactive Waste. Practical Issues and Challenges*. Paris (France), November 28–30, 2006. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris: OECD Publications Service, S. 115–122.
- Fleming, Patricia Ann (1999): Vice and Virtue in Regulating the Disposal of High Level Nuclear Waste. In: Karin Hultcrantz (Hg.): *Health and Environmental Criteria and Standards*. Proceedings. International Symposium on Radioactive Waste Disposal 1998. Stockholm (Sweden), August 31 – September 4, 1998. Stockholm Environment Institute. Stockholm: SEI (Stockholm Environment Institute), S. 136–139.
- Fodha, Mouez (2015): Nuclear waste storage and environmental intergenerational externalities. In: *International Journal of Sustainable Development* 18 (1/2), S. 94–114.
- Goodin, Robert E. (1978): Uncertainty as an Excuse for Cheating our Children. The Case of Nuclear Wastes. In: *Policy Sciences* 10 (1), S. 25–43.
- Grunwald, Armin (2016): Umweltrisiken. In: Ott, Konrad; Dierks, Jan; Voget-Kleschin, Lieske (Hg.) (2016): *Handbuch Umweltethik*. Berlin u. Heidelberg: Springer-Verlag; Stuttgart u. Weimar: Verlag J. B. Metzler. S: 49–55.
- Hocke, Peter (2014): Nuclear Waste Repositories and Ethical Challenges. In: Max Wyss und Silvia Peppoloni (Hg.): *Geoethics. Ethical Challenges and Case Studies in Earth Sciences*. Amsterdam: Elsevier, S. 359–367.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) (Hg.) (1995): *Safety Series: the Principles of Radioactive Waste Management*. Techreport for RADWASS Programme, No. 111-F. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA).
- International Atomic Energy Agency (IAEA) (Hg.) (2002): Issues relating to safety standards on the geological disposal of radioactive waste (IAEA-TECDOC-1182). Proceedings of a specialists meeting. Issues relating to safety standards on tge geological disposal of radioactive waste. Vienna (Austria), June 18–22, 2001. International Atomic Energy Agency (IAEA). Wien: International Atomic Energy Agency (IAEA).
- International Atomic Energy Agency (IAEA) (Hg.) (2003): Issues and Trends in Radioactive Waste Management. Proceedings of an international conference. International Conference on Issues and Trends in Radioactive Waste Management. Vienna (Austria), December 9–13, 2002. International Atomic Energy Agency (IAEA); European Commission; Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); Nuclear Energy Agency (NEA). Wien: International Atomic Energy Agency (IAEA).
- Kasperson, Roger E.; Derr, Patrick; Kates, Robert W. (1984): Equity Issues in Radioactive Waste Management: Modest Proposals for a Socially Just and Acceptable Program. In: Kasperson, Roger E. (ed.) (1984): *Equity Issues in Radioactive Waste Management*. Cambridge: Oelgeschlager, Gunn and Hain Publishers.
- Kemp, Ray (1992): *The Politics of Radioactive Waste Disposal*. Manchester: Manchester University Press (Issues in Environmental Politics).
- Kermisch, Céline (2016): Specifying the Concept of Future Generations for Addressing Issues Related to High-Level Radioactive Waste. In: *Science and Engineering Ethics* 22 (6), S. 1797–1811.

- Koebel, Michal Wen (2015): *Die Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle im Spannungsfeld von Bundesrecht und kantonalem Recht - unter besonderer Berücksichtigung der Sondernutzungskonzession*. Zürich: Schulthess Verlag.
- Kyne, Dean; Bolin, Bob (2016): Emerging Environmental Justice Issues in Nuclear Power and Radioactive Contamination. In: *International journal of environmental research and public health* 13 (7).
- Krütli, Pius; Törnblom, Kjell; Wallimann-Helmer, Ivo; Stauffacher, Michael (2015): Distributive versus procedural justice in nuclear waste repository siting. In: Behnam Taebi und Sabine Roeser (Hg.): *The Ethics of Nuclear Energy*. Cambridge: Cambridge University Press, S. 119–140.
- Murphy, Brenda L.; Kuhn, Richard G. (2006): Scaling Environmental Justice. The Case of the Waste Isolation Pilot Plant. In: Kjell Andersson (Hg.): VALDOR 2006. VALues in Decisions On Risk. Proceedings. VALDOR – VALues in Decisions On Risk 2006. Stockholm (Sweden), May 14–18, 2006. Swedish Nuclear Power Inspectorate (SKI); Swedish Environmental Protection Agency; Swedish Geotechnical Institute; Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning; UK Nirex Ltd.; OECD & NEA. Stockholm: Statens kärnkraftsinspektion, S. 189–196.
- Laes, Erik (2008): Financing low-level radioactive waste management. Ethics, compensation and long-term governance. In: Kenny Tang und Jacob Yeoh (Hg.): *WASTEnomics*. London: Middlesex University Press, S. 85–96.
- Lavelle, Sylvain; Schieber, Caroline; Schneider, Thierry (2013): Ethics and Governance of Nuclear Technology. The Case of the Long Term Management of Radioactive Waste. In: Fernand Doridot, Penny Duquenoy, Philippe Goujon, Sylvain Lavelle, Norberto Patrignani, Stephen Stephen Rainey und Alessia Santuccio (Hg.): *Ethical governance of emerging technologies development*. Hershey: Information Science Reference, S. 84–100.
- LaPorte, Todd R. (1978): Nuclear Waste. Increasing Scale and Sociopolitical Impacts. In: *Science* 201 (4350), S. 22–28.
- Lem, Stanislaw (1984): Mathematische Kodierung auf lebendem Trägermaterial. In: *Zeitschrift für Semiotik* 6 (3), S. 253–256.
- Lindskog, S.; Labor, B.; Sjöblom, R. (2013): Sustainability of Nuclear Energy with Regard to Decommissioning and Waste Management. In: *International Journal of Sustainable Development and Planning* 8 (2), S. 246–264.
- Marshall, Alan (2007): The Social and Ethical Aspects of Nuclear Waste. In: K. R. Gupta, Maria Anna Jankowska und Prasenjit Maiti (Hg.): *Global Environment. Problems and Policies*. New Delhi: Atlantic Publishers & Distributors (Global Environment, Vol. 1), S. 112–141.
- McCombie, Charles (1996): Ethical Aspects of Long-lived Waste Disposal. In: K. E. Duftschmid, Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH, Austrian Radiation Protection Association und International Radiation Protection Association (Hg.): *Ninth International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA9)*. Proceedings. Volume 1. Vienna (Austria), April 14–19, 1996. Berger, Horn (Austria), S. 373–378.
- Meyer, Lukas H.; Roser, Dominic (2007): *Intergenerationelle Gerechtigkeit – Die Bedeutung von zukünftigen Klimaschäden für die heutige Klimapolitik*, Bern: Bundesamt für Umwelt.
- National Academy of Public Administration (NAPA) (1997): *Deciding for the Future: Balancing Risks, Costs, and Benefits, Fairly Across Generations*. A Report by a Panel of the National Academy of Public Administration for the U.S. Department of Energy. June, 1997. Washington DC: National Academy of Public Administration.

- Nuclear Energy Agency (NEA) (1995): *The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes*. A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee of the OECD Nuclear Energy Agency. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris.
- Okrent, David (1999): On Intergenerational Equity and Its Clash with Intragenerational Equity and on the Need for Policies to Guide the Regulation of Disposal of Wastes and Other Activities Posing Very Long-Term Risks. In: *Risk Analysis* 19 (5), S. 877–901.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.) (1995): *Environmental and Ethical Aspects of Long-lived Radioactive Waste Disposal*. Proceedings of an International Workshop. Paris (France), September 1–2, 1994. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris: OECD Publications Service.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.) (2001): *Better Integration of Radiation Protection in Modern Society*. Proceedings of an International Workshop. Villigen (Switzerland), January 23–25, 2001. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris: OECD Publications Service.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) und Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.) (2002): *The Handling of Timescales in Assessing Post-closure Safety of Deep Geological Repositories*. Workshop Proceedings, Paris, France, 16-18 April 2002. Paris: OECD Publications Service,
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.) (2008): *Regulating the Long-term Safety of Geological Disposal of Radioactive Waste*. Practical Issues and Challenges. Paris (France), November 28–30, 2006. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris: OECD Publications Service.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); Nuclear Energy Agency (NEA) (Hg.) (2012): *Reversibility and Retrievability in Planning for Geological Disposal of Radioactive Waste*. Proceedings of the “R&R” International Conference and Dialogue. Reims (France), December 14–17, 2010. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris: OECD Publications Service.
- Ott, Konrad; Dierks, Jan; Voget-Kleschin, Lieske (Hg.) (2016): *Handbuch Umweltethik*, Stuttgart: Metzler Verlag.
- Oughton, Deborah (2001): Ethical Issues in Nuclear Waste Management. In: Kjell Andersson (Hg.): *VALDOR – VALues in Decisions On Risk, Conference 2001. Proceedings*. Stockholm (Sweden), June 10–14, 2001. Swedish Nuclear Power Inspectorate (SKI); Swedish Radiation Protection Institute; UK Environment Agency; UK Nirex Ltd.; European Commission. Stockholm: Statens kärnkraftsinspektion, S. 1–4.
- Parkins, John R.; Haluza-DeLay, Randolph (2011): *Social and Ethical Considerations of Nuclear Power Development*. Staff Paper, No. 11-01. University of Alberta, Edmonton (Alberta). Department of Rural Economy.
- Peterson, Per F.; Kastenbergh, William E.; Corradini Michael (2006): Nuclear Waste and the Distant Future. In: *Issues in Science and Technology* 22 (4), S. 47–50.
- Pigford, Thomas H. (1999): Geologic Disposal of Radioactive Waste. Ethical and Technical Issues. In: Kjell Andersson (Hg.): *VALDOR – VALues in Decisions On Risk, Conference 1999. Proceedings*. Stockholm (Sweden), June 13–17, 1999. European Commission; Swedish Nuclear Power Inspectorate (SKI); Swedish Radiation Protection Institute; U.S. Nuclear Waste Technical Review Board (NWTRB), Swedish National Council for Nuclear Waste (KASAM). Stockholm: Statens kärnkraftsinspektion, S. 113–128.

- Poirot-Delpech, Sophie (2017): Nuclear waste. An untreatable scientific product. In: Bernadette Bensaude-Vincent (Hg.): Research objects in their technological setting. Abingdon, New York: Routledge is an imprint of the Taylor & Francis Group, an Informa Business (History and Philosophy of Technoscience), 232-244.
- Rawls, John (1994): Eine Theorie der Gerechtigkeit. Frankfurt a.M.: Suhrkamp Verlag. (*A Theory of Justice*, 1971.)
- Richardson, Mary (2000): Scientific and Social Judgments of Safety in the Nuclear Fuel Waste Management and Disposal Concept. In: *Business & Professional Ethics Journal* 19 (1), S. 33–46.
- Renn, Ortwin (2013): Technikkonflikte. In: Grunwald, Armin (Hg.) (2013): Handbuch Technikethik. Berlin u. Heidelberg: Springer-Verlag; Stuttgart u. Weimar: Verlag J. B. Metzler. S. 72–76.
- Resele, Georg (2009): Sach- und Rechtslage der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz. In: Matthias Schmidt-Preuss (Hg.): Deutscher Atomrechtstag 2008. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, S. 225–240.
- Rochlin, Gene I. (1977): Nuclear waste disposal. Two social criteria. In: *Science* 195 (4273), S. 23–31.
- Schaefer, Jame (2016): Imprudence and Intergenerational Injustice. In: *Environmental Ethics* 38 (3), S. 259–286.
- Schneider, T.; Schieber, C.; Lavelle, S. (2006): Issues for the long term management of radioactive waste. In: IRPA (Hg.) (2006): Secons European IRPA Congress on Radiation Protection. Radiation protection: From Knowledge to Action. Paris (France), May 15–19, 2006. IRPA.
- Schulenburg, Johann; Nida-Rümelin, Julian (2013): Risiko. In: Grunwald, Armin (Hg.) (2013): *Handbuch Technikethik*. Berlin u. Heidelberg: Springer-Verlag; Stuttgart u. Weimar: Verlag J. B. Metzler. S: 18–22.
- Schuppert, Fabian; Walliman-Helmer, Ivo (2014): Environmental Inequalities and Democratic Citizenship: Linking Normative Theory with Empirical Research. In: *Analyse & Kritik* 36 (2), S. 345–366.
- Sebeok, Thomas A. (1984): *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*. Office of Nuclear Waste Isolation; Technical Report, April 1984. Bloomington, IN: Indiana University.
- Shrader-Frechette, Kristin (1991): Ethical Dilemmas and Radioactive Waste. In: *Environmental Ethics* 13 (4), S. 327–343.
- Shrader-Frechette, Kristin (1998): Ethical Theory versus Unethical Practice. Radiation Protection and Future Generations. In: *Ethics and the Environment* 3 (2), S. 177–195.
- Shrader-Frechette, Kristin (2000): Duties to Future Generations, Proxy Consent, Intra- and Intergenerational Equity. The Case of Nuclear Waste. In: *Risk Analysis* 20 (6), S. 771–778.
- Smith, P.; Voinis, Sylvie; Preters, P. de (2003): The handling of timescales in assessing post-closure safety of deep geological repositories. In: *NEA News* 21 (1), S. 18–20.
- Spaemann Robert (2003): Ethische Aspekte der Endlagerung. In: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.) (2003): *Ethische Aspekte der Endlagerung*. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, Band BMU – 2003-620). S. 25–36.
- Streffler, Christian; Gethmann, Carl Friedrich; Kamp, Georg; Kröger, Wolfgang; Rehbinder, Eckard; Renn, Ortwin; Röhlig, Klaus-Jürgen (2012): Radioactive Waste. Technical and Normative Aspects of its Disposal. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag (Ethics of Science and Technology Assessment, Vol. 38).

- Taebi, Behnam (2010): *Nuclear Power and Justice between Generations. A Moral Analysis of Fuel Cycles*. Unter Mitarbeit von Philip Brey, Peter Kroes und Anthonie Meijers. Delft, Eindhoven, Enschede.
- Taebi, Behnam (2012): Multinational Nuclear Waste Repositories and Their Complex Issues of Justice. In: *Ethics, Policy & Environment* 15 (1), S. 57–62.
- Taebi, Behnam; Kloosterman, Jan Leen (2015): Design for Values in Nuclear Technology. In: Jeroen van den Hoven (Hg.): *Handbook of ethics, values, and technological design. Sources, theory, values and application domains*. Dordrecht: Springer Netherlands (Springer reference), S. 805–829.
- Taebi, Behnam (2016): Bridging the Gap between Social Acceptance and Ethical Acceptability. In: *Risk Analysis* 36. DOI: 10.1111/risa.12734.
- Thunberg, Anne-Marie (2000): Retrievability in an Ethical Perspective. In: International Atomic Energy Agency (IAEA) und Swedish National Council for Nuclear Waste (KASAM) (Hg.): *Retrievability of high level waste and spent nuclear fuel (IAEA-TECDOC-1187). Proceedings of an international seminar*. Saltsjöbaden (Sweden), October 24–27, 1999. International Atomic Energy Agency (IAEA); Swedish National Council for Nuclear Waste (KASAM). Wien: International Atomic Energy Agency (IAEA), S. 129–136.
- Toverud, Ö.; Wingefors, S. (2000): Safety and ethical aspects on retrievability. A Swedish nuclear regulator's view. In: International Atomic Energy Agency (IAEA) und Swedish National Council for Nuclear Waste (KASAM) (Hg.): *Retrievability of high level waste and spent nuclear fuel (IAEA-TECDOC-1187). Proceedings of an international seminar*. Saltsjöbaden (Sweden), October 24–27, 1999. International Atomic Energy Agency (IAEA); Swedish National Council for Nuclear Waste (KASAM). Wien: International Atomic Energy Agency (IAEA), S. 257–263.
- White, Jon M. (1991): Distributive justice and environmental ethics at Yucca mountain. Another view. In: *International Journal of Environmental Studies* 38 (2-3), S. 103–113.
- World Commission on Environment and Development (WCED) (1987): *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427.

Anhang: Methodik der Literaturrecherche und -analyse

Als relevant für die Literaturstudie wurden (1) wissenschaftliche Artikel, (2) Beiträge in Sammelbänden und Tagungsberichten sowie (3) Monographien erachtet. Auch (4) Graue Literatur wurde bei der Recherche berücksichtigt, sofern sie wissenschaftlichen Anforderungen genügte (z. B. nur [online] veröffentlichte Qualifikationsarbeiten wie Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten). Zur Auswahl der relevanten Literatur – insbesondere von Artikeln – wurde auf die akademische Suchmaschine „Google Scholar“ zurückgegriffen. Zusätzlich wurde – gerade zur Recherche von Monographien und Sammelbänden – der Katalog „swissbib“ (IDS/NEBIS) des Netzwerks von Bibliotheken und Informationsstellen in der Schweiz verwendet. Durchgeführt wurde die Literaturrecherche von Daniel Gregorowius, promovierter Umweltwissenschaftler mit Expertise in Umweltethik. Daniel Gregorowius unterstütze ferner die Auswertung der Literatur.

Für die Recherche in den Suchmaschinen bzw. Katalogen wurden Stichworte nach der Booleschen Logik in deutscher und englischer Sprache verwendet, wie sie in Tab. 1 aufgeführt sind. Die Stichworte und die Suchmatrix wurden vorgängig der Begleitgruppe vorgelegt und die Liste der Stichworte nach den Rückmeldungen aus der Begleitgruppe ergänzt (z. B. Hinzufügen der Begriffe „retrievability“ und „reversability“). Die Suche wurde zunächst mit allen Begriffen in den ersten drei Zeilen von Tab. 1 durchgeführt. In weiteren Durchgängen wurde die Suche eingeschränkt.

Da die Suchergebnisse bei Google Scholar und NEBIS zum Teil sehr umfangreich waren und sich bei einigen Stichwort-Kombinationen in Google Scholar (nur erste drei Zeilen aus Tab. 1) mehr als 20'000 Treffer ergaben, wurde für die Auswahl relevanter Texte die Suche auf die ersten 75 Seiten (bei 10 Treffern pro Seite) beschränkt. Zusätzlich zur Recherche in akademischen Suchmaschinen wurde gezielt in ausgewählten Fachzeitschriften aus den Bereichen *Naturwissenschaften* (Nature; Science), *Umweltethik* (Environmental Values; Environmental Ethics; Ethics and the Environment) und *Geologie* (Geology; Lithosphere; Sedimentology) gesucht. Diese Suche konnte jedoch keine neue Literatur zutage fördern, die nicht schon über die Suchmaschinen auffindig gemacht wurde.

Tab. 1: Stichworte zur Suche nach relevanter Literatur (Boolesche Operatoren mit Einschluss in die Suche jeweils in den Zeilen und Operatoren als Alternativen jeweils in einer Spalte)

| |
|--|
| "radioactive (waste)" OR "nuclear (waste)" |
| AND "deep geological repository" |
| AND ethics OR ethical OR moral OR morals |
| AND risk (assessment) OR safety OR safe |
| AND nature OR environment OR environmental |

| |
|---|
| AND "future generation(s)" |
| AND sustainability OR precaution |
| AND retrievability OR reversability |
| AND isolation OR encapsulation |
| AND responsibility OR reasonableness |
| AND (intergenerational) justice OR fairness |
| AND uncertainty OR consent OR autonomy |

In einem ersten Schritt erfolgte eine Vorauswahl relevanter Literatur anhand der Kurzzusammenfassungen, wie sie in der Trefferliste der Suchmaschinen bzw. Kataloge zu sehen sind (etwa bei Google Scholar). In einem zweiten Schritt wurde die zu konsultierende Literatur über die Lektüre der Zusammenfassungen (abstracts) und Schlüsselwörter (keywords) weiter eingegrenzt. Hierbei wurde stichprobenweise auch darauf geachtet, ob bestimmte Literatur in den Quellenverzeichnissen wiederholt auftaucht. Diese Literatur wurde dann – sofern sie nicht schon über die Suchmaschinen bzw. Kataloge ausfindig gemacht wurde – zusätzlich ausgewählt (3 Dokumente wurden nicht über Suchmaschinen gefunden). Ferner wurde gezielt Literatur gesucht bzw. für die spätere Auswertung berücksichtigt, die von der Begleitgruppe empfohlen wurde.

Insgesamt konnten nach einer Vorauswahl 281 Dokumente (Artikel, Sammelbände, Monographien) recherchiert werden. Von diesen fielen 214 Dokumente in den Bereich *Ethik* und 34 Dokumente in den Bereich *Recht* bzw. *Policy* und *Governance*. Weitere 33 Dokumente wurden nach Lektüre der Kurzzusammenfassungen nicht weiter berücksichtigt. Denn Voraussetzung für eine Aufnahme in die näher zu untersuchende Literatur war die Thematisierung von ethischen, philosophischen, soziologischen (z. B. Frage des Umgangs mit künftigen Generationen) und rechtlichen bzw. rechtspolitischen Aspekten der Tiefenlagerung bzw. des Umgangs mit radioaktivem Abfall. Nicht aufgenommen wurden daher Artikel, Monographien oder Sammelbandbeiträge, die nur naturwissenschaftliche Aspekte thematisierten. Die recherchierten und für die Auswahl vorgesehenen Dokumente wurden schliesslich der Begleitgruppe vorgelegt.

Von den 248 Dokumenten, die in die engere Auswahl kamen, wurden 102 Dokumente hinsichtlich der Zielsetzungen der Studie ausgewertet, und zwar 93 Dokumente aus dem Bereich *Ethik* und 9 Dokumente aus dem Bereich *Recht* bzw. *Policy* und *Governance*. Weitere 146 Dokumente wurden nicht weiter ausgewertet, da sie ethische, philosophische, soziologische und rechtliche bzw. rechtspolitische Aspekte der Tiefenlagerung oder des Umgangs mit radioaktivem Abfall zu oberflächlich streiften und sich hier keine substantziellen Erkenntnisse hinsichtlich von Fragen der Risikobeurteilung, der Schutzziele, des Umgangs mit künftigen Generationen oder der Forschungsfragen der Studie ergaben. Die Auswertung der recherchierten 102 Dokumente erfolgte über eine inhaltliche Analyse, deren Ergebnisse in einer Excel-Tabelle festgehalten wurden. Neben einer Zusammenfassung enthielt diese

Tabelle für jedes Dokument einen kurzen Abriss zentraler Argumente und eine stichwortartige Antwort – sofern möglich – auf folgende vier leitende Forschungsfragen:

- *Frage 1:* Welche ethischen Überlegungen und umweltpolitischen Prinzipien sind geeignet, künftig bei Wahlen von Schutzzielen und -kriterien als Grundlage zu dienen?
- *Frage 2:* Was heisst „schützen“ über lange Zeiträume (bei unbekannter Entwicklung von Mensch und Technik)?
- *Frage 3:* Was ist unter Gerechtigkeit im Umgang mit Mensch und Umwelt (z. B. bezüglich Strahlenschutz) über sehr lange Zeitspannen zu verstehen (intergenerational equity)?
- *Frage 4:* Gibt es eine Zeitspanne, nach der eine intergenerationelle Verpflichtung ihren Sinn verloren hat?

Neben der Literaturrecherche zu Artikeln, Monographien, Sammel- und Tagungsbänden sowie Qualifikationsarbeiten aus den Bereichen *Ethik*, *Recht* bzw. *Policy* und *Governance* wurden alle relevanten *Rechtstexte*, d. h. Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Sachpläne zur Thematik der Tiefenlagerung in der Schweiz recherchiert, ausgewertet und der Begleitgruppe des Projektes vorgelegt.