

## Monitoring in einem Pilotlager

Kontrollierte Deponierung von Nuklearabfällen im Konzept eines Schweizer Tiefenlagers

von Sophie Kuppler und Peter Hocke, ITAS

**Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Schichten ist eine hochkomplexe Aufgabe – nicht zuletzt aufgrund der langen Planungs- und Umsetzungszeiträume sowie der Vielzahl an involvierten Akteuren. „Monitoring“, d. h. die Überwachung des Endlagers mit technischen Mitteln über einen längeren Zeitraum hinweg soll Informationen über die Entwicklung desselben liefern und damit Unsicherheiten verringern. Die hier vertretene Hypothese ist, dass dies nur sinnvoll geschehen kann, wenn die durch Monitoring gewonnenen technischen Informationen in ein institutionalisiertes Kontroll- und Entscheidungsverfahren eingebunden werden, an dem Regierungsorganisationen, unabhängige Experten und die interessierte Öffentlichkeit beteiligt sind. Die damit verbundene Herausforderung und die bisher wenig reflektierten Konsequenzen werden am Beispiel des Schweizer Modells eines Pilotlagers diskutiert, das als Bestandteil des nuklearen Tiefenlagers im Schweizer Sachplan vorgesehen ist.**

### 1 Einleitung

Fachpolitiken zu technischen Großvorhaben, die die Konzeptionierungsphase noch nicht verlassen haben, zeichnen sich durch einen spezifischen Umgang mit Unsicherheit und der Reduktion derselben aus. Bei Endlagern für radioaktive Abfälle, die meist in tiefen geologischen Gesteinsschichten untergebracht sind, ist der Schutz von Mensch und Umwelt höchstes Ziel, aber auch Gegenstand gesellschaftlicher Auseinandersetzung. Bemühungen um die Steuerung anlageninhärenter Sicherheit sind dadurch nicht nur in der legitimierenden Argumentation, sondern auch selbstredend in der anwendungsorientierten und anlagenbezogenen Sicherheitsforschung von herausragender Bedeutung. Sie gehen mit den Versprechen einher, Unsicherheitsfaktoren zu verringern und auf technische Unwägbarkeiten (wie außergewöhnliche Ereignisse und Unfälle) planerisch zu reagieren.<sup>1</sup>

Bei der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle, für die weltweit noch kein ziviles Endlager in Betrieb ist, ist die Konfliktsituation in der Sicherheitsdebatte komplex.<sup>2</sup> Sowohl beim Langzeitsicherheitsnachweis derartiger Anlagen<sup>3</sup> als auch bei der planerischen Vorbereitung eines geologischen Tiefenlagers ist eine aktuelle Frage, ob natürliche geologische Barrieren sicherheitstechnisch die Hauptlast tragen sollen oder ob menschliches Handeln die anlagentechnische Sicherheit maßgeblich gewährleisten soll. Grundlage der Debatte ist u. a. die Problematik der Bewertung von Technik für ein Endlagerbergwerk, auf deren „Wirkung“ vertraut werden muss, da sie nicht in der Praxis getestet werden kann (Berkhout 1991, S. 30ff.).

Das lange von vielen Staaten favorisierte Konzept der wartungsfreien „Direkten Endlagerung“ wurde in den letzten Jahren in besonderer Weise in Frage gestellt. Formen der Bergung bereits deponierter Abfälle und die Reversibilität von einmal gefällten Einlagerungsentscheidungen wird nach Schadensdiagnosen, wie der im früheren deutschen Forschungsbergwerk Asse, eine erhöhte Bedeutung zugesprochen (s. dazu auch Regenauer und Wittwer in diesem Heft). In Folge verlassen einige Länder den Pfad der wartungsfreien Endlagerung. Sie öffnen sich neuen Konzepten, die in der Regel im Rahmen eines schrittweisen Vorgehens auch auf Optionen der gezielten „Rückholbarkeit“ und „(Not-)Bergung“ der Abfälle verweisen. Damit wird davon ausgegangen, dass die Betreiber oder Regierungsorganisationen sowohl das Bergwerk als auch die deponierten Abfälle über nennenswerte Zeiträume beobachten müssen. Geschieht dies wissenschaftlich, systematisch und risikobewusst, so kann vom „Monitoring“ eines Endlagersystems gesprochen werden. Monitoring kann dabei den Zeitpunkt, an dem die Kontrolle über die Abfälle vollständig an die Entsorgungstechnik abgegeben werden muss, zeitlich in die Zukunft verschieben (Berkhout 1991, S. 36–38).

Problemorientierte Forschung, wie sie in weiten Teilen der Technikfolgenabschätzung etabliert ist, interessiert sich in besonderer Weise für die „Nebenfolgen“-Problematik technischer Großprojekte (Bechmann et al. 2007; Grunwald 2010). In ihrer Perspektive werden diese Anla-

gen und die mit ihnen verknüpften technischen Entwicklungspfade und deren nicht-intendierte Nebenfolgen (wie der Austritt kontaminierter Flüssigkeiten aus einem Tiefenlager) als Prozesse verstanden, die wegen ihrer Radiotoxizität und insbesondere der Wärmeentwicklung bei hochradioaktiven Abfällen schwer zu prognostizieren sind. In diesem Kontext ist „Monitoring“ ein technologisches Teilkonzept, das aktuell diskutiert wird und das je nach Ausgestaltung und Einbindung in das jeweilige entsorgungspolitische Gesamtkonzept die möglichen Entwicklungspfade und den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheiten mitgestalten kann.

Bei der Planung ihres Tiefenlagers für schwach-, mittel- und hochaktive Nuklearabfälle geht die Schweiz seit Mitte des letzten Jahrzehnts einen neuen Weg, der auch systematisches Monitoring einschließt. Dieses wird sich anlagentechnisch auf ein „Pilotlager“ als integralen Bestandteil des Schweizer Tiefenlager-Konzeptes konzentrieren (BFE 2008a, S. 13–15). Dass diese Maßnahmen des Monitorings nicht nur rein technischer Natur sind, sondern an fach- und sicherheitspolitische, aber auch an soziale und partizipative Prozesse bei der Errichtung und dem Betrieb eines Tiefenlagers anzuschließen sein müssten, wird in diesem Beitrag diskutiert.

In einem ersten Schritt werden dazu Charakteristika des fachlichen Diskurses bestimmt. Anschließend werden die Standortauswahl- und Planungsprozesse im Rahmen des Sachplanverfahrens für ein Schweizer Tiefenlager erläutert. Im letzten Abschnitt wird die These entwickelt, dass neben der Auswertung des Monitorings durch Sicherheitsexperten Verfahrensweisen für die soziale Interpretation und Deutung der Entscheidungsrelevanz des technisch erzeugten Wissens notwendig sind. Auch in dieser Weise werden nukleare Tiefenlager also zu anspruchsvollen „soziotechnischen Systemen“ (Weyer 2008, S. 37–40).

## 2 Monitoring, Reversibilität und Rückholbarkeit

„Monitoring“ als Konzept reagiert auf die Aufgabe, sicherzustellen, dass bestimmte Schutzziele bezüglich der Strahlenbelastung von Mensch und Natur, aber auch verabschiedete Sicherheits-

bestimmungen (wie die Sicherheitsanforderungen des deutschen Bundesumweltministeriums) eingehalten werden (BMU 2010). Wird festgestellt, dass von diesen Zielen abgewichen wird, so kann dies je nach Stand des Verfahrens unterschiedliche Folgen haben. Die Betriebsphase, in der sich das Endlager befindet, ist dabei eine entscheidende Größe. Ist das Endlager noch nicht in Betrieb, so können Entscheidungen rückgängig gemacht werden, die zu der potenziell unsicheren Situation führten. Dies wird unter dem Begriff „Reversibilität“ diskutiert. Ist der Abfall bereits eingelagert, so kann eine Rückholung desselben aus dem Lager notwendig werden (Stichwort „Rückholbarkeit“). In beiden Fällen ist neben technischen Vorgängen des Monitorings auch der soziale Kontext entscheidend, in den dieses Monitoring eingebettet ist. Das technische Monitoring sorgt dafür, dass die sinnlich nicht wahrnehmbare Radioaktivität und ihre Folgen evident werden. Da die technisch ermittelten Ergebnisse zwar durch Experten bewertet werden können, Expertise jedoch gerade bei nuklearen Themen immer wieder auch als von Partikularinteressen geleitet kritisiert wird, kommt der Bewertung technischer Monitoring-Ergebnisse durch unabhängige Instanzen besondere Bedeutung zu. Da Bewertungen begründet getroffen werden sollten, geht ihnen in der Regel ein Abwägungsprozess mit eigener Komplexität voraus.

Technisches und soziales Monitoring sollten in spezifischer Weise ineinandergreifen und im guten Fall „problemlösende Entscheidungen“ vorbereiten. Voraussetzung ist jedoch, dass das Monitoring den beobachtenden Instanzen<sup>4</sup> Daten zur Verfügung stellt, die es erlauben, Sicherheit zu überprüfen und Bewertungsverfahren in Governance-Prozesse<sup>5</sup> einzubinden, an denen der kleine Kreis der formal zuständigen Regierungsorganisationen sowie Aufsichtsbehörden und Akteure, die die öffentliche Kontrolle gewährleisten oder begleiten, beteiligt sind. Dazu gehören nicht nur betroffene Wirtschafts- und Entsorgungsunternehmen, sondern auch advokatorische Interessengruppen (wie Umweltverbände) und zivilgesellschaftliche Organisationen, die wie Bürgerinitiativen in modernen Wissensgesellschaften komplexe Prozesse der halböffentlichen und öffentlichen Risikoartikulation und -bewertung

mitgestalten. Diese versuchen darüber hinaus, ihre spezifischen Wissensbestände (häufig unter Protest gegen „Entscheidungen von oben“) in offizielle Entscheidungen mit einzupflegen und damit aus ihren unterschiedlichen Positionen (fachlich-technisch, politisch, ökonomisch) die Entscheidungen mit zu „präformieren“. Gleichzeitig wird dabei auch soziales Monitoring betrieben.<sup>6</sup>

Monitoring ist immer eine Hilfestellung, um informierte Entscheidungen bezüglich der Fortsetzung, der Umgestaltung oder des Abbruchs der Prozesse der nuklearen Entsorgung über und unter Tage treffen zu können. Die aktuelle Diskussion zu Reversibilität und Rückholbarkeit findet v. a. im Kontext internationaler Organisationen, von Expertengruppen (wie der deutschen Entsorgungskommission ESK) und Regierungsorganisationen statt.<sup>7</sup> Da es keine einheitliche Definition der Begriffe gibt, sei hier als ein Beispiel die Definition von Reversibilität der Nuclear Energy Agency (NEA) der Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) genannt, die diesen weit fasst. Sie versteht darunter „die grundsätzliche Möglichkeit, Entscheidungen rückgängig zu machen, die während der fortschreitenden Implementierung des Entsorgungssystems gefällt werden“ (NEA 2012, S. 8; eigene Übersetzung). Dies schließt auch explizit Entscheidungen in der Nachbetriebsphase ein. Dabei betont die NEA, dass Rückholbarkeit immer aufwändiger wird, je länger die Nachbetriebsphase bereits andauert (NEA 2012, S. 11). Die Aufgabe von Monitoring in dieser Phase muss u. a. sein, die bestehenden Entscheidungsmöglichkeiten auf Grundlage von Messergebnissen vorzubereiten, gegeneinander abzuwägen und Entscheidungsmöglichkeiten zuzuspitzen. Dies könnte z. B. die Entscheidung sein, ob Rückholbarkeit zu einem spezifischen Zeitpunkt sinnvoll ist oder nicht.

Am Beispiel des Schweizer Sachplanverfahrens zur Bereitstellung eines geologischen Tiefenlagers für Nuklearabfälle wird im Folgenden deutlich gemacht, wie in einem „modernen“ vergleichenden Standortauswahlverfahren unter Bedingungen hoher Transparenz und bedingter Partizipation Grundsteine für ein strategisches Monitoring-Konzept gelegt werden.

### 3 Der Schweizer Sachplan für geologische Tiefenlager

Das Schweizer Endlagersuchverfahren für alle Arten nuklearer Abfälle ist seit einem Bundesratsbeschluss 2008 über den „Sachplan Geologische Tiefenlager“ als mehrstufiges Verfahren mit Haltepunkten geregelt (BFE 2008a; BFE 2008b). Der Sachplan ist das Ergebnis eines Neustarts der Endlagersuche in der Schweiz, die wie in Deutschland seit 30 Jahren mit nur eingeschränktem Erfolg betrieben wird.<sup>8</sup>

Im Sachplan sind neben allgemeinen Prinzipien der Standortauswahl u. a. Schritte für die Bürgerbeteiligung sowie Art und Zeitpunkt derselben festgelegt. Hinweise auf Strukturen, die technisch-soziales Monitoring ermöglichen oder sogar fördern, könnten also, falls bereits entwickelt, im Sachplan angelegt sein. Im Dezember 2011 beschloss der Bundesrat, dass sechs im Vorhinein als potenziell geeignet eingestufte Standortgebiete vertieft geprüft werden sollen; vier davon befinden sich in unmittelbarer Nähe zur deutschen Grenze: Südanden, Zürich Nordost, Nördlich Lägern und Jura Ost. Drei Gebiete kommen für die Lagerung hochradioaktiver Abfälle in Frage: Jura Ost, Nördlich Lägern, Zürich Nordost. In den kommenden vier Jahren wird die Sicherheit der möglichen Standortgebiete mit dem Ziel der Eingrenzung auf zwei potenzielle Standorte je Abfallart geprüft. Das gesamte Auswahlverfahren wird frühestens 2020, evtl. aber auch erst 2040 abgeschlossen sein.

Nachdem ein Antrag der „Nationalen Genossenschaft für radioaktive Abfälle“ (Nagra)<sup>9</sup>, am Wellenberg<sup>10</sup> Sondierbohrungen für ein Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle durchzuführen, in einem kantonalen Referendum abgelehnt worden war, kam es mit der Einführung des Sachplanverfahrens zu der aktuellen Neuausrichtung der Endlagerpolitik. Insbesondere die Elemente der Bürgerbeteiligung wurden neu konzipiert und ausgeweitet. Die Schweizer Bundespolitik spielte in diesem Wandel, aber auch im jetzigen Verfahren eine herausragende Rolle, da ihr die Aufgabe der zentralen Koordination der Endlagersuche zugewiesen wurde (diese lag vorher bei der Nagra). Die Verwendung des bekannten Instruments „Sachplan“ trug zu einer großen Bereitschaft der meis-

ten Stakeholdergruppen bei, an diesem Verfahren mitzuwirken (Hocke/Kuppler 2011).

Die Einführung deliberativer Verfahrenselemente im Sachplan führt nicht zu Einschränkungen von Formen unabhängigen Regierungshandelns. Zentrale Entscheidungen im schrittweisen Verfahren werden durch den Schweizer Bundesrat getätigt, der Verfahrensergebnisse auch auf bereits durchgeführte Schritte desselben zurückverweisen kann. Die regionale Partizipation dient ausdrücklich der Beratung der zuständigen Entscheidungsträger.

Die Grundlagen der regionalen Partizipation sind im Hauptteil des Sachplans festgehalten, die genaue Ausarbeitung erfolgte schrittweise in Rücksprache mit den potenziellen Standortregionen und wurde in Zusatzdokumenten veröffentlicht (Experteninterview C). Diese kooperative Festlegung der Beteiligungsstrukturen ist ein neuer Ansatz der Einbindung der Bevölkerung in die Entscheidungsfindung. Federführend verantwortlich für den Aufbau und die Ermöglichung der regionalen Partizipation in Form von Regionalkonferenzen<sup>11</sup> sind die potenziell betroffenen Gemeinden mit ihren Verwaltungen (Experteninterview C). Durch die dadurch entstehende Annäherung von Bund und Gemeinden kam es auch zu mehr Kontaktmöglichkeiten der potenziell betroffenen Bevölkerung mit der zuständigen Bundesverwaltung (Experteninterview D). So wurde z. B. in der Frühphase des Verfahrens ein „Technisches Forum Sicherheit“ gegründet, über das technische Fragen direkt an das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und andere Fachgremien gestellt werden können. Durch die Möglichkeit der Regionalkonferenzen, bedarfsorientiert eigene Experten zu Konsultationen heranzuziehen, werden die offiziellen Gremien für technische Fragen (wie das Technische Forum Sicherheit) ergänzt. Die endgültige Beurteilung der Sicherheit bleibt Aufgabe der zuständigen Behörden und ihrer Experten. Somit verfestigt der Sachplan ein expertenzentriertes Verfahren, schafft aber Möglichkeiten für die Bevölkerung, ihre Fragen, ihr Wissen und auch ihre Abwägungskriterien einzubringen.

Die hohe Konfliktrichtigkeit des Auswahlverfahrens, die u. a. durch die Vielzahl an involvierten Akteuren bedingt ist, wird nur teilweise durch Konfliktlösungsmechanismen abgefän-

gen. Die im Auftrag des BMU arbeitende „Expertengruppe Schweizer Tiefenlager“ empfiehlt, diese insbesondere durch einen Minderheitenschutz in den Regionalkonferenzen zu verbessern (ESchT 2011).

Strukturen, die technisch-soziales Monitoring ermöglichen, sind konzeptionell durch das Sachplanverfahren mit seiner regionalen Partizipation in gewissem Grad vorstrukturiert. Offen ist allerdings, ob und inwiefern diese Strukturen nach Erteilung des Rahmenbewilligungsbescheids für einen konkreten Standort aufrechterhalten werden oder nicht, da noch keine Planung für eine Weiterführung des sozialen Monitorings in der Betriebs- und Nachbetriebsphase vorliegt.

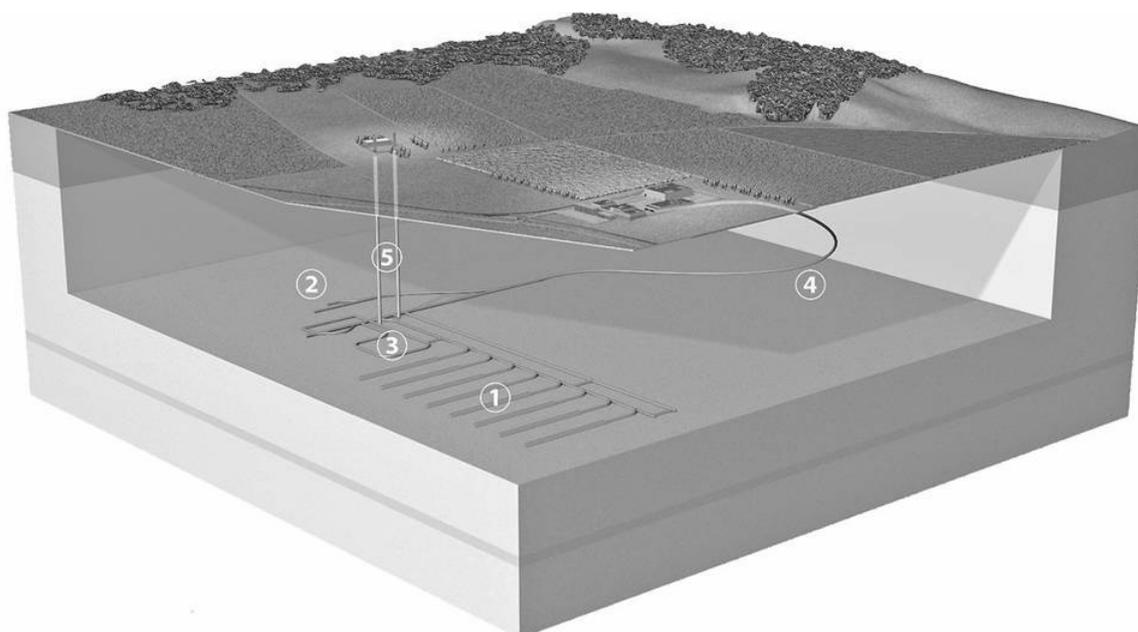
#### **4 Das Pilotlager in „unmittelbarer“ Nähe zum deponierten Abfall**

##### **4.1 Grundkonzeption des technischen Monitorings**

Das Errichten eines Pilotlagers (PL) für eine Beobachtungsphase ist eine der aktuellen Planungen, mit denen bei einem Schweizer Endlager die Sicherheit optimiert werden soll. Monitoring als technische Beobachtung wird dabei als Strategie angesehen, um ungünstige Entwicklungen frühzeitig zu erkennen (BFE 2008a, S. 13). Anhand eines verkleinerten Lagers, in dem ein repräsentatives Set von Abfällen bereits relativ früh eingelagert werden soll, wird ein systematisches Monitoring vorbereitet. Seine Lagerstrecken werden dazu mit einem umfangreichen und aufwendigen Mess- und Beobachtungssystem (überwiegend verkabelte Sonden) umgeben. Dieses Mess- und Beobachtungssystem soll so konzipiert werden, dass die Integrität der Kammern und oder Strecken nicht verletzt wird (Experteninterview A). Im Vordergrund steht dabei die Kontrolle des PL, die Rückschlüsse auf die Funktionsweise des Hauptlagers erlauben und somit früh Optimierungen und empirische Belege für dessen Sicherheit liefern soll (ENSI 2009, S. 8f.).

Auf der Zeitachse bedeutet dies, dass das PL sofort nach dem Verfüllen der Strecke verschlossen und das „Verminen“ mit Sonden vorgenommen wird. So könnte das Verhalten der Sicherheitsbarrieren nach Verschluss analysiert und könnten Ergebnisse in einer nicht näher

**Abb. 1: Tiefenlagerkonzeption der Nagra für schwach- und mittelaktive Nuklearabfälle**



- ① Hauptlager SMA
- ② Pilotlager
- ③ Testbereich
- ④ Zugangstunnel
- ⑤ Lüftungsschacht und Betriebsschacht

Quelle: Nagra 2012; Illustration: Infel AG Claudio Köppel

spezifizierten Beobachtungsphase ermittelt werden. Diese könnten sowohl Optimierungen des Hauptlagers erlauben als auch Notmaßnahmen (wie Rückholungen) einleiten, die notwendig würden, wenn zentrale konzeptionelle Schwächen sich bereits im PL zeigen sollten.

Bisher sind die Forschungen und Entwicklungen zu Monitoring, so bestätigen Schweizer Experten, erst angelaufen. Zum Pilotlager selbst liegen bisher nur erste Skizzen vor (siehe z. B. Abb. 1). Die Abbildung der Nagra zeigt die räumliche Abtrennung des PL vom Hauptlager und deutet damit auf die unterschiedlichen Möglichkeiten des Eingriffs je nach „Lebensphase des Endlagers“ hin. Dabei erscheint es auch möglich, nur den Teil 2 der Untertagedeponie offen zu halten, während das Hauptlager verschlossen wird. Unsicherheiten und unfolgsame Nebenfolgen, die sich nicht an die prognostizierte Isolation der Deponie nach dem Verschluss halten, werden jedoch auch nicht ausgeschlossen.<sup>12</sup>

Internationale Forschungsprojekte wie MoDeRn (<http://www.modern-fp7.eu>) und Forschungen im Felslabor Mont Terri (<http://www.mont-terri.ch/>) legen erste Grundlagen für Forschung und Entwicklung (Experteninterview A). Gleichzeitig sind technische Experten skeptisch, welche technischen Möglichkeiten der Genese aussagekräftiger Daten (auch für Notfallszenarien) grundsätzlich möglich und welche „Beobachtungszeiträume“ realisierbar sind. Gerade in den ersten 100 Jahren eines Tiefenlagers seien selbst bei Lösung aller technischen Probleme nur wenige Sachverhalte empirisch zu erfassen (Experteninterview A). Im Kern geht es um Wärmepulse, geologische Deformationen und Spannungsumlagerungen im Wirtsgestein (s. dazu auch Wimmer et al. in diesem Heft).

Zur Frage der „Dauer“ der Beobachtungsphase nach dem Einlagerungsbetrieb gibt es keine international einheitliche Haltung. Die 1983er Sicherheitsrichtlinien Deutschlands sehen keine

Beobachtungsphase vor; die aktualisierten Sicherheitsanforderungen des Bundesumweltministerium bezeichnen die Bergbarkeit von Behältern für einen Zeitraum von 500 Jahren als notwendig (BMI 1983; BMU 2010); dass es dazu spezifische technische Maßnahmen der Vorbereitung (wie systematisches Monitoring) braucht, wird bisher nicht näher ausgeführt, könnte aber in einer komplementären Verordnung geregelt werden, die bisher noch nicht vorliegt. Frankreich dagegen hat eine Schätzgröße für den Beobachtungszeitraum vorgelegt. Es wird von einer Beobachtungsphase von „mindestens 100 Jahren“ gesprochen (französische Dokumente, zit. n. ENSI 2009, S. 7). In der Schweiz haben sich die Regulatoren bisher nicht festgelegt (Experteninterview A). Das ENSI spricht auf seiner Website lediglich von einem „Beobachtungszeitraum“, der hinsichtlich der Dauer nicht näher spezifiziert wird.<sup>13</sup>

#### 4.2 Ansätze für soziales Monitoring im aktuellen Sachplanverfahren

Soziales Monitoring bei einem Pilotlager kann grundsätzlich verschiedene Funktionen erfüllen. Dies sind einerseits die Kontrolle von Entscheidungen und Entscheidungswegen und andererseits die aktive Teilnahme an der Entscheidungsfindung. Folgt man den Prinzipien der Reversibilität und Rückholbarkeit, so müssten alle Entscheidungen und Entscheidungswege ob ihrer Transparenz, der Nachvollziehbarkeit der Entscheidungskriterien und der Qualität der vorausgehenden Debatte überprüfbar sein und von kompetenten und unabhängigen Akteuren auch überprüft werden. Diese Aufgaben stellen hohe Anforderungen an soziales Monitoring und an die Experten, die für das technische Monitoring verantwortlich sind. Dies wird v. a. dann deutlich, wenn in einem weiteren Schritt die Öffentlichkeit einen solchen Prozess begleiten soll. Um soziales Monitoring zu etablieren, das über den langen Zeitraum der Endlagerung mit einem Teil der Vor-Betriebsphase, der Betriebsphase und möglicherweise auch der Nachbetriebsphase seine Funktion aufrecht zu erhalten hat, muss also ein spezifischer Rahmen geschaffen werden. Dieser hat Bedingungen zu schaffen, unter denen der Austausch von Informationen, Debatten über ihre Bedeutung und damit auch Lernprozesse möglich

sind. Auch die Anforderungen an die zuständigen Behörden, Regierungsorganisationen und Entscheidungsträger aus Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft sind hoch, da diese sich mit großen Mengen an Informationen auseinandersetzen, ihre Entscheidungen und Vorgehensweisen offen legen und gegebenenfalls rechtfertigen müssen. Eine solche Vorgehensweise wäre für alle Beteiligten neu. Dies gilt auch für „halb-direkte“ Demokratien (Linder 2005) wie die Schweiz.

Das Schweizer Sachplanverfahren kann in diesem Kontext als soziale Innovation verstanden werden, die die Umsetzung vieler hier relevanter Anforderungen zum Ziel hat. Das formale Verfahren wurde mit der Neuausrichtung des Endlagersuchprozesses in eine neue Kontroll- und Sicherheitsstruktur eingebunden, die grundsätzlich erweiterte Möglichkeiten öffentlicher Beteiligung gewährt. Auch institutionelle Reorganisation von Rollen und Verantwortlichkeiten war dafür zentral. So wurde das Eidgenössische Nukleare Sicherheitsinspektorat 2009 als Nachfolgeorganisation der „Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen“ (HSK) gegründet, da die HSK in das Bundesamt für Energie (BFE) eingebunden und damit der Verdacht der fehlenden Unabhängigkeit gegeben war.<sup>14</sup>

Das Grundprinzip der Partizipation verschiedener Interessengruppen und die eingesetzten Formen regionaler Partizipation „präformieren“ mögliche Strukturen, die als Chancen bei anspruchsvollen Monitoringprozessen genutzt werden können.<sup>15</sup> Hier wird auch explizit auf die Notwendigkeit des Aufbaus von Sach- und Sozialkompetenz hingewiesen. Unter Sozialkompetenz versteht die federführende Aufsichtsbehörde Prinzipien guter Zusammenarbeit (wie die Akzeptanz anderer Werthaltungen und das Einhalten von Vereinbarungen). Unter Sachkompetenz wird die Fähigkeit verstanden, Entscheidungen nachvollziehen sowie zielgerichtete Fragen stellen zu können. Die Fortbildung der Teilnehmer (hier der Regionalkonferenzen) wird durch Angebote des BFE, die auch ein einfaches Sicherstellen der direkten Erreichbarkeit der Mitarbeiter von zuständigen Regierungsorganisationen beinhaltet, aktiv gefördert. Die federführende Behörde BFE ist dabei die Instanz, die die Qualität dieser Prozesse sichert.

Die Kontrolle, die durch die informellen Strukturen ausgeübt werden kann, beruht auf dem Aufbau einer „Begründungskultur“ für zentrale politische und fachliche Entscheidungen, da die zentrale Entscheidungsgewalt bei den klassischen politischen Entscheidungsträgern (insbes. dem Schweizer Bundesrat) liegt. Inwiefern die Sicherung dieser Begründungs- und Partizipationskultur über die Zeit gelingt, ist noch nicht absehbar.

Angesichts der Konfliktgeschichte der Endlagersuche in der Schweiz wäre es aber auch vermessen, für all diese Aspekte bereits fertige konzeptionelle Lösungen in einer Verfahrensstufe zu erwarten, an dessen Ende eine Rahmenbewilligung sowie die darauf folgenden Bau- und Betriebsbewilligungen stehen.<sup>16</sup> Viele innovative Elemente, die im Schweizer Sachplanverfahren erstmals in dieser Form Eingang fanden (wie Regionalkonferenzen, Technisches Forum Sicherheit etc.) bilden Impulsgeber für ein „Realexperiment“, für das eine Reihe von Detaillösungen im Lauf des Verfahrens noch entwickelt werden müssen.<sup>17</sup>

## **5 Die Notwendigkeit sozialer Fantasie und adäquater Problemlösung**

Bisher wurden bestehende erste Ansätze für technisches und soziales Monitoring im Schweizer Sachplanverfahren aufgezeigt. Darauf basierend sollen im Folgenden zentrale Aspekte für den Aufbau eines technisch-sozialen Monitorings, dass in der Betriebsphase und eventuell Teilen der Nachbetriebsphase greift, präzisiert werden.

Soziales Monitoring in Verbindung mit einem strategisch ausgerichteten technischen Monitoring-Konzept eröffnet die Möglichkeit sozialer Innovationen, für die heute meist noch keine Praxisformen gefunden sind. Da anzunehmen ist, dass diese Praxisformen aktives Wissensmanagement und die Inklusion meist meinungsstarker Stakeholder im hier behandelten Konfliktfeld erforderlich machen, gilt das Merkmal, dass Peter Wehling für „reflexive Innovationen“ ausmacht. Reflexive Innovationen, die verteilte Wissensbestände miteinander verknüpfen, entstehen in „temporären, interaktiven und offenen Netzwerken“, deren Operationsmodus sich deutlich von technokratischen oder korporatistischen Modellen von Innovationsprozessen unterscheidet (Wehling

2004, S. 63). Soziale Innovationen können theoretisch die Input- und Output-Legitimität von demokratischen Entscheidungen erhöhen (Geissel 2009). Zentral für Input-Legitimität ist die Berücksichtigung der Interessen der betroffenen Öffentlichkeit in politischen Entscheidungen. Zentral für Output-Legitimität ist, ob und inwiefern die gewählte Vorgehensweise zu einer adäquaten Problemlösung führt. Welche Probleme genau gelöst werden müssen, ist aber oft gar nicht klar und muss erst ausgehandelt werden (Geissel 2009, S. 64). Auch in der Endlagerfrage muss ausgehandelt werden, welches Problem mit Monitoring gelöst werden soll (s. Bergmans et al. in diesem Heft), und ob die angedachten Lösungen adäquat sind. Im Rahmen eines Verfahrens, das ein integriertes technisch-soziales Monitoring fördert, müssten diese beiden Herausforderungen konzeptionell und vor allem institutionell gelöst werden.

Neben der Zugänglichkeit der Debatten muss aber auch die Frage nach den notwendigen Kompetenzen aller Beteiligten gestellt werden. Um die Ansprüche an eine transparente, nachvollziehbare Debatte zu erfüllen, muss wohl in den meisten Fällen ein Qualifikations- und Lernprozess durchlaufen werden. Ein technisch-soziales Monitoring, das sich den Prinzipien von Transparenz und Nachvollziehbarkeit verpflichtet fühlt, erfordert auch institutionalisierte Konfliktlösungsmechanismen. Diese müssen so angelegt sein, dass in ihrem Rahmen Vorwürfe von Stakeholdern an andere Stakeholdergruppen, von äußeren Interessen geleitet oder nicht unabhängig zu sein, auf transparente und zivile Weise bearbeitet werden können. Dabei muss aber gleichzeitig die Arbeitsfähigkeit aller Beteiligten erhalten bleiben, d. h. nicht absolute Transparenz ist das Ziel, sondern eine Transparenz der Entscheidungswege und geprüften Begründungen für gefällte Entscheidungen (z. B. auf der Basis von Ergebnissen technischen Monitorings).

Konflikten, die Vorwürfe der Unabhängigkeit beinhalten, kann durch klare Strukturen teilweise vorgebeugt werden. Zumindest kann aber die Möglichkeit eines zivilen Umgangs mit diesen verbessert werden. Mit der Neugründung des ENSI wurde ein wichtiger Schritt Richtung struktureller Unabhängigkeit der Aufsichtsbehörden getan. Diese Unabhängigkeit zivilgesell-

schaftlicher „Checks and Balances“ muss weiter ausdifferenziert und auch in komplexen Beobachtungs- und Entscheidungsprozessen einer Betriebs- und Nachbetriebsphase organisiert werden. „Organisieren“ meint bei einer Aufgabe wie hier Ausstattung mit nennenswerten personellen und finanziellen Ressourcen, konzeptionelle Vorarbeiten und qualifizierte Expertise, die auch fachliche Dissensstrukturen integrieren kann.

Für ein technisch-soziales Monitoring in der Betriebs- und Teilen der Nachbetriebsphase wird eine zentrale Komponente das institutionelle Regime sein, das zur Implementierung des Endlagerprojekts entwickelt wird. Unter institutionellem Regime wird hier eine Reihe von verpflichtend teilnehmenden Institutionen (formale Zuständigkeit, Qualitätssicherung etc.) und zentralen Stakeholdern im Begleitprozess betrachtet. Dazu werden eine federführende Behörde (heute in der Schweiz: das Bundesamt für Energie) und ein politischer Entscheidungsträger (in der Schweiz: der Bundesrat) gehören, der die verschiedenen Verfahrensschritte in kollektiv verbindliche Entscheidungen „gießen“ soll – Entscheidungen, die auch ein hohes Maß an Robustheit über Zeit haben sollen. Die halbformellen oder informellen Mitwirkungsrechte, die im Sachplanverfahren Stakeholdern u. a. in den Regionalkonferenzen und dem Ausschuss der Kantone sowie in späteren Implementationsphasen ihren „Nachfolgeorganisationen“ eingeräumt werden können, müssen dann in ein Vorhabensdesign transformiert werden, das angesichts der Aufgabenstellung ein hohes Maß Professionalität, Transparenz und gegenseitiger Kontrolle sicherzustellen hat. Damit wird ein soziales Vorhaben angedacht, das auf institutioneller Ebene sozialer Fantasie in besonderer Weise bedarf und dessen Verwirklichung als soziotechnische Innovation zu betrachten wäre.

### Anmerkungen

1) Dieser Beitrag fußt auf ersten Sichtungen vorhandener Dokumente, eigenen Recherchen und explorativen Experteninterviews (Experteninterview A, B, C, D). Er ist Teil der Arbeiten im ITAS-Themenschwerpunkt „Endlager und Governance“. An vielen Stellen werden hier daher nur vorläufige Ergebnisse dargestellt, die durch systematische Arbeiten ergänzt werden müssen.

- Selbstredend übernehmen wir für alle Ausführungen die Verantwortung.
- 2) In den USA wurden hochaktive militärische Abfälle bereits endgelagert. Da sich diese in der Zusammensetzung aber auch in der gesellschaftlichen Bedeutung stark von zivilen Abfällen unterscheiden, ist es nicht möglich, diese mit der Endlagerung ziviler Anlagen zu vergleichen.
  - 3) Siehe dazu u. a. Streffer et al. 2011, S. 184–199.
  - 4) In Deutschland wäre das u. a. das Bundesamt für Strahlenschutz und in der Schweiz das Eidgenössische Nukleare Sicherheitsinspektorat.
  - 5) Zur Bedeutung des Governance-Begriffs in der Endlagerdebatte s. Kuppler 2012.
  - 6) Zu diesen Wissensbeständen gehört „Laienwissen“ und regionale Kenntnisse ebenso wie interessengesteuerte Formen der Expertise, die dem naturwissenschaftlich-technischen Mainstream häufig widersprechen. Unwidersprochen sei hier der Sachverhalt, dass sie auch „Wissenspolitiken“ betreiben und häufig pluralistisch strukturierte „Wissensordnungen“ mitbestimmen (Wehling 2004; Strassheim 2012, S. 68–73; zum Unterschied von Interessenartikulation und Interessenaggregation in politisierten Konflikten siehe Neidhardt 2010; Hocke 2006, S. 161–163, und Gerhards/Neidhardt 1993)
  - 7) Zur Position der Deutschen Entsorgungskommission zum Thema Rückholbarkeit siehe ESK 2011.
  - 8) Für einen allgemeinen Überblick siehe Minhans/Kallenbach-Herbert 2012, S. 2–6; vertiefend zur Vorgeschichte des Sachplans siehe Flüeler 2006 und Krütli et al. 2010.
  - 9) Die „Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle“ (Nagra) wurde 1972 von den Abfallverursachern gegründet. Ihr Auftrag ist, eine sichere Lösung für den Umgang mit radioaktiven Abfällen umzusetzen ([http://www.nagra.ch/g3.cms/s\\_page/77530/s\\_name/auftrag](http://www.nagra.ch/g3.cms/s_page/77530/s_name/auftrag)).
  - 10) Geologisch potenziell geeignete Formation für ein Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle bei Stans in der Nähe von Luzern.
  - 11) Für eine genauere Beschreibung der Regionalkonferenzen s. Jost 2012, S. 146–148.
  - 12) Theoretisch zu „unfolgsamen Nebenfolgen“ neuer Technologien siehe Gloede 2007.
  - 13) Das ENSI delegiert diese Aufgabe an den Projektanten Nagra (ESNI 2009, S. 8). So heißt es auf der Website der Nagra: „Auch nach dem Verschluss des Hauptlagers ist es im Pilotlager möglich, das Verhalten der Sicherheitsbarrieren zu kontrollieren.“ ([http://www.nagra.ch/g3.cms/s\\_page/80750/s\\_name/tlsma](http://www.nagra.ch/g3.cms/s_page/80750/s_name/tlsma)) (download 7.12.12)

- 14) Das BFE ist dem „Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation“ zugeordnet.
- 15) Siehe dazu das Konzept regionale Partizipation (BFE 2011)
- 16) Vgl. dazu Jost 2012, insbes. S. 144f.
- 17) Zum Konzept der „Realexperimente“ siehe Groß et al. 2003.

## Literatur

*Bechmann, G.; Decker, M.; Fiedeler, U. et al.*, 2007: Technology Assessment in a Complex World. In: International Journal for Foresight and Innovation Policy 3/1 (2007), S. 6–27

*Berkhout, F.*, 1991: Radioactive Waste. London

*BFE – Bundesamt für Energie*, 2008a: Sachplan geologische Tiefenlager – Konzeptteil. Bern

*BFE – Bundesamt für Energie*, 2008b: Sachplan geologische Tiefenlager. Erläuterungsbericht. Bern

*BFE – Bundesamt für Energie*, 2011: Konzept Regionale Partizipation. Bern

*BMI – Bundesministerium für Inneres*, 1983: Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk vom 20. April 1983 (GMBL 1983, Nr. 13, S. 220)

*BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*, 2010: Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle. Stand: 30. September 2010. Berlin

*ENSI – Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat*, 2009: Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis. Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen. Schweizerische Eidgenossenschaft

*ESchT – Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager*, 2011: Kurzstellungnahme der Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager zur Ausgestaltung der Regionalkonferenzen als Instrument der regionalen Partizipation. Köln

*ESK – Entsorgungskommission des BMU*, 2011: Rückholung/Rückholbarkeit hochradioaktiver Abfälle aus einem Endlager – ein Diskussionspapier. Bonn (Stand 2.9.11, Ausschuss Endlagerung)

*Flüeler, Th.*, 2006: Decision Making for Complex Socio-Technical Systems. Dordrecht

*Geissel, B.*, 2009: How to Improve the Quality of Democracy? In: German Politics & Society 27, S. 51–71

*Gerhards, J.; Neidhardt, F.*, 1993: Strukturen und Funktionen moderner Öffentlichkeit, In: Langenbucher, W.R. (Hg.): Politische Kommunikation – Grundlagen, Strukturen, Prozesse. Wien, S. 52–88

*Gloede, F.*, 2007: Unfolgsame Folgen. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 16/1 (2007), S. 45–54

*Groß, M.; Hoffmann-Riem, H.; Krohn, W.*, 2003: Realexperimente. In: Soziale Welt 54/3 (2003), S. 241–258

*Grunwald, A.*, 2010: Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin

*Hocke, P.*, 2006: Expertenkommunikation im Konfliktfeld der nuklearen Entsorgung in öffentlichkeitssoziologischer Perspektive. In: Hocke, P.; Grunwald, A.: Wohin mit dem radioaktiven Abfall? Berlin, S. 155–179

*Hocke, P.; Kuppler, S.*, 2011: Democratic Innovation in the Decision-making Process on a Nuclear Waste Disposal. ECPR Joint Sessions 2011, St. Gallen

*Jost, M.*, 2012: Entsorgung radioaktive Abfälle: Akteure und Aufgabenverteilung in der Schweiz. In: Müller, M.C.M. (Hg.): Endlagersuche: Auf ein Neues? Rehburg-Loccum, S. 139–153

*Kuppler, S.*, 2012: From Government to Governance? In: Journal of Integrative Environmental Sciences 9/2 (2012), S. 103–122

*Linder, W.*, 2005: Schweizerische Demokratie. Bern

*Minhans, A.; Kallenbach-Herbert, B.*, 2012: Identifying Remaining Socio-technical Challenges at the National Level: Switzerland, Darmstadt, Insotec Working Paper WP 1 – MS7

*NEA – Nuclear Energy Agency*, 2012: Reversibility of Decisions and Retrievability of Radioactive Waste. Paris

*Neidhardt, F.*, 2010: Funktionen politischer Öffentlichkeit. In: Forschungsjournal Neue Soziale Bewegungen 23/3 (2010), S. 26–34

*Strassheim, H.*, 2012: Wissensordnungen. In: Busch, A.; Hoffmann, J. (Hg.): Politik und die Regulierung von Information. Baden-Baden (PVS Sonderheft 46/2012), S. 48–84

*Streffler, C.; Gethmann, C.F.; Kamp, G. et al. (Hg.)*, 2011: Radioactive Waste. Berlin

*Wehling, P.*, 2004: Reflexive Wissenspolitik: Öffnung und Erweiterung eines neuen Politikfeldes. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 13/3 (2004), S. 63–71

*Weyer, J.*, 2008: Techniksoziologie. Weinheim

## Kontakt

Sophie Kuppler  
 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)  
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
 Karlstraße 11, 76133 Karlsruhe  
 Tel.: +49 (0) 7 21 / 6 08 - 2 80 07  
 E-Mail: [sophie.kuppler@kit.edu](mailto:sophie.kuppler@kit.edu)