

kraftwerkes, die Leukämiehäufung bei Kindern konnte aber auf unsachgemäßes diagnostisches Röntgen in einer ganz konkreten Arztpraxis zurückgeführt werden, also auch auf eine Form von Strahlenbelastung. Das wußte die Journalistin. Als sie Kaatsch damit konfrontiert und noch

einmal nach den vielen Clustern in Deutschland fragt, bricht er das Interview genervt ab und verläßt ziemlich erregt den Raum.

Es ist wirklich schwer nachzuvollziehen, was die Autoren mit ihrer Studie eigentlich zeigen wollten. **S.P.**

Schmiedel, Sven, M. Blettner, P. Kaatsch, J. Schüz: Spatial clustering and space-time clusters of leukemia among children in Germany, 1987-2007; Eur J Epidemiol (2010) 25:627-633.
Gesine Enwaldt: Die Atomlüge, 45 Minuten, NDR, 2010
Leukämieclustern auf der Spur – Entenjagd in der Umgebung der neuen Kinderkrebsstudie des

Mainzer Kinderkrebsregisters; Strahlentelex 508-509, 22. Jahrgang, 6.3.2008: www.strahlentelex.de/Stx_08_508_S01-02.pdf
Greaves, M: Science, medicine, and the future: childhood leukemia. BMJ 2002; 324(7332):283-287. ●

Atommüll im Salzbergwerk

Streit um Risiken und Nebenwirkungen bei einer Flutung des Atommüll-lagers Asse II

Bei einer Flutung des Atommülllagers Asse II mit einer gesättigten Magnesiumchloridlösung als „Schutzfluid“ – im Notfall oder als geplante Stilllegungsoption – bestehe kein Schutz gegen sicherheitsgefährdende chemische Prozesse. Davor warnte der emeritierte Professor am Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Technischen Universität Braunschweig Dr. Rolf Bertram in der März-Ausgabe des Strahlentelex (Strahlentelex 556-557 vom 04.03.2010). Das ursprünglich als Vorbild für ein Atomendlager im Salzstock von Gorleben dienende „Versuchsbergwerk“ Asse II bei Wolfenbüttel wurde als illegale Atommülldeponie betrieben und ist nun akut vom Einsturz bedroht. Zur Orientierung bei der Vorbereitung von

Maßnahmen zur Havarie-Abwehr dient gegenwärtig eine im Jahre 2005 vom Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH, einem Tochterunternehmen der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, erstellte Studie „Realistische und maximale Gasbildung in der Schachanlage Asse“ (ISTec-A-979, Köln Juli 2005).

Rolf Bertram kritisierte grundsätzliche Defizite diese Studie. Gegen diese Kritik wenden sich jetzt die Autoren der ISTec-Studie, der Chemiker Dr. Guido Bracke und der Diplom-Physiker Wolfgang Müller, Leiter der Stabsstelle Forschung & Entwicklung des ISTec. Sie werfen Bertram vor, sich auf „exotische Reaktionen“ zu berufen. Dem widerspricht Rolf Bertram, es handle sich im Gegenteil um mit Sicherheit ablaufende Reaktionen und er verweist auf die inzwischen offenbar gewordene Einlagerung einer Vielzahl hochaktiver Gebinde, die die Gasbildung maßgeblich beeinflussen.

Strahlentelex dokumentiert nachfolgend diese Auseinandersetzung. Der Ausgangsartikel von Rolf Bertram („Risiken und Nebenwirkungen“ bei einer Flutung des Atommülllagers Asse II mittels Schutzfluid; Strahlentelex 556-557/2010, S.10-14) kann im Internet unter www.strahlentelex.de/Stx_10_556_S10-14.pdf abgerufen werden.

ISTec: „Kein Korrektur- oder Ergänzungsbedarf“

Kommentare zum Artikel von Rolf Bertram: „Risiken und Nebenwirkungen bei einer Flutung des Atommüll-lagers Asse II mittels Schutzfluid“ (Strahlentelex, Nr. 556-557, 04.03.2010)

Von Wolfgang Müller und Guido Bracke*

Einleitung

Rolf Bertram kommentiert in seinem Beitrag „Risiken und Nebenwirkungen bei einer Flutung des Atommülllagers Asse II mittels Schutzfluid“ für das Strahlentelex /BER 10/ eine Stilllegungsoption für die Schachanlage Asse, die unter Anderem eine Verfüllung der verbleibenden Resthohlräume der Einlagerungsbereiche mit einer MgCl₂-Lösung vorsieht.

Da sich der Autor bei seiner Kommentierung weitgehend auf den ISTec-Bericht „Realistische und maximale Gasbildung in der Schachanlage Asse (ISTec-A-979)“ bezieht /IST 05/ und dabei auf grundsätzliche Defizite aus seiner Sicht hinweist, sieht sich ISTec zu einer Stellungnahme veranlasst, die die Einhaltung des Standes von Wissenschaft und Technik in Bezug auf die

aufgeworfenen Kritikpunkte zeigt.

Die von R. Bertram vorgetragenen Argumente und Schlussfolgerungen werden im vorliegenden Beitrag abschnittsweise zusammengefasst wiedergegeben. Danach erfolgt jeweils eine Stellungnahme durch das ISTec, die zur optischen Unterscheidung in *kursiv* gehalten ist.

Allgemeines

R. Bertram geht von der Prämisse aus, dass die Prozesse, die nach einer Umsetzung der eingangs erwähnten Stilllegungsoption in der Asse ablaufen, langfristig weder prognostizierbar noch abschätzbar sind. Als Begründung wird eine Vielzahl von möglichen sicherheitsrelevanten chemischen, elektrochemischen und strahlenchemischen

Prozessen und deren Komplexität in wässrigen Lösungen genannt. Er stellt fest, dass diese Prozesse nicht-linearer Natur sind und sich daher einer Simulation entziehen.

Aus Sicht von ISTec wird damit jeglicher Ansatz einer Systembeschreibung nicht-linearer Systeme im Grundsatz und pauschal als unmöglich beurteilt. Dies widerspricht der gängigen Praxis, nicht nur im Bereich der Sicherheitstechnik, komplexe, insbesondere nicht-lineare Systeme modellhaft zu beschreiben. Gerade bei Planung und Betrieb von technischen Anlagen wird in wachsendem Maße auf die Simulation von Prozessabläufen gesetzt. Das gilt gerade für nicht-lineare Prozesse, die sich der Anschauung im Allgemeinen schwerer erschließen.

Chemische Prozesse in wässrigen Lösungen

Die konkreteren Einwände von R. Bertram gegen die Stilllegungsoption der Schachanlage Asse mit dem o.g. Konzept beruhen wesentlich auf dem Hinweis, dass es in wässrigem chemischen Milieu nicht nur zu thermisch induzierten Reaktionen kommen kann, sondern auch radiochemische und elektrochemische Prozesse mitwirken. Ferner werden Aussagen zur Reaktionskinetik und der inhomogenen Verteilung der Prozessparameter getroffen. Im Ergebnis wird wiederum festgestellt, dass diese Vorgänge nicht erfassbar sind.

Nicht-lineare Prozesse sind mitunter komplex und damit schwer nachvollziehbar. Insofern wird der Charakterisierung der nicht-linearen Prozesse als im Allgemeinen wenig anschaulich gefolgt. Die sich daraus ergebenden Anforderungen an eine Modellierung/Simulation schließen eine Machbarkeit der Modellierung/Simulation aber nicht aus. Die modellierten Abläufe und Prozesse sollten möglichst realitätsnah und nachvollziehbar sein sowie eine Signifikanz erwarten lassen.

Asse-relevante Prozesse

R. Bertram führt aus, dass beispielsweise die Korrosion von Metallen und die Löslichkeit der Abfallinhaltsstoffe erheblich von dem chemischen Milieu im Nahfeld der Einlagebereiche abhängen. Die dadurch unter Umständen bewirkten Transport- und Umlöseprozesse in wässrigen Lösungen sind grundsätzlich auch in der Schachanlage Asse möglich. Auf entsprechende Unterlagen der Schachanlage Asse zur Charakterisierung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars sowie des chemotoxischen Inventars wird hingewiesen.

Aus unserer Sicht ergibt sich aus der für die Schachanlage Asse wenig spezifischen Form der Darstellung keine Not-

wendigkeit zu vertieften und/oder grundsätzlich anderen Schlussfolgerungen. Erst zu Fragestellungen und zu Schlussfolgerungen von R. Bertram in den folgenden Abschnitten seines Beitrags wird eine konkretere Stellungnahme möglich.

Gas bildende Prozesse

Dieser Abschnitt spricht die Beherrschung der Gasbildung im Endlager als eine konkrete, sicherheitstechnisch zu behandelnde Aufgabe an und nimmt Bezug auf die ISTec-Studie /IST 05/. Die Studie wird als Versuch gewertet, einem Auftrag nachzukommen, der nicht erfüllt werden kann. R. Bertram kündigt die Benennung grundsätzlicher Defizite an.

Die Studie /IST 05/ dokumentiert unseres Erachtens hinreichend ihre Aufgabenstellung, Ziele, Annahmen und Ergebnisse, so dass es keiner solchen Wertung bedarf. Die Studie hat zum Ziel, eine „realistische sowie eine maximale Gasbildung in der Schachanlage Asse“ entsprechend dem Stand der Technik zu ermitteln.

Auf die „grundsätzlichen Defizite“ gehen die nachfolgenden Abschnitte ein.

Nichtberücksichtigung synergistischer Effekte

R. Bertram moniert zunächst, dass synergistische Wechselwirkungen in der ISTec-Studie /IST 05/ nicht oder nicht genügend dargestellt und/oder berücksichtigt werden.

Wechselwirkungen, ob „positiv“ oder „negativ“, zwischen verschiedenen Prozessen sind bekannt und zu erwarten. So werden in der ISTec-Studie /IST 05/ 16 Einflussgrößen der Metallkorrosion benannt. Für schwach- und mittelaktive Abfälle – entsprechend den Verhältnissen bei der Schachanlage Asse – besteht Übereinstimmung, dass die anaerobe Korrosion von Metallen und die mikrobielle

Zersetzung von organischem Material langfristig den größten Anteil an Gasen liefern (siehe z.B. /NEA 01/, /EUR 99/, /GRS 07/, /HOL 98/). Dies schließt synergistische Effekte genauso ein wie konkurrierende Prozesse.

In der Praxis kommt es nicht nur zur gegenseitigen Verstärkung wechselwirkender Prozesse hinsichtlich der quantitativen Gasbildung (Synergie), sondern auch zu Konkurrenzprozessen, bei denen z.B. wegen begrenzter Ressourcen weniger Gas gebildet wird als stöchiometrisch theoretisch möglich. Ein typisches Beispiel ist der parallele Sauerstoffabbau sowohl durch aerobe Eisenkorrosion als auch durch mikrobielle Zersetzung.

Mit synergistischen Effekten hat sich auch /SAI 97/ in seinem „Gutachten zu möglichen Auswirkungen von Gasfreisetzungen auf die Sicherheit des Endlagers ERAM“ auseinandergesetzt. Aus den durchgeführten Modellrechnungen geht u. a. hervor, dass hoch angesetzte Gasbildungsraten zu Beginn der Nachbetriebsphase günstigere Werte liefern in Bezug auf Gasdruckaufbau und Verbrauch des vorhandenen Ausgangsmaterials der Gasbildung. Zahlreiche weitere Studien (/FRA 97/, /TEL 97/, /NEA 99/, /NEA 01/, /GRS 07/, /HOL 98/) sowie Einzelpublikationen zu synergistischen Effekten (z.B. /RIR 99/, /KRO 90/) und ihrer Bedeutung belegen, dass eine intensive Auseinandersetzung mit dem Thema stattgefunden hat. Im Ergebnis wurden keine Prozesse identifiziert, die unerkannte sicherheitstechnisch relevante Defizite erkennen lassen.

In einem weiteren Ansatz wurden Messungen der Gasbildung oder vereinfachend des Druckaufbaus an mehreren 1.000 Abfallgebänden ausgewertet /SCH 00/. Die Abfälle stammten von wenigen Tagen bis zu ca. 50 Jahren

zwischen gelagerten Abfallgebänden. Damit wird ein Zeitbereich von einem halben Jahrhundert durch gemessene und dokumentierte Gasbildungsdaten einschließlich aller Wechselwirkungen überdeckt. Erfahrungsgemäß zeigt sich in diesem Zeitintervall der Schwerpunkt der Umsetzung für flüchtige radioaktive Stoffe.

Eine vollständige Auflistung aller denkbaren Wechselwirkungen auf die Gasbildung ist nicht möglich, aber auch nicht erforderlich, weil in der Regel die Beschränkung auf die wichtigsten und plausiblen Prozesse abdeckend ist. Hinweise hierfür ergeben sich z. B. aus der Menge und der chemischen Zusammensetzung der Abfälle. Bei Annahme einer stöchiometrischen Umsetzung der Hauptkomponenten ergeben sich daraus „natürliche“ Grenzen der Gasbildung.

Nichtberücksichtigung der lokalen Dosisleistung

Des weiteren bemängelt R. Bertram, dass keine örtliche Überhöhung der Ortsdosisleistung berücksichtigt ist.

Die Gasbildung durch radiolytische Zersetzung ist bereits früh und intensiv untersucht worden (/MÜL 92/, /SAI 97/, /EUR 84/). Daraus leitet sich die Aussage praktisch aller Studien ab, dass von der Radiolyse keine wesentlichen Beiträge zur Gasbildung bei der Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen zu erwarten sind, da deren Dosis und G(H₂)-Wert hinreichend bekannt sind. Lokale Überhöhungen sind darin enthalten.

Da es sich um schwach- und mittelradioaktive Abfälle handelt, wird die Ortsdosisleistung (ODL) bereits durch die internationalen Transportvorschriften und das entsprechende nationale Regelwerk auf niedrige Werte begrenzt. Dort finden sich auch Begrenzungen für örtliche Überhöhungen insbesondere an der

Abfallgebindeoberfläche. Die Einhaltung dieser Grenzwerte wurde auch für die in die Schachanlage Asse angelieferten und eingelagerten Abfälle gefordert und routinemäßig überwacht.

Die in /IST 05/ auf der Basis von äußerst konservativen Obergrenzen-Abschätzungen ermittelte Gasbildung durch Radiolyse liefert um Größenordnungen geringere Beiträge zur Gasbildung als Korrosion oder mikrobieller Zersetzung.

Ein Abfallgebinde (Fass), das – wie von R. Bertram unterstellt – 70 Sv/h an der Außenseite aufweist,

- wäre nur mit aufwändiger Handhabungstechnik transportierbar (Automatisierung, Fernbedienung),
- würde massive Abschirmvorkehrungen erfordern (Behälterwandstärke vergleichbar einem POLLUX-Behälter),
- wäre nicht genehmigungsfähig für Transport und Lagerung,
- würde unter hochaktive Abfälle und nicht unter schwach- und mittelradioaktive Abfälle eingeordnet,
- würde die Umgebungstemperatur im Endlager auf bis zu 150°C steigern,
- würde die Korrosionsrate von Edelstahl in Q-Lauge bei 150 °C von 3 auf 6 µm/a erhöhen,
- würde bei trockenen Szenarien nach etwa 100 Jahren zum Erliegen der radiolytischen Gasbildung führen, weil die Restfeuchte im Salz aufgebraucht ist. Dabei bleibt unberücksichtigt, dass Konkurrenzprozesse wie die Korrosion diesen Zeitraum noch verkürzen und
- wäre nach den Annahmebedingungen der Asse nicht zulässig gewesen.

Diese Zusammenstellung verdeutlicht, dass unrealistische und unzulässige Annahmen gekoppelt werden müssen, um dem postulierten Effekt den Anschein eines möglichen Szenarios zu verleihen.

Nichtberücksichtigung der nicht-thermischen Reaktionskinetik

R. Bertram benennt Beispiele für Reaktionen, bei denen ein größerer Teil der Moleküle eine Aktivierungsenergie durch nicht-thermische Energieübertragung erreichen kann. Die nichtthermische Aktivierung erfolgt nach Verständnis des Autors durch Alpha-, Beta- und Gammastrahlung.

Bereits die Definition des Begriffes „nicht-thermisch“ oder auch „athermisch“ bereitet erhebliche Schwierigkeiten /INF 09/. Eine gewisse Aufmerksamkeit hat das Arbeitsgebiet durch den Mobilfunk erfahren, dessen hochfrequenten Feldern schädliche athermische Wirkungen nachgesagt werden. Da ein reproduzierbarer Nachweis der postulierten Effekte aussteht, verzichtet die international hierfür zuständige ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) auf entsprechende Reglementierungen.

Der Bereich der athermischen HF-Strahlung ist kein Arbeitsthema, das im Zusammenhang mit der Endlagerung von irgendeiner übertragbaren, konkreten Bedeutung wäre. Von einer Gasbildung in sicherheitstechnisch relevanten Mengen ist im Zusammenhang mit athermischen Effekten keine Rede. Ein entsprechender Verweis taucht aus diesem Grund in /IST 05/ nicht auf.

Die von R. Bertram genannten Reaktionen sind bekannt. Hinsichtlich der Gasbildungsvolumina werden sie als unbedeutend eingestuft. Nachfolgend wird dennoch auf Einzelheiten eingegangen:

Explosive Gemische mit Stickoxiden

In /CAS 92/ wird über die Untersuchungen an zündfähigen Gemischen aus Wasserstoff, Stickoxiden und Luft berichtet. Sie werden, wie

auch die folgenden Prozesse, von R. Bertram als Beispiel für nicht-thermische Reaktionen eingeordnet.

Die zitierten Untersuchungen /CAS 92/ weisen aus, dass mit abnehmendem Sauerstoffgehalt auch die Zündfähigkeit der Gemische sich verringert. Insofern entsteht keine grundsätzlich neue Situation bezüglich der Gasbildung im Endlager:

- Die Menge des durch Korrosion gebildeten Wasserstoffs ist erheblich größer als die des Stickoxids oder der von /CAS 92/ untersuchten Gemische, für deren Erzeugung in relevanten Mengen von R. Bertram kein weiterer Mechanismus benannt wird.
- Unter Endlagerbedingungen resultiert allenfalls eine sehr geringe Konzentration an Gasen, die solche zündfähigen Gemische bilden könnten.
- Die Zündgrenzen, die aus /CAS 92/ und anderer Literatur /PFA 00/, /MEV 09/ für verschiedene Gemische mit Stickoxid ableitbar sind, zeigen vergleichbare Werte zu Wasserstoff/Sauerstoff-Gemischen. Aufgrund der geringen, möglichen Stickoxidkonzentration erwarten wir für diese Gemische sogar einen größeren Sicherheitsabstand zu Zündgrenzen als für denkbare Wasserstoff/Sauerstoff-Gemische.
- Die erforderliche Zündenergie ist für Wasserstoff/Sauerstoff-Gemische deutlich geringer.

Somit ist die sicherheitstechnische Bedeutung in Bezug auf die Zündung stickoxidhaltiger Gasgemische weit weniger relevant als bei Wasserstoff/Sauerstoff-Gemischen. Letztere spielen im Übrigen nur eine zeitlich begrenzte Rolle bis zum Verbrauch des Sauerstoffs in den abgeschlossenen Einlagerungsbereichen. Spezielle nicht-thermische Reaktionen sind zum Verständnis der durchgeführten Untersuchungen und Überlegungen nicht erforderlich.

Gasbildung durch Kontakt zwischen Abfällen und hoch salinaren Lösungen

Es werden Experimente von /HOL 98/ zur Bildung von Gasen bei Kontakt von radioaktiven Abfällen und Salzlösungen zitiert.

Die Ergebnisse von /HOL 98/ unterstützen die Aussage der ISTec-Studie /IST 05/. Nicht alle der genannten Gaskomponenten kommen in allen analysierten Abfällen vor. Manche Gaskomponenten treten nur als Spurenelemente auf (z.B. Stickoxide, Kohlenwasserstoffe außer Methan). Die Experimente sind gut dokumentiert und stellen einen zitierfähigen, eigenständigen Nachweis dar. Besondere nicht-thermische Effekte sind weder erkennbar, noch werden sie zur Erklärung vorangegangener Feststellungen benötigt.

Radiolysegas aus Zement und Bitumen

Es wird auf die Gasbildung durch Radiolyse in Abfallprodukten mit Zement und Bitumen hingewiesen.

Wie schon in den vorausgegangenen Abschnitten betont, macht die Gasbildung durch Radiolyse bei schwach- und mittelaktiven Abfällen den geringsten Beitrag zur gesamten Gasbildung aus. Für die genannten Abfallprodukte gilt das entsprechend. Bereits ältere Statusberichte /MÜL 92/, /KAN 98/ weisen aus, dass umfangreiches Datenmaterial hierzu existiert, so dass eine hinreichend präzise Aussage zu der zu erwartenden Gasmenge möglich ist. Dies gilt umso mehr, als der Beitrag der Radiolyse zur Gasbildung ohnehin gering ist.

Die Einhaltung der Zündgrenzen muss bei der von R. Bertram erwarteten radiolytischen Produktion zündfähiger Gase oder Gasgemische selbstverständlich nachgewiesen werden. Dies stellt aus Sicht des

ISTec kein sicherheitstechnisches Problem dar, weil die radiolytisch bedingte Gasbildung vernachlässigbar gering ist. Dies schließt Spuren flüchtiger Kohlenwasserstoffe mit ein. Ein Beispiel, das diesen Sachverhalt demonstriert, findet sich in /KRO 90/.

Nichtberücksichtigung realistischer Randbedingungen

R. Bertram stellt fest, dass die Realität bei einer Flutung durch verschiedenste, sich zeitlich ändernde Randbedingungen gekennzeichnet ist. Hierzu zählt er insbesondere eine zeitlich variable Gasbildung. Diese und zahlreiche andere Prozesse einschließlich deren Einflussgrößen sind nach seiner Ansicht nicht berücksichtigt. Daher bewertet er die ermittelte Gasbildung für schwachaktive Abfälle als unterschätzt. Eine realistische Abschätzung der tatsächlich ablaufenden Gasbildung sieht er als nicht gegeben an, von einer maximalen Gasbildung kann seines Erachtens keine Rede sein.

Wie bereits im Abschnitt „Synergistische Effekte“ dargelegt, ist es zum Nachweis der Beherrschung der Gasbildung im Endlager nicht erforderlich, die Vielzahl der wirksamen Parameter im Detail zu erfassen und zu modellieren. Wenn die für das Ergebnis entscheidenden Größen und Prozesse mit hinreichender Plausibilität auf dem Stand der Technik ermittelt und ihre Wechselwirkungen nachvollziehbar beschrieben werden können, kann die Modellierung der Gasbildung auf dieser Basis durchaus abdeckende Ergebnisse liefern. Ob dabei – wie bei der Asse – eine in Zeitschritten mit vergleichbarem oder ähnlichem Verhalten gegliedertes Modell zugrunde gelegt wird oder alles in einem Arbeitsschritt erfolgt, hängt von der Plausibilität der Diskretisierung und deren modelltechnischer Machbarkeit ab.

Die ISTec-Studie /IST 05/ gilt für schwach- und mittelaktive Abfälle in der Asse. Eine weitergehende differenzierte Beschreibung ist nicht vorgesehen. Weshalb R. Bertram eine scheinbar eigenständige Gruppe „schwachaktive Abfälle“ nochmals anspricht, ist für uns nicht erkennbar.

Wie schon früher erwähnt, kann wegen der Nicht-Linearität der Zusammenhänge eine höhere Gasbildung in der Bewertung eines Gesamtsystems zu günstigeren Ergebnissen führen. Daher ist die Verwendung des Begriffes „maximal“ nicht gleichbedeutend mit dem Begriff „konservativ“ zu verstehen.

Heterogene Prozesse

R. Bertram merkt an, dass die Beschreibung des chemischen Milieus und der Transportvorgänge infolge der Gasbildung unter Umständen die Modellierung von Mehr-Phasen-Mehr-Komponenten-Systemen und ähnlich komplexer Systeme erforderlich macht. Ferner sind nach Meinung des Autors insbesondere Grenzflächenprozesse zu berücksichtigen. Weiterhin erwähnt der Autor die Perkolationstheorie, ohne jedoch Hinweise zu geben, ob man sie zur Beschreibung langfristiger Prozesse bei der Asse einsetzen kann.

Es wird eine Vielzahl von Theorien und Prozessen angesprochen. Es bleibt offen, auf welche konkreten Szenarien und Randbedingungen des Endlagers diese Instrumente angewandt werden sollen, welches Ziel mit diesen Arbeiten erreicht werden soll und wie daraus eine Aussage zur Langzeitsicherheit abgeleitet werden soll.

So wird beispielsweise auf ein Lehrbuch für Perkolationstheorie verwiesen, ohne dass geprüft wird, für welchen Anwendungsbereich die Theorie geeignet ist, und unter welchen Voraussetzungen die Theorie auf Endlager-typische

Situationen eingesetzt werden kann. Bei der Perkolationstheorie handelt es sich um einen theoretischen Ansatz zum Zusammenhang von Porosität und Permeabilität, der für Transportvorgänge in der spannungsinduzierten Auflockerungszone von Steinsalz bereits untersucht wurde /ALK 09/.

Die der konventionellen Darcy-Strömung zu Grunde liegende lineare Beziehung zwischen Porosität und Permeabilität gilt nicht mehr, da die extreme Dichtigkeit der zu beschreibenden Steinsalzpartie eine solche Vereinfachung im Zusammenhang mit einer spannungsinduzierten Auflockerungszone nicht zulässt.

Die Anwendung der Perkolationstheorie auf die Einlagerungsbereiche der Schachanlage Asse würde demnach implizieren, dass es sich um Bereiche in Steinsalz mit extrem geringer Durchlässigkeit dreht. Wäre das der Fall, wäre die von R. Bertram kritisierte Stilllegungsoption /BER 10/ überflüssig. In Wirklichkeit ist die Permeabilität des Wirtsgesteins hinreichend groß, um die Anwendung des Darcy'schen Strömungsmodells zu rechtfertigen.

Wie weltweit bei der Beschreibung von Transportvorgängen für den Langzeitsicherheitsnachweis von Endlagern vorgegangen wird, und wie sich dieses Wissen mit der Perkolationstheorie vereinbaren lässt, findet sich z.B. in /EUR 99, /BGR 07/. Eine spezielle Abhandlung zu diesem Thema, die die vorhandenen Kenntnisse auf diesem Gebiet zusammenfasst, enthält /ALK 08/.

Strahlenchemische Prozesse in Grenzsichten / Elektrochemische Prozesse

R. Bertram kritisiert das Fehlen einer allgemein anerkannten Kinetik für strahlenchemische Prozesse in Grenzsichten und erwartet lokal

begrenzt fluktuierende elektrische Felder, die diverse elektrochemische Reaktionen unterschiedlicher Reichweite und Kopplung ermöglichen.

Nach Ansicht des ISTec reicht es nicht, unter der Benennung von Prozessen (z.B. Kinetik strahlenchemischer Reaktionen, Brennstoffzellenbildung an Mehrphasengrenzen) schon den Nachweis zu verstehen, dass der angesprochene Prozess qualitativ und quantitativ relevant ist. Beispielsweise ist die mehrfach erwähnte Erhöhung der Gasbildung durch radiolytisch beschleunigte Zersetzung im Ortsdosisleistungsbereich eines Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle immer noch vernachlässigbar. Dies ist durch Messungen vielfach belegt.

Fazit

R. Bertram sieht in der Stilllegungsoption mit Verfüllung der Schachanlage Asse ein hohes Risiko. Er macht dies fest an der Vielzahl von möglichen chemischen Reaktionen. Insbesondere die Bildung von gefährlichen Gasen und von kontaminierten Flüssigkeiten und eine Mobilisierung von Schadstoffen sind seiner Meinung nach zu betrachten. Schließlich stellt er fest, dass eine Flutung zu einer nicht rückholbaren Endlagerung führen würde.

Es bleibt offen, warum der Autor das Risiko an der Zahl der möglichen chemischen Reaktionen bemisst. Das Ergebnis einer Sicherheitsanalyse wird in der Regel bestimmt von einzelnen dominierenden Prozessen und/oder Verläufen. Diese relevanten Prozesse und Verläufe sind plausibel zu definieren, abzugrenzen und zu untersuchen.

Unklar bleibt auch, warum R. Bertram das gezielte Fluten des Grubengebäudes als Stilllegungsoption als höheres Risiko ansieht. Mit den vorgesehenen Maßnahmen könnten langfristig stabile Bedingun-

gen geschaffen werden. Ohne die Verfüllung sind die Einflußmöglichkeiten unter Umständen gering, zumal ein Volllaufen des Grubengebäudes während einer Rückholung dennoch berücksichtigt werden muss.

Schlussfolgerung

Hinsichtlich der Unterlage /IST 05/ sieht ISTec auf Grund des Beitrags von R. Bertram keinen Korrektur- oder Ergänzungsbedarf. Das Gros der Ausführungen besteht aus der Aufzählung von exotischen Reaktionen, deren Beitrag schon wegen der geringen möglichen Energieumsätze nur von begrenzter Bedeutung für eine sicherheitstechnische Bewertung von „Risiken und Nebenwirkungen bei einer Flutung des Atommülllagers Asse II“ sein kann.

/ALK 08/ Alkan H., Müller W.: Numerische Modellierung der dilatanz-induzierten perkolativen Permeation in Salzgestein. ISTec-A-1319, Köln, 2008

/ALK 09/ Alkan H.: Percolation model for dilatancy-induced permeability of the excavation damaged zone in rock salt. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 46, 716–724, 2009

/BER 10/ Bertram R.: Risiken und Nebenwirkungen bei einer Flutung des Atommülllagers Asse II mittels Schutzfluid. Strahlentelex, Nr. 556-557, 2010

/BGR 07/ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR: 6th Conference on the Mechanical Behavior of Salt: Gas transport in dry rock salt. Hannover, May 2007

/CAS 92/ Cashdollar K.L., Hertzberg M., Zlochower I.A., Lucci C.E., Green G.M., Thomas R.A.: Laboratory Flammability Studies of Mixtures of Hydrogen, Nitrous Oxide, and Air. WHC-WM-ES-219, Richland, WA 1992

/EUR 84/ EUR: CEC Seminar on Testing, Evaluation and Shallow Land Burial of Low and Medium Radioactive Waste Forms. Geel, Belgium, 28-29 September 1983, Proceedings, R. Krisher and R. Simon (Eds.), Harwood Academic Publishers, 1984

/EUR 99/ EUR: Gas Migration and Two-Phase Flow through

Engineered and Geological Barriers for a Deep Repository for Radioactive Waste – A Joint EC/NEA Status Report. EUR 19122 EN, 1999

/FRA 97/ Francis, A.J., Gillow J.B., Giles M.R.: Microbial Gas Generation under Expected Waste Isolation Pilot Plant Repository Conditions. Sandia National Laboratory Report SAND96-2582, 1997

/GRS 07/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, GRS: Radioactive Waste Disposal in Geological Formations. Proceedings of an International Conference, Braunschweig, 2007

/HOL 98/ Hollis W.K., Velarde K., Lashley J., Bustos L., Cournoyer M., Villarreal R.: Gas generation from contact of radioactive waste and brine. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 235, No 1-2 (1998) S. 235-239

/INF 09/ Informationszentrum gegen Mobilfunk: Athermische Effekte: Was ist das eigentlich? Meldungen 2009. http://www.izg.mf.de/Aktionen/Meldungen/Archiv_09/athermische_effekte/athermische_effekte.html

/IST 05/ Institut für Sicherheitstechnologie, ISTec, Bracke G., Müller W.: Realistische und maximale Gasbildung in der Schachtanlage Asse. ISTec-A-979, Köln, 2005

/KAN 98/ Kannen H., Müller W., Thelen D.: Statusbericht zur Gasbildung. ISTec-A-297, Köln, 1998

/KRO 90/ Kroth C., Lammertz H.: Versuche zur Radiolysegasbildung in homogen zementiertem Feedklärschlamm. Jahrestagung Kerntechnik, 1990

/MEV 09/ Mével R., Lafosse F., Chaumeix N., Dupré G., Paillard C.-E.: Spherical expanding flames in H₂-N₂O-Ar mixtures: flamespeed measurements and kinetic modelling. International Journal of Hydrogen Energy, 34, 9007–9018, 2009

/MÜL 92/ Müller W., Morlock G., Gronemeyer C.: Produktion und Verbleib von Gasen im Grubengebäude eines salinaren Endlagers – Statusbericht – GSF, Institut für Tieflagerung, GSF-Bericht 3/92

/PFA 00/ Pfahl U.J., Ross M.C., Shepherd J.E., Pasamehmetoglu K.O., Unal C.: Flammability Limits, Ignition Energy, and Flame Speeds in H₂-CH₄-NH₃-N₂O₂-N₂ Mixtures COMBUSTION AND FLAME, 123, 140–158, 2000

/NEA 01/ NEA: Gas Generation and Migration in Radioactive Waste Disposal, - Safety Relevant Issues - Proceedings of a Workshop held in Reims, France, June, 2000. NEA/OECD, Paris, France, 2001

/NEA 99/ NEA: Geological Disposal of Radioactive Waste. Review of Developments in the Last Decade, Paris, 1999

/RIR 99/ Rirschl C.: Identifizierung und Quantifizierung gasbildender chemischer Reaktionen in einem Endlager für radioaktive Abfälle. Diplomarbeit FHS Bochum, April, 1999

/SAI 97/ Sailer M.: Gutachten zu möglichen Auswirkungen von Gasfreisetzungen auf die Sicherheit des Endlagers ERAM, No-

vember 1997

/SCH 00/ Schäfer B., Müller W.: Gasbildung in schwachaktiven Abfällen unter den Bedingungen eines salinaren Endlagers. ISTec-A-519, Köln, 2000

/TEL 97/ Telander M.R., Westermann R.E.: Hydrogen Generation by Metal Corrosion in Simulated Waste Isolation Pilot Plant Environments. SAND96-2538, SANDIA National Laboratories, Albuquerque, 1997

* Wolfgang Müller, Dipl.-Phys., Dr. Guido Bracke, Dipl.-Chem., office@istec.grs.de, Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH, Schwernergasse 1, 50667 Köln [†]jetzt GRS mbH, Köln ●

„Palmströmsche Logik“

Entgegnung zur Erwiderung von Wolfgang Müller und Guido Bracke (ISTec GmbH)

Von Rolf Bertram*

Um einen hilfreichen wissenschaftlich seriösen Disput führen zu können ist erforderlich, dass sich die Autoren Bracke und Müller eingehender mit den Prinzipien der Nichtthermischen Chemie, mit elektrochemischen Prozessen in Grenzschichten sowie mit Reaktionssynergismen insbesondere in Gasgemischen auseinandersetzen. Denn die dazu seitens der Autoren gemachten Bemerkungen deuten auf mangelndes Verständnis für diese Sachverhalte hin (als Empfehlung: s. „Nichtthermisch aktivierte Chemie. Einführung in ihre Phänomene, Elementarprozesse und Anwendungen. Von W. Stiller“). Ich werde daher nur auf einige mir wichtig erscheinende Äußerungen eingehen. Bei den von mir behandelten Prozessen handelt es sich nicht um „exotische Reaktionen“, sondern um Reaktionen, die angesichts der großen Menge an nichtradioaktivem Material aller Art unter reaktionsverstärkenden Strahlungseinflüssen mit Sicherheit ablaufen und das chemische System Asse II – also auch die Gas-

bildung – maßgeblich beeinflussen.

Bei meinen Ausführungen zu den hohen Ortsdosisleistungen von in der Asse eingelagerten Gebinden handelt es sich nicht um „Unterstellungen“ und um „unrealistische und unzulässige Annahmen“, sondern um Fakten: In circa 60 Listen („Begleitlisten zur Versuchseinlagerung mittelradioaktiver Abfälle im Salzbergwerk Asse in Remlingen der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München“) sind erhebliche Überschreitungen der mittleren Aktivität dokumentiert. (Zugelassen sind 200 Curie pro Faß.)[†]

Bei circa 1.000 Fässern liegt die mittlere Aktivität zwischen 250 und 1000 Curie pro Faß. In mindestens 100 Fässern sind Aktivitäten von 500 Curie pro Faß dokumentiert, also bis zum Fünffachen der zugelassenen Werte. Die Maximale Dosisleistung an der Außenseite der Fässer liegt zwischen 1.000 und 7.000 rem pro Stunde (rem/h)[†]. Mit der maximalen Dosisleistung von 7.000 rem/h sind 14 Fässer in

der Begleitliste No. 1 vom 18. 1.1977 ausgewiesen. Im Ortsdosisleistungsbereich dieser Gebinde (Nahbereich) ist die Radiolysegasbildung keineswegs „vernachlässigbar“.

Obwohl zum Zeitpunkt der Abfassung der Erwiderung die von mir erwähnten Begleitlisten auch für Bracke und Müller zugänglich waren, scheinen die genannten Autoren über das eingelagerte Inventar nur unzureichend informiert zu sein. Trotz der Belege wird mir von den Autoren Unterstellung vorgeworfen mit der Begründung, dass die von mir genannten Abfallgebäude

- „nach den Annahmebedingungen der Asse nicht zulässig“ und
- „für Transport und Lagerung nicht genehmigungsfähig gewesen“ wären,
- „unter hochaktive und nicht unter schwach- und mittelradioaktive Abfälle eingeordnet würden“, (sic.!) und dass sich dann
- „die Umgebungstemperatur im Endlager auf bis zu 150 Grad steigern würde“ und
- „die Korrosionsrate von Edelstahl in Q-Lauge bei 150 Grad sich erhöhen würde“.

Von Bracke und Müller unbeabsichtigt, unterstreichen diese Feststellungen meine wiederholt geäußerten Bedenken und Befürchtungen. Nicht nachzuvollziehen ist, dass Bracke und Müller mit Hinweisen auf Annahme- und Transportbedingungen Verstöße ausschließen. Dieser Palmströmschen Logik „...Weil, so schließt er messerscharf, nicht sein kann, was nicht sein darf“ vermag ich angesichts der dargelegten Fakten nicht zu folgen.[‡]

Bemerkenswert ist die von Bracke und Müller getroffene Feststellung, dass es sich bei den erwähnten Gebinden um hochaktive Abfälle handelt, für die „massive Abschirmvorkehrungen“ getroffen werden müssten.

† 1 Curie = $3,7 \cdot 10^{10}$ Becquerel
= 37 Milliarden Becquerel
100 rem = 1 Sievert

‡ Palmström, literarische Figur von Christian Morgenstern, hier zitiert nach dem Gedicht „Die unmögliche Tatsache“, Verlag von Bruno Cassirer, Berlin 1920.

* Prof. Dr. Rolf Bertram, bert. ramroff@aol.com, Physiker, Prof. em. am Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Technischen Universität Braunschweig. ●

Atompolitik

Entsorgungsstrategien

Die Grünen prophezeien, daß der Vorschlag von EU-Energiekommissar Günther Oettinger für eine Atommüllrichtlinie nicht mehr als ein PR-Gag der Europäischen Kommission wird. Der Vorschlag wird zwar erst am 3. November 2010 offiziell präsentiert, ein Entwurf ist jedoch schon vorab durchgesickert. Demnach bleibt der Entwurf in vielen Kernfragen vage, etwa bei der Definition von Atommüll und beim Verfahren einer Endlagersuche und der öffentlichen Beteiligung. Im Endeffekt werde es den Mitgliedsstaaten der Europäi-

schen Union selbst überlassen zu bestimmen, was Atommüll sei und es werde ihnen freie Hand dabei gelassen, eine große Menge potentiell gefährlicher Materialien von der Regelung auszunehmen. Damit würde die 2001 von der damaligen rot-grünen Bundesregierung bundesweit eingeführte Praxis, mit Radionukliden durchmischte Materialien unterhalb bestimmter Konzentrationswerte als nicht radioaktiv zu erklären und „zur Rückführung in den Stoffkreislauf“ freizugeben, zementiert. ●

Strahlentelex mit ElektrosmogReport

✂ ABONNEMENTSBESTELLUNG

An Strahlentelex mit ElektrosmogReport
Th. Dersee, Waldstr. 49, D-15566 Schöneiche b. Berlin

Name, Adresse:

Bitte teilen Sie Adressenänderungen künftig rechtzeitig selbst mit, und verlassen Sie sich bitte nicht auf die Übermittlung durch die Post. Vielen Dank.

Ich möchte zur Begrüßung kostenlos folgendes Buch aus dem Angebot (siehe unter www.strahlentelex.de/Abonnement.htm):

Ich/Wir bestelle/n zum fortlaufenden Bezug ein Jahresabonnement des **Strahlentelex mit ElektrosmogReport** ab der Ausgabe Nr. _____ zum Preis von EURO 72,00 für 12 Ausgaben jährlich frei Haus. Ich/Wir bezahlen nach Erhalt der ersten Lieferung und der Rechnung. Dann wird das **Strahlentelex mit ElektrosmogReport** weiter zugestellt. Im Falle einer Adressenänderung darf die Deutsche Bundespost - Postdienst meine/unsere neue Anschrift an den Verlag weiterleiten.
Ort/Datum, Unterschrift:

Vertrauensgarantie: Ich/Wir habe/n davon Kenntnis genommen, daß ich/wir das Abonnement jederzeit und ohne Einhaltung irgendwelcher Fristen kündigen kann/können.
Ort/Datum, Unterschrift:

Strahlentelex mit ElektrosmogReport • Informationsdienst •
Th. Dersee, Waldstr. 49, D-15566 Schöneiche b. Berlin, ☎ 030 / 435 28 40, Fax 030 / 64 32 91 67. eMail: Strahlentelex@t-online.de, <http://www.strahlentelex.de>

Herausgeber und Verlag: Thomas Dersee, Strahlentelex.

Redaktion Strahlentelex: Thomas Dersee, Dipl.-Ing. (verantw.), Dr. Sebastian Pflugbeil, Dipl.-Phys.

Redaktion ElektrosmogReport: Isabel Wilke, Dipl.-Biol. (verantw.), c/o Katalyse e.V. Abt. Elektrosmog, Volksgartenstr. 34, D-50677 Köln, ☎ 0221/94 40 48-0, Fax 0221/94 40 48-9, eMail: i.wilke@katalyse.de, <http://www.elektrosmogreport.de>

Wissenschaftlicher Beirat: Dr.med. Helmut Becker, Berlin, Dr. Thomas Bigalke, Berlin, Dr. Ute Boikat, Bremen, Prof. Dr.med. Karl Bonhoeffer, Dachau, Prof. Dr. Friedhelm Diel, Fulda, Prof. Dr.med. Rainer Frentzel-Beyme, Bremen, Dr.med. Joachim Großhennig, Berlin, Dr.med. Ellis Huber, Berlin, Dipl.-Ing. Bernd Lehmann, Berlin, Dr.med. Klaus Lischka, Berlin, Prof. Dr. E. Randolph Lochmann, Berlin, Dipl.-Ing. Heiner Matthies, Berlin, Dr. Werner Neumann, Altenstadt, Dr. Peter Plieninger, Berlin, Dr. Ernst Rößler, Berlin, Prof. Dr. Jens Scheer †, Prof. Dr.med. Roland Scholz, Gauting, Priv.-Doz. Dr. Hilde Schramm, Berlin, Jannes Kazuomi Tashiro, Kiel.

Erscheinungsweise: Jeden ersten Donnerstag im Monat.

Bezug: Im Jahresabonnement EURO 72,- für 12 Ausgaben frei Haus. Einzel-exemplare EURO 7,20, Probeexemplar kostenlos.

Kontoverbindung: Th. Dersee, Konto-Nr. 5272362000, Berliner Volksbank, BLZ 100 900 00, BIC: BEVODEBB, IBAN: DE59 1009 0000 5272 3620 00.

Druck: Bloch & Co. GmbH, Prinzessinnenstraße 26, 10969 Berlin.

Vertrieb: Datenkontor, Ewald Feige, Körtestraße 10, 10967 Berlin.

Die im Strahlentelex gewählten Produktbezeichnungen sagen nichts über die Schutzrechte der Warenzeichen aus.

© Copyright 2010 bei Thomas Dersee, Strahlentelex. Alle Rechte vorbehalten.
ISSN 0931-4288