

Atommüll

Der Atommüll in ASSE II säuft ab

Wie sicher ist ein Atommüll-Endlager in einem Salzstock?

Von Prof. Dr. Rolf Bertram, IFB – Göttingen

*„Den Zuständen der Zeit Widerstand zu leisten, ist niemals töricht, da sich diese zwar ändern, aber nicht unbedingt bessern werden.“
Georg Christoph Lichtenberg, 1742 - 1799*

Ein Rückblick auf die Geschichte der Atomenergie zeigt, daß das Atommüllproblem jahrzehntelang überhaupt nicht erkannt beziehungsweise gelehrt wurde. In einer frühen Standardbrochure aus dem Jahre 1953 [1] – damals für jeden physikalisch interessierten Schüler und Studenten Pflichtlektüre – wird der Atommüll mit keiner Zeile erwähnt. Auch ein in vielen Auflagen erschienenes Lehrbuch der Atomphysik (W. FINKELNBURG), kennt weder radioaktive Rückstände noch deren Endlagerung. Hinter einem solchen Versäumnis steckt mehr als Vergesslichkeit, zumal schon in den 1960er Jahren die Gefährlichkeit des Atommülls im ganzen Umfang bekannt war:

WALTER HEITLER, einer der bedeutendsten europäischen Physiker jener Zeit, sagte bereits 1962: „Der radioaktive Abfall der Reaktorindustrie gehört zu den tödlichsten Tötungsmitteln, die es gibt“.

Oder C.F. BARNABY (1970): „... die radioaktiven Abfälle von Atomkraftwerken werden für die Menschheit allmählich eine ebenso große Gefahr darstellen wie die Auswirkungen eines Atomkriegs ...“ [3].

Andere frühe Mahner wie AMORY B. LOVINS und JOHN H. PRICE (1975) [2], KINGSLEY DUNHAM [4], der schwedische Nobelpreisträger HANNES ALFVEN (1972) [5] werden nicht zur Kenntnis genommen oder als „Panikmacher“ diskriminiert.

Seit über 50 Jahren wird – bisher erfolglos – versucht,

ein „sicheres Endlager“ zu finden. Bis zur Stunde gibt es nicht einmal verbindliche Kriterien zur Endlagerung. Ob Salz, Ton, Granit oder anderes Material, immer stellt sich bei der Eignungsprüfung heraus, daß die Lösung des Problems mit jeder neuen Erkenntnis schwieriger wird. Es geht nämlich nicht darum, den Atommüll möglichst tief zu verscharren; es geht darum, ihn für alle Zeiten von der Biosphäre fernzuhalten¹. Das aber kann nach dem heutigen Kenntnisstand niemand garantieren.

1967 wird erstmalig eine Lagerkonzeption im Salz erwähnt (Salzfeld „Lyon“ in Kansas). Der damalige Chefgeologe von Kansas, W. Hambleton, verwirft bereits 1970 dieses Konzept mit folgenden Worten: „... man spricht von Behältern. Nach einer kurzen Zeit werden sie nicht mehr vorhanden sein. Die Metallbehälter werden sich auflösen. Die radioaktiven Substanzen sind dann nur noch vom Salz umschlossen. Die Möglichkeiten des Wassereintritts, der Verseuchung des Grundwassers, die Probleme des Wärmeabflusses, des Druckaufbaues bis hin zur Explosion und alles dies auf unbegrenzte Zeit, das macht mir Sorgen ...“.

¹ Etwa 1950 tauchen die ersten publizierten Überlegungen zur Lagerung von Atommüll auf: Versenken im Meer (bis 1976 wurden circa 70.000 Fässer mit Plutonium- und Cäsiumabfall vor der amerikanischen Küste im Pazifik versenkt), Schuß in den Weltraum, Vergraben im Untergrund ...

Selbst Klaus Kühn, einer der Hauptverantwortlichen für den seit 1967 in dem Salzbergwerk ASSE bei Wolfenbüttel eingelagerten Atommüll – erkennt 1976: „Das Grubengebäude (Asse) mit seinen Kammern, Pfeilern und Schweben stellt gebirgsmechanisch gesehen ein relativ kompliziertes Gebäude dar. Es ist mit den heute zur Verfügung stehenden Meß- und Rechenmethoden noch nicht möglich, eine gesicherte Aussage über die Standfestigkeit dieses Grubengebäudes für einige hundert oder gar tausend Jahre zu machen ...“.

Was nun das Atommüll-Lager

im Salzbergwerk ASSE II betrifft (vom Niedersächsischen Umweltministerium neuerdings als „ENDLAGER-FORSCHUNGSBERGWERK ASSE“ bezeichnet), so fällt es mir schwer, im Umgang mit den Urhebern und Betreibern des aktuellen Flutungskonzepts die Fassung zu bewahren. Bei der Ausarbeitung des Konzepts waren offensichtlich wissenschaftliche und technische Laien am Werk. Der Begriff „Schutzfluid“ ist in diesem Zusammenhang eine Zumutung. Unbestritten wird durch die beabsichtigte Flutung das Grubengebäude stabilisiert – aber um welchen Preis? Mit dem Einbringen des „Schutzfluids“ (eine gesättigte wässrige Magnesiumchloridlösung) wird die Gefahr eines Kontakts mit der radioaktiven Fracht erheblich erhöht. Für die Korrosion und für radiolytische Prozesse wird damit ein geradezu ideales Reaktionsmilieu geschaffen.

Das geht auch aus einem Wis-

Fakten und Daten

Bis 1964	Salzgewinnung im Salzbergwerk Asse bei Wolfenbüttel
ab 1967	Einlagerung von sogenannten schwach- und mittelaktiven Atommüll „für Forschungszwecke“
bis 1978	zum Teil gestapelt, zum Teil nach Versturz mit Salzgrus zugeschüttet: 125.000 Gebinde mit schwachradioaktivem Müll 1.300 Fässer mit mittelradioaktivem Müll zusammengepreßte und aufgebrochene Gebinde nachgewiesen zum eingelagerten Material gehören auch beträchtliche Mengen an Plutonium und anderen Transuranen
seit 1988	Laugenzufluss unbekannter Herkunft auf unterschiedlichen Sohlen, insgesamt 52.000 Kubikmeter, derzeit 11,5 Kubikmeter pro Tag
1992	Beendigung der „Forschungsarbeiten“
ab 1995	Verfüllung mit Abraumsalzen des Kaliwerks Ronnenberg
bis 2004	2,2 Millionen Tonnen Versatz eingebracht,
derzeit	Planung und Vorbereitung einer Flutung mit gesättigter Salzlauge („ Schutzfluid “)
Durchführung der Ausbau- und Einlagerungsmaßnahmen nicht nach Atomgesetz, sondern nach Bergrecht!	

senschaftlichen Bericht aus dem Jahre 2003 hervor [7]. Dort heißt es: „Gelingen wässrige Lösungen in das Nahfeld eines Endlagers, unterliegen die Abfallgebäude sowie die umliegenden geotechnischen Barrieren einer Vielzahl chemischer Reaktionen. Durch ablaufende Lösungs- und Transportprozesse können Radionuklide aus den Abfallgebänden remobilisiert und aus dem Nahfeld eines Endlagers transportiert werden.“

Aus diesen Gründen wird in allen bekannten Konzepten zur Endlagerung nachdrücklich erwähnt, daß unter allen Umständen ein Wasserzutritt verhindert werden muß. Kann das nicht garantiert werden, so ist damit der anvisierte Standort obsolet.

Kann die Radioaktivität zurückgehalten werden?

Zur Beurteilung der Rückhaltungswirkung müssen genaue Kenntnisse zur chemischen Wechselwirkung zwischen Problemelementen, Lagerungs- und Verfüllmaterial, dem Wirtsgestein und vor allem den Salzlagern vorliegen.

Bis zur Stunde sind jedoch weitgehend unbekannt

- das Verhalten und das Zusammenwirken der ganz unterschiedlich wirkenden Radionuklide,
- die Transportmechanismen, das Sorptionsverhalten sowie die Kolloidbildung,
- die Chemie der Transurane in wässrigen Lösungen und Schmelzen,
- die katalytischen Effekte an den Grenzschichten fest/flüssig unter Strahleneinwirkung [8],
- die Schädigung radioaktiver Aerosole und radioaktiver Feinststaubpartikel [6],
- die Korrosionsprozesse an bestrahlten und kontaminierten Materialien
- die Wechselwirkung der Radionuklide mit nichtra-

dioaktiven Stoffen (Stahl, Beton, Asphalt, Austauschharze etc.)

- und vieles mehr

Was geschieht zum Beispiel beim Kontakt der wässrigen Lauge („Schutzfluid“) mit Plutonium (Pu-239) und den anderen Transuranen (auch Actinide genannt)? Kann dann die erforderliche Langzeitsicherheit noch gewährleistet werden? Diesbezügliche Untersuchungen zur aquatischen Chemie der Transurane befinden sich noch im Anfangsstadium. Diese Transurane haben die teuflische Eigenschaft, daß ihre Radioaktivität durch die in der Zerfallskette gebildeten stärker strahlenden Isotope im Verlauf der Einlagerung sogar zunimmt.

Dazu äußert sich die Gesellschaft Deutscher Chemiker 2005 wie folgt: „Um nukleare Abfälle in tiefen geologischen Formationen wie Salzstöcken sicher und auf Dauer lagern zu können, muß bekannt sein, wie sich die Actiniden in der Geosphäre verhalten. Denn nicht nur durch langlebige Spaltprodukte kann Gefahr drohen, auch die Actiniden selbst, früher unterschätzt, bergen Umweltrisiken: Dringt Wasser in das Lager ein, könnten die Radionuklide in die Biosphäre gelangen. (...) Diese Prozesse müssen verstanden sein, wenn verlässliche Prognosen das Ziel sind.“

Es ist unverantwortlich bei einem derartig defizitären Kenntnisstand, radioaktiv strahlenden Atommüll nicht-rückholbar zu vergraben. Atommüll, der für Hunderttausende von Jahren gefährlich bleibt, von dem niemand weiß oder mit Sicherheit voraussagen kann, was in einem verschlossenen Endlager damit passiert. Man gewinnt den Eindruck, daß es bei den Befürwortern und Akteuren des Flutungskonzepts an der Kompetenz zur Beurteilung chemischer, kernchemischer und strahlenchemischer Prozesse fehlt. Die erwähnten De-

fizite sind gravierend und alarmierend. In Anbetracht der Tragweite dieser Unterlassungen sind daher die sogenannten „Sicherheitsberichte“ als unvollständig und irreführend zurückzuweisen.

Stoffliche Veränderung unter Bildung von Gasen und hochtoxischen Substanzen

Die vorliegenden Sicherheitsbetrachtungen beruhen auf simulierten Endlagerbedingungen. Die Modelle zu mutmaßlichen Änderungen des geochemischen Milieus beruhen auf mathematischen Berechnungen. Diese Modellsysteme bilden keineswegs die Realität ab. In Ermangelung von Langzeitexperimenten stützen sich alle Aussagen zur Stabilität und Rückhaltung eingelagerter Radionuklide auf solche Rechenmodelle. Es sind hilflose Versuche etwas zu modellieren, was bei der Vielzahl der Komponenten (stoffliche Vielfalt) und der Unüberschaubarkeit der Einflussgrößen und Reaktionszeiten nicht modellierbar ist. Atommüll, die korrodierende Gebinde, das Versatzmaterial (Nahfeld) und das umgebende Wirtsgestein (Salzstock) bilden über Jahrhunderte und Jahrtausende ein **multiples dynamisches Reaktionssystem**, dessen Veränderung prinzipiell nicht prognostizierbar ist. Sicher ist, daß neben der bereits vorhandenen Radiotoxizität auch andere hochgiftige Substanzen (Dioxine etc.) entstehen können.

Über die Beherrschung und Auswirkung der Gasbildung (vorrangig durch Korrosion und Radiolyse) fehlen belastbare Informationen. Dazu noch einmal aus einer Stellungnahme der Gesellschaft Deutscher Chemiker aus dem Jahre 2005: „Gelingen hochkonzentrierte Magnesiumchlorid- bzw. Natriumchlorid-reiche Salzlösungen in das Nahfeld eines Endlagers, werden die herrschenden pH-Werte und Redoxbedingungen durch

die Radiolyse und die Behälterkorrosion verändert. Die Radiolyse führt zur Bildung von Wasserstoff, Sauerstoff und gelösten Chloriten ...“. Es geht aber nicht nur um Wasserstoff und Sauerstoff – als Knallgas schon gefährlich genug –, auch Methan, Schwefelwasserstoff und andere Spaltgase treten in der Nachbetriebsphase auf. Dieses Gasgemisch ist brennbar, giftig und hoch explosiv.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß diese kontaminierten Gase sich im Grubengebäude verteilen oder bei anwachsendem Gasdruck sogar entweichen. Die entstehenden Gase sind in der Lage, radioaktive Flüssigkeiten über Klüfte und unbekannte Wegsamkeiten bis in den Grundwasserbereich zu pressen. Im schlimmsten Fall kann das gesamte Grubengebäude zusammenbrechen, eine Katastrophe, die zweifellos Auswirkungen bis in die Biosphäre hätte. Dazu aus der RSK-Stellungnahme „Gase im Endlager“ aus dem Jahr 2005: „Bei einem undurchlässigen Wirtsgestein können die Gasdrücke bei entsprechender Gasbildung den Gebirgsdruck überschreiten ...“ [9]

Fazit

1. Die Langzeitsicherheit für das schwach- und mittelradioaktive Inventar in ASSE II ist bisher nicht nachgewiesen worden. Die Kenntnisse über die in der Nachbetriebsphase unvermeidlich ablaufenden chemischen Reaktionen und Transportprozesse sind so lückenhaft, daß eine verlässliche Prognose nicht möglich ist. Wesentliche Annahmen zur Langzeitsicherheit beruhen auf Modellrechnungen, deren Zuverlässigkeit nur unzureichend geprüft ist. Viele Einflussgrößen sind nicht erfaßt bzw. werden in einer Weise bewertet, die der Realität nicht gerecht wird. Was bisher an Sicherheitsberichten präsentiert wurde, ist eher ein Beweis für die Unsicherheit.

2. Eine Flutung des Atom-mülllagers mit Salzlauge ist mit einem hohen Risiko verbunden. Die unvermeidbare Bildung von gefährlichen Gasen und kontaminierten Flüssigkeiten und ein dadurch verstärkter Transport radioaktiven Materials bis in die Biosphäre kann dann nicht ausgeschlossen werden. Mit der Flutung würde erstmalig (in der Welt) ein „nichtrückholbares Endlager“ geschaffen. Eine Bergung oder eine Kontrolle des Atommülls wäre damit für alle Zeiten ausgeschlossen.

3. Gegenüber einem verschlossenen, also nicht mehr zugänglichen Endlager würde die Bergung des Asse-Inventars und eine Zwischenlagerung außerhalb des Grubengebäudes oder (nach Freilegung der verschütteten Gebinde) die Schaffung zugänglicher, gesicherter Kammern im Grubengebäude die Möglichkeit eröffnen

- kontinuierliche Kontrollen durchzuführen,

- Leckagen abzudichten und,
- im Bedarfsfall den Atommüll erneut zu konditionieren.

Wie ist es zu erklären, daß von den Betreibern weder die frühen wissenschaftlich begründeten Bedenken noch die Erkenntnisse aus den jüngeren, oben erwähnten Stellungnahmen berücksichtigt wurden? Ist es Leichtsinn, ist es Inkompetenz, ist es Fahrlässigkeit? Ist es mangelnde Vorstellungskraft, die daran hindert zu überlegen, was womöglich in 100, in 1.000 oder gar in 10.000 Jahren sein wird? Oder ist es womöglich bewußte Mittäterschaft an einem lebensbedrohlichen Großexperiment, dessen Auswirkungen nicht prognostizierbar und schon gar nicht korrigierbar sind? Dann ist es Wahnsinn oder ein Verbrechen.

Abkürzungen:

GRS Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH, Köln

FZK Forschungszentrum Karlsruhe (früher KFU Kernforschungszentrum Karlsruhe)

RSK Reaktorsicherheitskommission beim Bundesamt für Strahlenschutz

GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Neuherberg

Literatur:

1. W. BRAUNBEK „Atomenergie in Gegenwart und Zukunft“, Kosmos, Stuttgart 1953
2. AMORY B. LOVINS und JOHN H. PRICE, „Non-Nuclear Futures – The Case for an Ethical Energy Strategy“, Harper&Row Publishers, N.Y., Cambridge 1975
3. C.F. BARNABY, Science Journal 1970
4. KINGSLEY DUNHAM, OECD-NEA/IAEA, page 1173, 1972
5. HANNES ALFVEN, Bull. Atom. Sci., 28,5,5, 1972
6. A.C. CHAMBERLAIN, „Radioactive aerosols“, Cambridge Univ. Press, Cambridge UK 1991
7. z.B. Wissenschaftliche Berichte FZKA 6910, Forschungszentrum Karlsruhe, „Untersuchungen zur Sicherheit von Endlagern für radioaktive Stoffe nach ihrem Verschluss“ und die dort

enthaltene Literatur, BMU – 2003 – 618, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, 2003

8. - Interfacial Radiolysis – Effects in Tank Waste Speciation, Progress Report, Pacific Northwest National Lab., June 1 1997

- LAV TANDON “Radiolysis of Salts and Storage Issues for Both Pure and Impure PuO₂ Materials in Plutonium Storage Containers”, LA-13725-MS, Los Alamos Nat. Lab., New Mexico, May 2000

9. RSK-Stellungnahme „Gase im Endlager“, Kap. 6.2 „Druckaufbau durch Gasbildung“, 379. Sitzung 2005

Zum Verfasser:

Prof. Dr. Rolf Bertram war bis zu seiner Emeritierung Leiter des Instituts für Physikalische Chemie und Elektrochemie an der Technischen Universität Braunschweig. Der hier dokumentierte Text ist die schriftliche Fassung eines Vortrags vom 27. November 2006 an der Technischen Universität Braunschweig. Kontakt: IFB - Göttingen, www.ifb-goettingen.de, bertramrolf@aol.com

Atommüll

Studie: Keramiken sind zum Einschluß von Plutonium nicht optimal

Künstliche Keramiken sind nicht das ideale Material für die dauerhafte Lagerung des radioaktiven und giftigen Elements Plutonium, warnen britische und amerikanische Forscher. Denn die Keramikverbindungen werden durch die vom Plutonium ausgehende Alpha-Strahlung bis zu fünfmal schneller zerstört als bisher angenommen. Das Material könne deshalb bereits nach 1.400 Jahren seine Schutzfunktion nicht mehr erfüllen. Angestrebt wird dagegen eine Haltbarkeit von rund 250.000 Jahren, das ist etwa die 10-fache Halbwertszeit von Plutonium-239. Überwiegend aus der sogenannten zi-

vilen Nutzung der Kernenergie und zum Teil auch aus den Waffenprojekten der Supermächte lagern weltweit rund 2.000 Tonnen Plutonium.

Die Forscher um Ian Farnan von der Universität Cambridge in England untersuchten mit Hilfe eines Kernspintomographen die Schäden, die radioaktive Strahlung aus dem Plutonium in einer Keramikverbindung verursacht. Hintergrund der Untersuchung ist die Idee, das besonders wegen seiner langen Halbwertszeit kritische Element chemisch in Keramikverbindungen einzubauen, um es auf Dauer zu lagern. Das hätte nicht nur den

Vorteil, daß es keine Radioaktivität mehr nach außen abgibt, sondern daß es für potentielle Waffenbauer auch kaum noch nutzbar wäre, weil es dann nicht mehr in reiner Form vorliegt.

Die von dem Plutonium ausgehende Alpha-Strahlung zerstört jedoch die Kristallstruktur eines Keramikmaterials viel schneller als vermutet, wiesen Farnan und Kollegen nun nach: Die Alpha-Strahlung kann demnach Atome aus dem Gittergerüst einer solchen Verbindung heraus schlagen und so die Struktur nach und nach auflösen. Erprobt haben die Wissenschaftler die Wirkung an dem Mineral Zirkon, das in der Natur häufig vorkommt und bisher wegen seiner Stabilität als günstiges Material für die Lagerung von Plutonium und ähnliche radioaktive Stoffe galt, sogenannte Actinide. Natürliche Zirkone sind äu-

ßerst stabil, manche sind fast so alt wie die Erde.

Die Ergebnisse der Forscher könnten nun bedeuten, daß die Strategien für die Lagerung des radioaktiven Materials völlig neu überdacht werden müssen, kommentiert der Geowissenschaftler Rodney Ewing die Ergebnisse. Reinhard Odoj vom Forschungszentrum Jülich dagegen betrachtet Keramik dennoch als das beste Einschlußmaterial. Entscheidend für die Endlagerung sei, ob das Material das Herausspülen radioaktiver Stoffe durch Grundwasser verhindere. Darüber aber schreibe Farnans Gruppe nichts, meint Odoj und will erst noch weitere Untersuchungen abwarten.

Ian Farnan, Herman Cho, William J. Weber: Quantification of actinide – radiation damage in minerals and ceramics; Nature 445, 190-193 (11 January 2007).