

## SCHWERPUNKT

*NEA – Nuclear Energy Agency*, 2003: Public Confidence in the Management of Radioactive Waste: The Canadian Context, Workshop Proceedings Ottawa, Canada, October 14–18, 2002. Paris

*NEA – Nuclear Energy Agency*, 2009: Regional Development and Community Support for Radioactive Waste Management, Synthesis of the FSC National Workshop and Community Visit, Tengelic and Bataapáti, Hungary, November 14–17, 2006. OECD-NEA No 6258. Paris

*NEA – Nuclear Energy Agency*, 2010: Radioactive Waste Repositories and Host Regions: Envisaging the Future Together, Synthesis of the FSC National Workshop and Community Visit, Bar-le-Duc, France, April 7–9, 2009. OECD-NEA No 6925. Paris

*Simmons, P.; Wynne, B.*, 1993: Responsible Care: Trust, Credibility and Environmental Management. In: Schot, J.; Fischer, K. (eds.): Environmental Strategies for Industry: International Perspectives on Research Needs and Policy Implications. Washington

*Stirling, A.*, 2006: Uncertainty, Precaution and Sustainability: Towards More Reflective Governance of Technology. In: Voss, J.P.; Bauknecht, D.; Kemp, R. (eds.): Reflexive Governance for Sustainable Development. Cheltenham, pp. 225–272

*Vári, A.; Ferencz, Z.*, 2007: Radioactive Waste Management in Hungary: Changing Approaches and Conflicts. In: Journal of Environmental Assessment Policy and Management 9/2 (2004), pp. 185–209

*Weinberg, A.*, 1972: Social Institutions and Nuclear Energy. In: Science 177/4043 (1972), pp. 27–34

*White, M.; Morris, J.; Harvey, L.*, 2010: Monitoring Technologies Workshop Report (June 7–8, 2010 – Troyes, France). Deliverable 2.2.1. of the MoDeRn project – Euratom – FP7 (232598); [http://www.modern-fp7.eu/fileadmin/modern/docs/Deliverables/MoDeRn\\_D2.2.1\\_Troyes\\_Monitoring\\_Technologies\\_Workshop.pdf](http://www.modern-fp7.eu/fileadmin/modern/docs/Deliverables/MoDeRn_D2.2.1_Troyes_Monitoring_Technologies_Workshop.pdf) (download 10.12.12)

**Contact**

Dr. Anne Bergmans  
Faculty of Political and Social Sciences  
Department of Sociology  
Research group Society and Environment  
University of Antwerp  
Sint-Jacobsstraat 2, 2000 Antwerp, Belgium  
Phone: +32 (3) 2 65 - 55 42  
Email: [anne.bergmans@ua.ac.be](mailto:anne.bergmans@ua.ac.be)



## Monitoring im Endlager: notwendig für die Akzeptanz?

Anmerkungen aus Sicht eines  
Betreibers von Zwischenlagern

von Hannes Wimmer, Klaus-Jürgen Brammer  
und Michael Köbl, Gesellschaft für Nuklear-  
Service, Essen

**Das Monitoring eines Endlagers kann im Sinne der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA) als vertrauensbildende Maßnahme verstanden werden, die in einem definierten Zeitraum während und nach der Betriebsphase durchgeführt wird. Erste Erfahrungen mit Monitoring wurden in Deutschland bereits bei den bestehenden Zwischenlagern gemacht. Basierend auf diesen Erfahrungen werden hier aus Sicht eines Nukleardienstleisters Randbedingungen und Möglichkeiten des Monitorings eines Endlagers aufgezeigt und der mögliche Beitrag von Monitoring zur gesellschaftlichen Akzeptanz eines Endlagers diskutiert.**

### 1 Einführung

Die zentrale Aufgabe eines Endlagers für radioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen ist es, Radionuklide dauerhaft von den Stoffkreisläufen zu isolieren. Den nachfolgenden Generationen sollen dabei keine Lasten aufgebürdet werden, d. h. das Endlager soll wartungs- und überwachungsfrei funktionieren. Ein Endlager-system für hochradioaktive Abfälle ist nur dann genehmigungsfähig, wenn in einem Langzeitsicherheitsnachweis gezeigt werden kann, dass diese Ziele mindestens für den regulatorisch geforderten Nachweiszeitraum erreicht werden. In Deutschland sind das eine Million Jahre, also ein weitaus längerer Zeitraum als der, der seit der letzten Eiszeit vergangen ist. Ob sich das Endlagersystem bzw. die einzelnen Komponenten des Systems in der erwarteten Weise entwickeln, kann durch ein Monitoring geprüft werden. Die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEA) definiert Monitoring als „continuous or periodic observations and measurements of environmental, engineering, or radiological parameters to

help evaluate the behaviour of components of the waste disposal system, or impacts of the waste disposal system and its operation on the public and the environmental” (IAEA 2001, S. 1).

Diese Definition macht deutlich, dass das Monitoring dazu dient, Vertrauen in die Komponenten eines Endlagersystems zu gewinnen. Daher ist für die Dauer des Monitorings nicht der gesamte Nachweiszeitraum in Betracht zu ziehen, sondern nur die Betriebsphase und ein begrenzter Zeitraum nach dem Verschluss. Es bietet sich daher an, ausgehend von den Erfahrungen bei der Überwachung von Zwischenlagern zu diskutieren, inwieweit sich Überwachungsmaßnahmen hinsichtlich der Akzeptanz einer Anlage auswirken.

Die trockene Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in inhärent sicheren Transport- und Lagerbehältern (z. B. CASTOR®) ist in Deutschland seit den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts eine bewährte und sichere Praxis. An insgesamt zwölf Kraftwerksstandorten, zwei dezentralen Standorten in Ahaus und Gorleben sowie einem Zwischenlagerstandort des Bundes in Greifswald werden bereits heute nahezu 1.000 Behälter mit hochradioaktiven Abfällen gelagert, bis ein Endlager für die endgültige Isolation von der Biosphäre zur Verfügung steht. Die Gesellschaft für Nuklear-Service (GNS) betreibt in Gorleben und Ahaus die dezentralen Zwischenlager.

Die Zwischenlager und die darin eingesetzten Zwischenlagerbehälter wurden in sehr gründlichen und aufwändigen Verfahren geprüft und schließlich für diese Aufgabe zugelassen. Die Behälter sind mit einem Doppeldeckelsystem ausgestattet, dessen Dichtheit kontinuierlich überwacht wird. Damit ist sichergestellt, dass keine radioaktiven Substanzen freigesetzt werden. Weiterhin gibt es Grenzwerte für die  $\gamma$ - und Neutronenstrahlung, die aus den Behältern austreten darf. Diese Strahlung unterliegt außerhalb der Lagerhalle zusätzlich einer kontinuierlichen Überwachung. Hierzu sind Messstationen durch den Betreiber eingerichtet.

Der Zustand der Messeinrichtungen wird in regelmäßigen Abständen geprüft. Hierüber, wie auch über die Messergebnisse der Umgebungs-

überwachung, werden die zuständigen Behörden in festgelegten Abständen informiert. Es wird überprüft, ob die in der Genehmigung festgelegten technischen Randbedingungen und Grenzwerte eingehalten werden. Unabhängig davon betreiben die Aufsichtsbehörden bzw. die von ihnen beauftragten Gutachter eigene Messstationen. Die Messergebnisse werden einmal jährlich veröffentlicht (s. z. B. Rüdiger/Emmrich 2012).

Die Ergebnisse dieser Messungen führen gelegentlich zu Diskussionen mit Bürgern, die die Richtigkeit der Messungen und/oder deren Interpretation beziehungsweise die Festlegung der Grenzwerte anzweifeln. Fragen dazu konnten durch die Aufsichtsbehörden – zumindest nach unserem Eindruck – bisher zur Zufriedenheit der Fragesteller beantwortet werden.

## 2 Randbedingungen für die Überwachung und das Monitoring eines Endlagers

Für die Betriebsphase eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle ist in Deutschland auf Grund der regulatorisch festgelegten Option der Rückholung eine Überwachung des Endlagersystems erforderlich. Die zu überwachenden Parameter müssen dabei so gewählt werden, dass die prognostizierte Entwicklung des Endlagersystems nachvollzogen werden kann (Jobmann et al. 2011). Die Randbedingungen der Überwachung müssen frühzeitig im Rahmen des Genehmigungsverfahrens geregelt werden. Hinweise zum erforderlichen Umfang der Überwachung sind in Artikel 7.4 der Sicherheitsanforderungen des BMU enthalten<sup>1</sup>. Neben der Auswahl der Messeinrichtungen und der Messpunkte müssen aber auch die Eingreifschwelle für jede einzelne Messeinrichtung festgelegt werden.

Die Erfahrungen beim Betrieb von Zwischenlagern zeigen, dass für die Akzeptanz der Überwachungsmaßnahmen eine klare Trennung zwischen Betreiber und Aufsicht, wie dies beispielsweise in den Zwischenlagern realisiert wurde, von entscheidender Bedeutung ist. Betrieben werden die Lager von privatrechtlich organisierten Gesellschaften, für die atomrechtliche Aufsicht sind die jeweiligen Bundesländer im Rahmen der Bundesauftragsverwaltung zuständig (§ 24 AtG). Die Befugnisse der Aufsichtsbehörden

sind im Einzelnen in § 19 Abs. 1 und 2 AtG geregelt. Unter anderem können die Behörden und die von ihr hinzugezogenen Sachverständigen die betreffenden Anlagen jederzeit betreten. Die auf der Anlage verantwortlichen Personen sind gegenüber der Aufsichtsbehörde auskunftspflichtig.

Ein weiterer entscheidender Aspekt ist die Information der Öffentlichkeit über die Messergebnisse der Überwachung des Endlagers. Es sollte sichergestellt sein, dass die Öffentlichkeit nicht nur Zugang zu den Messergebnissen hat, sondern dass diese auch umfassend erläutert werden. Wichtig zur Vermeidung von Fehlinterpretationen ist, dass nur von der Aufsichtsbehörde geprüfte Messergebnisse, d. h. abgesicherte Daten veröffentlicht werden. Ob und ggf. in welchem Rahmen von regionalen Stakeholdern oder NGOs benannte Wissenschaftler an der Validierung der Daten mitwirken sollten, wäre im Genehmigungsverfahren festzulegen. Denkbar wäre beispielsweise die Installation eines „Beirats“, in dem die Ergebnisse dargestellt und diskutiert werden.

Eine Überwachung der Funktionsweise der Barrieren eines Endlagersystems auch nach dem Verschluss des Endlagers wird in den Sicherheitsanforderungen nur für einen begrenzten Zeitraum gefordert<sup>2</sup>. Ergänzend ist festgelegt, dass die Endlagerbehälter eine Bergbarkeit der Abfälle bis zu 500 Jahre nach Verschluss des Endlagers gewährleisten müssen<sup>3</sup>. Anders als bei der Überwachung der Betriebsphase eines Endlagers ist der Rahmen für das Monitoring nach dem endgültigen Verschluss des Endlagers schwierig festzulegen. So erscheint aufgrund der Erfahrungen aus der permanenten Überwachung der Zwischenlagerung alleine schon die wartungsfreie bzw. ausreichend redundante Installation von Messtechnik technisch nicht darstellbar. Die getroffenen Maßnahmen dürfen außerdem nicht zur Beeinträchtigung der Langzeitsicherheit führen. Da deshalb eine Verbindung mit Leitungen aus dem Endlager nach „über Tage“ nicht möglich ist, kann für das Monitoring nach dem Verschluss nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik eine Überwachung des Endlagers von innen heraus ausgeschlossen werden. Möglich ist nur die Überwachung der Umgebung hinsichtlich auftretender Radioaktivität, d. h. die Prüfung der Dichtfunktion des Endlagersystems.

### 3 Möglichkeiten des Monitorings in einem Endlager

Die Möglichkeiten und Grenzen der Überwachung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle sind in der Literatur umfassend beschrieben. Jobmann et al. (2011) haben beispielsweise in einem Übersichtsartikel den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik hierzu dargestellt. Wichtig ist, zwischen der Überwachung eines Endlagers während des Einlagerungsbetriebes und dem Monitoring nach dem Verschluss der Zugangswege (z. B. Schächte) zu unterscheiden.

Die Einlagerung der Abfälle in ein Endlager wird voraussichtlich einen Zeitraum von 30 bis 40 Jahren in Anspruch nehmen. Die Kokillen oder Brennelemente werden – je nach Endlagerkonzept – in einem Shuttlebehälter oder in im Endlager verbleibenden „Endlagerbehältern“ über eine Schachtförderanlage unter Tage transportiert. Wenn alle für das jeweilige Bohrloch oder die jeweilige Strecke vorgesehenen Gebinde vor Ort angekommen sind, wird der verbleibende Hohlraum verfüllt und der jeweilige Einlagerungsort durch ein Verschlussbauwerk (Bohrlochverschluss oder Streckenverschluss/Damm) vom restlichen Grubengebäude abgetrennt.

Die Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle aus dem Jahr 2010 fordern die Rückholbarkeit aller eingelagerten Gebinde bis zum endgültigen Verschluss des Bergwerks (BMU 2010, Art. 8.6/s. Anm. 3). Um eine solch weitreichende Entscheidung treffen zu können, ist eine abgesicherte Erfassung der Kennwerte notwendig, die die Funktion der Barrieren im Endlager bewertet. Eine mögliche Entscheidung zur Rückholung der Abfälle hätte erhebliche Konsequenzen. Teile oder ggf. alle bis zu diesem Zeitpunkt eingelagerten Gebinde müssten geborgen und über Tage in dafür geeignete Zwischenlager gebracht werden. Mögliche Parameter zur Überwachung des Endlagersystems während der Betriebsphase sind der sich aufbauende Gebirgsdruck in den Einlagerungstrecken bzw. den Dammbauwerken, die Aktivität im Hohlraum der Einlagerungstrecken sowie die Aktivität an strategisch wichtigen Punkten in den Einlagerungsfeldern (Jobmann et al. 2011).

Für das Endlager ist gefordert, dass aufeinander abgestimmte Barrieren, welche das End-

lagersystem aufbauen, robust auf unerwartete Veränderungen reagieren und der Abschluss der Abfälle von der Biosphäre erhalten bleibt. Wenn die Robustheit des Systems im Genehmigungsverfahren nachgewiesen werden kann, ist aus technisch-naturwissenschaftlichen Gründen ein langfristiges Monitoring nicht erforderlich. Sofern jedoch die Entscheidung hierfür positiv ausfällt, bleiben, unter Beachtung der Grundprämisse der Endlagerung – sicherer Abschluss der Abfälle von der Biosphäre – nur Methoden, die ohne direkte Zugänge zum Endlagerbereich auskommen. Denkbar wären hier u. a. die Dokumentation wärmeinduzierter Hebungen über dem Endlager, Beobachtungen des Grundwassers oder die Auswertung mikroseismischer Aktivitäten (dies. 2011).

#### 4 Verbessert Monitoring die Akzeptanz eines Endlagers?

Ausgehend von der Ausgangsfrage: „Ist ein umfassendes Monitoring für die Akzeptanz eines Endlagers notwendig?“ muss zwischen der Akzeptanz möglicher Standorte in einem Auswahlverfahren und der Akzeptanz nach der Benennung eines Endlagerstandortes durch die lokale Bevölkerung unterschieden werden.

Für die Akzeptanz eines Endlagers nach der Standortbenennung ist die Überwachung der Betriebsphase unabdingbar. Es ist zu erwarten, dass eine frühzeitige, im Rahmen des Genehmigungsverfahrens geführte, öffentliche Diskussion des Überwachungsprogramms für die Betriebsphase zu einem verbesserten Verständnis der Betriebsabläufe in einem Endlager führt. Ein verbessertes Verständnis der Abläufe stärkt das Vertrauen in den sicheren Betrieb des Endlagers und führt damit zu einer höheren Akzeptanz. Die Erfahrungen aus dem Betrieb der Zwischenlager belegen, dass ein verbessertes Vertrauen in den Betreiber durch größtmögliche Transparenz auch die Akzeptanz der Anlage bei der Bevölkerung verbessert. Diese Entwicklung kann unterstützt werden, wenn in den Überwachungsprozess und die Bewertung der Messergebnisse von den betroffenen Bürgern benannte Wissenschaftler im Rahmen eines Beirats (s. o.) eingebunden werden. Die immer wieder geäußerten Sorgen wegen möglicher „langfristiger“ Gefahren durch ein Endlager können jedoch

auch nicht durch ein verbessertes Verständnis der Endlagerbetriebs ausgeräumt werden.

Im Rahmen eines Standortauswahlverfahrens ist nicht zu erwarten, dass sich die Akzeptanz für einen konkreten Standort auf Grund der Ankündigung eines umfassenden Überwachungsprogramms bzw. der Diskussion darüber verbessert. Zum einen betrifft dieser Aspekte alle in der Diskussion befindlichen Standorte in der gleichen Weise, zum anderen ist Ablehnung der betroffenen Bürger in einem Auswahlverfahren grundsätzlicher („Standort ungeeignet!“).

Für ein mögliches Monitoring nach dem Verschluss sind die technischen und insbesondere zeitlichen Rahmenbedingungen unklar und müssten ohne hinreichenden technisch-wissenschaftlichen Hintergrund durch den Antragsteller oder die Genehmigungsbehörde noch festgelegt werden. Da die Zahl der möglichen Maßnahmen, wie bereits erläutert, nur gering ist, besteht auch eine gewisse Gefahr, dass auf Grund der nur beschränkten Möglichkeiten des Monitorings die Sicherheit der Endlagerung grundsätzlich in Frage gestellt wird. Eine langwierige Diskussion um die Zielsetzung und die technischen Möglichkeiten des Monitorings könnte damit zu einer Verunsicherung und letztendlich zu Akzeptanzverlust führen. Wenn die einzelnen Komponenten des Endlagersystems sowie das System insgesamt, wie in den Sicherheitsanforderungen des BMU gefordert, robust ausgelegt sind, besteht zudem keine technische Notwendigkeit für ein Monitoring nach Verschluss des Endlagers.

In der aktuellen öffentlichen Auseinandersetzung mit diesem Thema<sup>4</sup> ist der Vorschlag gemacht worden, dass der endgültige Verschluss der Anlage nicht unmittelbar nach Abschluss der Einlagerung des letzten Abfallgebundes erfolgen sollte, sondern einige Jahrzehnte später, bis ausreichend Daten über die Zuverlässigkeit der eingesetzten Barrieren ermittelt wurden. Ein solcher Vorschlag kann nur dann zur Verbesserung der Akzeptanz eines Endlagers beitragen, wenn sowohl die Zielsetzung des Monitoring wie auch die Randbedingungen für dessen Beendigung bereits heute eindeutig geregelt werden. Andernfalls würde die heutige Generation ihren Nachfolgern ein „offenes“ Problem mit erheblichen Folgekos-

ten und vorprogrammierten Auseinandersetzungen für eine unbestimmte Zeit hinterlassen.

### Anmerkungen

- 1) In den Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle heißt es: Es „ist nachzuweisen, dass die Eingangsdaten, Annahmen und Aussagen der für diese Phase durchgeführten Sicherheitsanalysen und Sicherheitsnachweise eingehalten werden. Dieses Messprogramm hat insbesondere die Auswirkungen der thermomechanischen Reaktionen des Gebirges auf die wärmeentwickelnden Abfälle, die technischen Maßnahmen sowie die gebirgsmechanischen Vorgänge zu erfassen. Die Messungen umfassen weiterhin den Ausgangszustand und die Entwicklung der Aktivitätskonzentration in Quell- und Grundwässern, Böden, Gewässern und in der Luft im Einflussbereich des Endlagers. Wesentliche Abweichungen von diesbezüglichen Daten, Aussagen und Annahmen der genannten Sicherheitsnachweise sind hinsichtlich ihrer Sicherheitsrelevanz zu bewerten. Notwendigenfalls sind vom Betreiber bei der Einlagerung oder Stilllegung Gegenmaßnahmen durchzuführen, um eine Beeinträchtigung wesentlicher Sicherheitsfunktionen zu vermeiden.“ (BMU 2010, Artikel 7.4)
- 2) „Anhand eines Kontroll- und Beweissicherungsprogramms während des Einlagerungsbetriebs, der Stilllegung und in einem begrenzten Zeitraum nach Stilllegung ist nachzuweisen, dass die Eingangsdaten, Annahmen und Aussagen der für diese Phase durchgeführten Sicherheitsanalysen und Sicherheitsnachweise eingehalten werden. (...) Soweit für diese Gegenmaßnahmen eine Genehmigung erforderlich ist, ist diese bei der zuständigen Behörde zu beantragen. Diese Behörde entscheidet auch, wer das Messprogramm nach der Stilllegung durchführt und wann dieses Messprogramm beendet wird.“ (BMU 2010, Art. 7.4)
- 3) In den Sicherheitsanforderungen heißt es dazu: „Abfallbehälter müssen unter Berücksichtigung der darin verpackten Abfallprodukte und des sie umgebenden Versatzes folgende Sicherheitsfunktionen erfüllen:
  - Für die wahrscheinlichen Entwicklungen muss eine Handhabbarkeit der Abfallbehälter bei einer eventuellen Bergung aus dem stillgelegten und verschlossenen Endlager für einen Zeitraum von 500 Jahren gegeben sein. Dabei ist die Vermeidung von Freisetzungen radioaktiver Aerosole zu beachten.

- In der Betriebsphase bis zum Verschluss der Schächte oder Rampen muss eine Rückholung der Abfallbehälter möglich sein. Maßnahmen, die zur Sicherstellung der Möglichkeiten zur Rückholung oder Bergung getroffen werden, dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren und damit die Langzeitsicherheit nicht beeinträchtigen.“ (BMU 2010, Art. 8.6)
- 4) Kein Fass aufmachen: Frank Grotelüschen. In: DIE ZEIT v. 6.6.2012

### Literatur

- BMU – Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*, 2010: Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle. Bonn (Stand 20. September 2010)
- IAEA – International Atomic Energy Agency*, 2001: Monitoring of Geological Repositories for High Level Radioactive Waste. Wien
- Jobmann, M.; Eilers, G.; Haverkamp, B.*, 2011: Überwachung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle in Deutschland – Möglichkeiten und Grenzen. In: atw 56/11 (2011), S. 629–635
- Rüdiger, R.; Emmrich, U.*, 2012: REI-Jahresbericht zur Umgebungsüberwachung für das Transportbehälterlager (TBL), Abfalllager (ALG) und für die Pilot-Konditionierungsanlage (PKA) des GNS-Werkes Gorleben. Essen: TF4/Q/WE/1600/BK/11323771/00

### Kontakt

Dr. Hannes Wimmer  
GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH  
Frohnhauser Straße 67, 45127 Essen  
Tel.: +49 (0) 2 01 / 1 09 - 12 00  
E-Mail: [Hannes.Wimmer@gns.de](mailto:Hannes.Wimmer@gns.de)

« »