

## Atommüll-Lager

# Physikalisch-Chemische Prozesse im schwach- und mittelaktiven Atommüll in der Schachtanlage ASSE II – eine unterschätzte Gefahr

Von Rolf Bertram\*

**Gefahren für Mensch und Umwelt, die mit der Lagerung von schwach- und mittelaktivem Atommüll verbunden sind, wurden bisher unterschätzt. Erst durch die jüngst bekannt gewordenen Ereignisse in der Schachtanlage ASSE II bei Wolfenbüttel wird zunehmend bewußt, daß bedingt durch die stoffliche Vielfalt in dieser Atommüllkategorie unüberschaubare sicherheitsgefährdende Prozesse ausgelöst werden. Unvermeidbare Veränderungen und Störungen des gesamten Systems durch geochemische und radiochemische Reaktionen als Folge der Wechselwirkung zwischen den radioaktiven und nicht-radioaktiven Komponenten werden bis zur Stunde zu wenig beachtet. Durch permanente Änderungen aller Systemeigenschaften wird eine dauerhafte Dynamik ausgelöst, deren Tragweite bis zur Stunde nur unzureichend wahrgenommen wird. Noch immer fehlen eine gründliche Erfassung der wirkenden Einflußfaktoren sowie eine gründliche Analyse der ineinandergreifenden Wechselwirkungen und damit auch**

**eine umfassende Bewertung. Gegenwärtig verwendete Modelle zu den geochemisch basierten Sicherheitsnachweisen sind unvollständig, da sie langfristig ablaufende komplexe Vorgänge in einem Endlager und neuere wissenschaftliche Erkenntnisse weitgehend außer Acht lassen.**

## Atommüll-Lager als hochkomplexe dynamische Systeme

Seit Jahrzehnten wird versucht, Endlager für radioaktive Rückstände zu finden, die auch für geologische Zeiträume eine ausreichende Sicherheit gewährleisten (Langzeitsicherheit). Wegen der Halbwertszeiten der in den Zerfallsketten auftretenden langlebigen Radionuklide wird ein sicherer Abschluß von der Biosphäre für 1 Million Jahre gefordert.

Systeme mit vielen Komponenten und Einflußgrößen, deren Eigenschaften und Wechselwirkungen nur unzulänglich oder gar nicht bekannt sind, sind hochkomplex. Die Dynamik kommt dadurch zustande, daß sich solche Systeme unter dem Einfluß vielfältiger Wechselwirkungen ständig und irreversibel räumlich und stofflich verändern.

In tradiertem Manier wird noch immer versucht, die Eigenschaften einzelner vermeintlich maßgebender Komponenten und die auf sie wirkenden Einflüsse zu erfassen, um

so – quasi additiv – auf das Verhalten des Gesamtsystems zu schließen.

**„Das Ganze ist (aber) mehr als die Summe seiner Teile“ [1]**

Ein Endlager mit veränderlichen Komponenten und Einflußgrößen ist kein statisches System. Die einzelnen Komponenten und Prozesse – durch gegenseitige Regulierung und Rückkopplung miteinander verknüpft – zeigen typische Merkmale vernetzter Systeme. Zu deren Erfassung und Bewertung sind neue Kriterien und Strategien zu entwickeln. Für eine belastbare Analyse komplexer Zusammenhänge reichen die für einfache Systeme entwickelten und erprobten Erklärungsmuster nicht aus [2].

Bei den Versuchen, das dynamische System eines Endlagers zu prognostizieren, werden unter anderem Gesetzmäßigkeiten der klassischen Thermodynamik herangezogen, ohne sich bewußt zu werden, daß deren Anwendung auf komplexe Systemzusammenhänge beschränkt oder sogar unzulässig ist. Auch mit den Mitteln der Irreversiblen Thermodynamik ist die Dynamik der chemischen und physikalischen Komplexität von Stoffgemischen nur unvollständig zu erfassen [3].

Die bisher in Wissenschaft und Technik verwendeten (und für einfache Systeme auch bewährten) Argumentations- und Erklärungsmuster werden der Sachlage nicht gerecht. Hochkomplexe Systeme sind durch einfache logische Schlussfolgerungen (Monokausalketten) nicht zu beschreiben. Hier sind Anleihen zu machen bei der modernen Komplexitätstheorie, die durch ein Systemmanagement mit prozessualem Charakter gekennzeichnet ist. Neu auftauchende Fakten und Daten während des Klärungsprozesses wirken auf die gewählten Kriterien- und Bewertungsregime zurück, werden gewis-

sermaßen an den jeweiligen Erkenntnisstand angepasst. Begleitend werden dabei die zugrundeliegenden Hypothesen ständig auf ihre Widerspruchsfreiheit und ihren Geltungsbereich überprüft.

Da mit zunehmender Komplexität die Ungewissheit wächst, ist jenseits einer gewissen Komplexität eine belastbare Modellbildung nicht mehr möglich, ja nicht einmal mehr eine plausible Abschätzung. Technische Maßnahmen, die auf ungesicherten Grundannahmen beruhen, sind daher unausweichlich mit großen Risiken behaftet.

## Defizitäre Datenlage erschwert eine Bewertung der Stilllegungskonzepte der Schachtanlage ASSE II

Die größten Hindernisse bei der Bewertung des Asse-Systems sind die unvollständige Erfassung des Gesamtinventars sowohl qualitativ wie quantitativ, die mangelnde Sortierung und Trennung sowie die nur unzureichend bekannte Verbringung der radioaktiven Abfälle. Weiterhin erschwert die Vermischung des radioaktiven und nichtradioaktiven Abfalls in den einzelnen Gebinden, darunter brennbare und chemotoxische Bestandteile (Sonderabfall), eine Bewertung.

## Auswahl von nicht ausreichend untersuchten Effekten/Eigenschaften im ASSE-System

- Sorption freigesetzter Radionuklide
- Bildung von Sekundärphasen bei der Umlösung
- Löse- und Reaktionsvermögen konzentrierter Salzlösung
- Korrosion unter ionisierender Strahlung
- Grenzschnitt- und Strahlenkatalyse
- Strukturveränderungen der vorhandenen Feststoffe
- Verbindungsformen der Radionuklide (elementar, oxidisch etc.)

\* Prof. Dr. Rolf Bertram, Bertramrolf@aol.com

- Sorptionseigenschaften von Mineralphasen und Mineralreaktionen
- Reaktionen durch radikalische Radiolyseprodukte
- Strahlenchemische Prozesse durch Gamma- / Alpha-Strahlung
- galvanische Effekte durch Metallkombinationen
- Chemie und Kinetik der Aktiniden z.B. U, Pu, Am
- Komplezierungsreaktionen unter Strahleneinfluß
- Veränderung des geochemischen Milieus
- Veränderung der Abfallmatrix unter Bestrahlung
- Wechselwirkung zwischen Radionukliden und Kolloiden
- Eigenschaften von Gasen und Gasmischungen
- Synergistische Effekte in Mischphasen

Zur Abschätzung dieser Prozess-Vielfalt liegen weder ausreichende Messdaten noch belastbare Modelle für die einzelnen Prozessschritte vor.

Die Einzelprozesse sind prinzipiell bekannt. Ihr standortspezifisches Zusammenspiel und dessen Folgen sind bisher ungeklärt. Es ist zu befürchten, daß zeitraubende aufklärende Untersuchungen unter dem herrschenden Zeitdruck nicht durchgeführt werden.

Im Falle eines Wasser- oder Laugeneinbruchs kommt es unvermeidbar zu Korrosionsschäden an den Behälterwänden und schließlich zur Freisetzung des kontaminierten Inhalts. Für die Mobilisierung der Radioaktivität und damit für das Gefährdungspotential ist entscheidend, wie die freigesetzten Radionuklide chemisch untereinander und mit den nichtradioaktiven Bestandteilen des übrigen Inventars und mit dem salinaren Umfeld reagieren.

Von den ungeklärten physikalisch-chemischen Prozessen im ASSE-System (siehe vorstehende Auflistung) sind sicherheitsgefährdende Gasbildungsreaktionen besonders zu beachten.

Laut Inventarlisten sind im LAW/MAW große Mengen an Metallen, wasserstofftragende Verbindungen wie Zellulose, Polyvinylchlorid, Polyethylen, Plexiglas, Öl etc. vorhanden, Komponenten also, zwischen denen unter den herrschenden Bedingungen (Druck, Temperatur, ionisierende Strahlung) zahlreiche Gasbildungsreaktionen ablaufen werden.

Als Gase entstehen durch Radiolyse (relativ hohe Konversionsraten, G-Werte zwischen 0,3 und 11(!)), durch chemothermische Zersetzung, durch Korrosion und durch bakterielle Prozesse unter anderem Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Methan, Sauerstoff, Stickoxide, Chlor, Wasserdampf. Da diese im selben Compartment (Gebinde, Einlagerungskammer) auftreten, können entzündbare, explosive und toxische Gasgemische entstehen.

Die Gase sind in der Regel kontaminiert, so daß durch sie Radioaktivität über Wegsamkeiten bis in die Biosphäre transportiert werden kann [4].

### Resümee

Über die physikalischen und chemischen Prozesse im ASSE-Inventar und den daraus folgenden geologischen und geochemischen Ereignisabläufen in der Schachanlage Asse gibt es zahlreiche Modellvorstellungen aber wenig gesicherte Erkenntnisse [5].

Die bleibende Gefährdung geht in erster Linie von den langlebigen Radionukliden und deren Wechselwirkung mit den großen Mengen an nichtradioaktiven Stoffen aus. Gegenwärtig läßt die defizitäre Datenlage eine belastbare Prognose nicht zu. Ohne Ortung und Spezifizierung der Komponenten ist eine Modellierung der unvermeidbar ablaufenden geochemischen Reaktionen kaum möglich. Auch computergestützte Modellbildungen, die auf den ersten Blick plausibel erscheinen, werden der Komplexität in

Zeit und Raum nicht gerecht. Eine Modellierung der durch die Einlagerung in der Schachanlage Asse ausgelösten geochemischen Ereignisse muß die Dynamik des gesamten Systems einbeziehen.

In der Vergangenheit wurden Handlungsanweisungen empfohlen und Maßnahmen ergriffen, die sich auf eine bruchstückhafte und keineswegs ausreichende Datenlage stützten.

Statt einer realistischen Sicherheitsbewertung dienen sogenannte „plausible Sicherheitsnachweise“ als Rechtfertigung. Ohne Berücksichtigung jüngster Erkenntnisse aus der Systemdynamik sind Entscheidungen über potentielle Stilllegungs-Maßnahmen, die mit schwerwiegenden und bleibenden Folgen verbunden sein können, nicht zu verantworten.

In dem derzeitigen Spagat zwischen der Notwendigkeit zügig handeln zu müssen und der Erkenntnis, daß alle Voraussagen (zur Langzeitsicherheit) wegen der defizitären Datenlage mit großen Unsi-

cherheiten behaftet sind, wäre übereilter Aktivismus der falsche Weg.

Auch bei den Entscheidungsträgern wird zunehmend bewußt, daß der derzeitige Kenntnisstand nicht ausreicht, um eine absolut sichere und radiologisch unbedenkliche Verwahrung des gesamten Inventars zu gewährleisten, und daß alle zur Zeit diskutierten Konzepte bestenfalls eine nachhaltige Schadensbegrenzung und Risikominimierung bewirken.

1. „Das Ganze aber ist, wie bereits Aristoteles lehrte, mehr als die Summe seiner Teile.“ Georgi Schischkoff, Hg. Philosophisches Wörterbuch. Stuttgart: Kröner 1982, 21. Auflage, S. 211
2. Vester F.: „Die Kunst, vernetzt zu denken“, DVA, Stuttgart 1999
3. Prigogine I.: „The End of Certainty“, N.Y., The Free press, 1997
4. Nigrey P.J.: „Gas Generation Phenomena in Radioactive Waste Transportation Packaging“, received Nov. 1997, US. Government Nr. 19980416 074 und dort angegebene Literatur.
5. Fanghänel Th. u.a.: in Wissenschaftliche Berichte FZKA 7033, 2003

### Atommüll-Lager

## Die Erforschung von Strahlenwirkung im Salzgestein ist in Deutschland offenbar unerwünscht

Der Dialog zwischen dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und dem niederländischen Experten Prof. Henry W. den Hartog stockt seit geraumer Zeit. Den Hartog untersucht in Groningen den Einfluß radioaktiver Strahlung auf Salzgestein, ein Gebiet, daß bei der Debatte um mögliche Wirtsgesteine für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle von großer Bedeutung ist. Warum kommt der Dialog nicht zustande? Aus Sicht des

Wissenschaftlers ignoriert das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) dessen Forschungsergebnisse. Er wandte sich jetzt mit einer Erklärung an die Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg (BI): „Es ist inzwischen offensichtlich, daß es in Deutschland noch immer starke Vorbehalte gegen die Erforschung der strahlenbedingten Schädigung von Steinsalz gibt; vermutlich wegen Behauptungen in der Vergangenheit, daß das