

Bodenoberfläche entnommen worden. Es handelt sich um die vom hessischen Beamten am 05.03.02 beprobte Fläche. Pro Quadratmeter waren mehrere 100 g zu finden. Es handelt sich um porösen, schwimmenden Keramikschaum und um schwere Bröckchen mit Einbettungen von PAC/ICF-Kügelchen. Unter dem Mikroskop sind innerhalb der Kugelschalen zentrale Kleinstpartikel zu erkennen. Die Beprobung ist am 21.05.2002 durch Gutachter der Hessischen Justiz wiederholt worden. Auffällig ist, dass in diesem Ortsbereich auch die HLUg am 30.03.2001 die höchsten Werte für die Beta-Direktstrahlung festgestellt hatte, ohne die dort liegenden Bröckchen zu erkennen.

Radiochemie

Neue Sorgen mit einer neuen Plutoniumverbindung

Migration von Plutoniumverbindungen im Grundwasser

Mitarbeiter des Lawrence Livermore National Laboratory berichteten über Messungen der räumlichen Verteilung von Plutonium im Grundwasser der Wüste von Nevada [1]. Hier haben die USA von 1956 bis 1992 etwa 830 unterirdische Kernwaffentests durchgeführt.

Nun wurden Plutoniumspuren bis zu 1,3 Kilometer vom Testpunkt entfernt gefunden. Das war unerwartet, weil man bis dahin überzeugt war, daß die bei der Explosion entstandenen Plutoniumverbindungen wasserunlöslich und vom Gestein fest adsorbiert worden seien.

Die hohe Mobilität der Plutoniumverbindungen wurde damit erklärt, daß diese an die Kolloidfraktion des Grundwassers adsorbiert und so über weite Strecken transportiert worden seien – ein in den bisherigen Modellen der Radionuklid-Migration unterschätzter Mechanismus. Die Verfasser verwiesen auf die Konsequenzen dieses Befundes für die Untergrundlagerung plutoniumhaltiger Materialien.

Diese Ergebnisse sind aktuell: Das staatliche britische Nuclear Installations Inspecto-

rate (NII) bezeichnete 22 Zwischenlager (mit insgesamt 70.000 Kubikmeter radioaktiver Rückstände) in Großbritannien als derart unsicher, daß mit Lecks in den Behältern zu rechnen sei. Das NII sah sogar das Risiko einer unkontrollierten Kernreaktion in den Rückstandsmassen und forderte, innerhalb der nächsten zwanzig Jahre 20 zusätzliche sichere Lagerstätten für radioaktive Rückstände zu bauen. Die schlimmsten Probleme fänden sich in der Wiederaufbereitungsanlage Sellafield, wo die Hauptmenge des Abfalls lagere. Auf Grund der hier vorliegenden mangelhaften baulichen Bedingungen existierten ernste Risiken, daß Plutonium aus den Fässern entweicht und dabei die kritische Masse überschritten wird. Eine schwere potentielle Gefahr stellten die großen Volumina brennbarer radioaktiver Lösungsmittel dar [2]. Aus dieser Wiederaufbereitungsanlage seien zwischen 1960 und 1990 circa 200 Kilogramm Plutonium in die Irische See eingeleitet worden – eine Praxis, die erst 1999 beendet worden sei. Die norwegische Strahlenschutzbehörde habe im März 1999 in der Nordsee Plutoniumspuren

6. Ursache der Verbreitung der Kügelchen

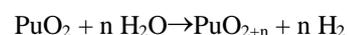
Die großflächige Verbreitung der aufgefundenen Kügelchen und Bruchstücke (sowohl in der Elbgeest als auch in Hanau) kann nach Meinung von mehreren Wissenschaftlern aus Gießen und Marburg ihre Ursache ausschließlich in einem Brand, einer Verpuffung oder Explosion haben – eine andere Erklärung ist abwegig. Gegenteilige Behauptungen des Öko-Institutes, dass in Hanau im Januar 1987 kein Vorgang einer Freisetzung stattgefunden habe, wurden nie auf den Prüfstand gestellt. Es wäre einfach zu belegen, dass diesem Institut falsche Unterlagen zum ursächlichen Unfallmaterial vorlagen. Von einer falschen Materialdeklaration gingen u.a. Helin (Euratom Brüssel) in Verlautbarungen vom März 87 aus sowie der TÜV Bayern im Gutachten von 1992. ●

nachgewiesen, die möglicherweise auf Sellafield zurückgingen [3].

Plutoniumoxide

Plutoniumrückstände werden weltweit als Plutoniumdioxid gelagert. Plutoniumdioxid, PuO_2 , ist ein gelbgrüner, in der Fluoritstruktur kristallisierender, in Wasser schwerlöslicher Stoff, der bei 2390 °C schmilzt. Er ist chemisch relativ inert und läßt sich selbst mit starken Oxidationsmitteln, wie Ozon, atomarem Sauerstoff oder Stickstoffdioxid, nicht in Verbindungen höherer Plutonium-Oxidationsstufen überführen. Dementsprechend galt PuO_2 bisher als das sauerstoffreichste und thermodynamisch stabilste Plutoniumoxid. Es wurde in Wasser als nicht mobilisierbar und damit für die Endlagerung als geeignet angesehen.

Nach Untersuchungen von Mitarbeitern des Los Alamos National Laboratory ist diese Auffassung zu revidieren [4]. Sie fanden, daß Plutoniumdioxid durch flüssiges Wasser oder Wasserdampf unter Wasserstoffentwicklung langsam oxidiert wird. Als festes Reaktionsprodukt entsteht dabei eine bisher unbekannte nichtstöchiometrische, Plutonium(VI) enthaltende, intensiv grüne oxidische Phase:



Die quantitative Zusammensetzung des sauerstoffreichsten Vertreters mit $n \approx 0,27$ läßt sich mit der Formel $\text{Pu(IV)}_{0,73}\text{Pu(VI)}_{0,27}\text{O}_{2,27}$ wie-

dergeben. Demnach sind 27 Prozent des ursprünglichen Plutonium(IV) oxidiert worden – und zwar durch Wasser*. Der Pu(VI)-Inhalt des Oxids kann zumindest teilweise durch Wasser herausgelöst werden, was die überraschend schnelle Plutonium-Migration im Grundwasser erklären könnte.

Die Triebkraft für diese Reaktion ist nun verständlich: Nicht Plutoniumdioxid, sondern das neue Plutonium(IV,VI)-oxid ist das thermodynamisch stabilste Oxid des Plutoniums.

Strukturell und im Lösungsverhalten gegenüber Wasser zeigt das neue Plutoniumoxid Analogien zu der entsprechenden Uranverbindung UO_{2+x} .

Schlußfolgerungen

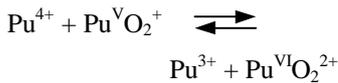
Die sich ergebenden Schlußfolgerungen führen weit über wissenschaftliche Fragen der Chemie hinaus:

1. Technikfolgenabschätzung

Auf Grund von Gleichgewichten zwischen den Plutonium-Oxidationsstufen +3 bis +6 in wäßriger Lösung können diese Verbindungen in

* Derartige Redoxreaktionen des Wassermoleküls schon bei Raumtemperatur sind auch bei einigen anderen Oxid-Paaren thermodynamisch möglich, zum Beispiel bei $\text{V}_2\text{O}_3/\text{V}_2\text{O}_4$, $\text{Ce}_2\text{O}_3/\text{CeO}_2$, $\text{FeO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$, $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ und auch bei CO/CO_2 .

vergleichbaren Konzentrationen nebeneinander vorliegen.



Da jede dieser Verbindungen unterschiedliche Bedingungen braucht, um ausgefällt oder adsorbiert zu werden, läßt sich das Transportverhalten einmal gelöster Plutoniumverbindungen nur schwer vorhersagen.

Charles Madic von der französischen Atomenergiekommission, Abteilung Brennstoffzyklus, schätzte ein: „Für militärische wie zivile Anwendungen war die Stabilität von PuO_2 ein Schlüsselfaktor der industriellen Strategie. Die neuen Ergebnisse werden große Konsequenzen für die Untergrundlagerung von Nuclearabfällen haben. (...) Die neuentdeckte Eigenschaft des Plutoniumdioxids wird wichtige Auswirkungen auf die Langzeitlagerung von Plutonium haben“ [5] [6]. Auf weitere durch Plutonium in der Kerntechnik verursachte Probleme verweist Breuer [7].

2. Die Zuverlässigkeit wissenschaftlich-technischer Vorhersagen

Plutonium als erstes künstliches Element wurde im Rahmen des Manhattan Projects erstmals 1942 von menschlichen Augen gesehen. Es gehört wegen seiner Bedeutung für die Waffentechnik wie auch für die zivile Kerntechnik wahrscheinlich zu den besterforschten chemischen Elementen. Um so unerwarteter ist die so späte Entdeckung des oben beschriebenen, folgenschweren Reaktionsverhaltens einer der technisch wichtigsten Plutoniumverbindungen.

3. Depleted-Uranium-(DU)-Munition

Beim Aufprall und nachfolgendem Abbrand von DU-Geschossen, wie sie seitens der NATO massenhaft im Krieg gegen den Irak [8] und Jugoslawien [9] eingesetzt wurden, entstehen disperse

Stäube von Uran- und Plutoniumoxiden. Diese können gemäß dem oben dargestellten Mechanismus ebenfalls mobilisiert und im Grundwasser über weite Strecken transportiert werden. Weiträumig besteht die Gefahr, daß beide Radionuklide mit ihren Tochterelementen über den Atmungstrakt wie auch über die Nahrungskette inkorporiert werden und dann verschiedene Krebserkrankungen verursachen. Dem Sender BBC zufolge haben britische Wissenschaftler bei drei Personen im ehemaligen Jugoslawien erstmals Uran im Harn nachgewiesen, das zweifellos aus DU-Munition stamme [10].

Gert Blumenthal**

Literatur

1. A. B. Kersting, D. W. Efurt, D. L. Finnegan, D. J. Rokop, D. K. Smith & J. L. Thompson., Nature 397, 7 Jan 1999, 56.
2. Rob Edwards, New Scientist 160, No 2165/6/7 (1998), 7.
3. Aktuell 2000, Harenberg Lexikon Verlag Dortmund 1999, 164.
4. John M. Haschke, Thomas H. Allen, Luis A. Morales, Science 287, 14 Jan 2000, 285.
5. Charles Madic, Science 287, 14 Jan 2000, 243.
6. Rob Edwards, New Scientist 165, No 2222 (2000), 18.
7. Georg Breuer, Naturwissenschaftliche Rundschau 153, 5 (2000), 246.
8. Siegwart-Horst Günther, Uran-Geschosse: Schwergeschädigte Soldaten, mißgebildete Neugeborene, sterbende Kinder, Ahriaman-Verlag, Freiburg (Breisgau) 1996.
9. Knut Krusewitz, „NATO-Kriegsführung und Umweltfolgen“ in „Die Wahrheit über den NATO-Krieg gegen Jugoslawien“, Schkeuditzer Buchverlag 2000, S.220.
10. Wolfgang Pomrehn, Neues Deutschland 17.04.2001, 8. ●

** Mit freundlicher Genehmigung entnommen aus den Sitzungsberichten der Leibniz-Sozietät, Bd. 43, 8/2000 (Redaktionsschluß 25.06. 2001). Wissenschaftliche Mitteilung in der Klasse Naturwissenschaften der Leibniz-Sozietät am 19. April 2001.

Diagnostisches Röntgen

Das Sittenser Leukämie-Cluster

Ursachenaufklärung ohne Konsequenzen

Daß diagnostisches Röntgen real und konkret Krebs erzeugt – und zwar nicht nur nach Bestrahlung im Mutterleib, sondern auch bei Kindern und Erwachsenen – ist in der wissenschaftlichen Literatur mehrfach belegt. Dieser Tatbestand paßt jedoch nicht in das Lehrgebäude des industriefreundlichen offiziellen Strahlenschutzes, der bei niedriger Dosis nur ein „hypothetisches“ Strahlenrisiko annimmt, in dem Sinne, daß es eigentlich gar nicht existiere. Und wenn es doch bestünde, dann sei es auf jeden Fall so klein, daß man es statistisch nicht feststellen könne. Daher spricht man auch von einem „praktischen“ Schwellwert, den der ehemalige Vorsitzende der Strahlenschutzkommission und Beirat vieler internationaler Gremien, Streffer, bei 200 Millisievert (!) ansiedelt.

In der Samtgemeinde Sittensen in Niedersachsen trat in den Jahren 1985 bis 1989 eine Häufung kindlicher Leukämien auf, die nach einer Analyse des Mainzer Instituts für Medizinische Statistik und Dokumentation die zweitaufälligste Erhöhung darstellte, die im Kinderkrebsregister für Westdeutschland ab 1980 feststellbar war. Eine Zufallserscheinung mußte ausgeschlossen werden. Eine vom Niedersächsischen Sozialministerium eingesetzte Expertenkommission fand als einzigen gemeinsamen Risikofaktor heraus, daß die Patienten mehrfach geröntgt worden waren. Die Hälfte der Kinder war in der selben orthopädischen Praxis untersucht worden. Durch Untersuchungen der Bremer Universität an ehemaligen Patienten dieser Praxis unter Einsatz der Biologischen Dosimetrie mittels Chromosomenaberrationen im Blut konnte eine übermäßige

„Verstrahlung“ festgestellt werden. Eine vom Niedersächsischen Sozialministerium in Auftrag gegebene Fallkontrollstudie des Mainzer Instituts ergab darüber hinaus im Jahre 1995, daß diagnostisches Röntgen der höchste Risikofaktor für kindliche Leukämie in Niedersachsen ist. Ein Zusammenhang mit den Sittenser Fällen wurde dennoch nicht hergestellt, weder von den Autoren der Fallkontrollstudie noch von der auftraggebenden Behörde. Von der mit Steuergeldern erfolgreich betriebenen Aufklärung des Sittenser Problems erfuhr weder die Betroffenen noch die Öffentlichkeit.

Für die Wissenschaft wurde dieser Sachverhalt in einer neuen Publikation aufbereitet, in der die dosimetrischen Untersuchungen zur Strahlenbelastung der Leukämiefälle und der Patienten in der verdächtigen orthopädischen Praxis dargestellt werden:

I. Schmitz-Feuerhake, von Boetticher, H., Dannheim, B., Götz, K., Heimers, A., Hoffmann, W., Schröder, H. Estimation of X-ray overexposure in a childhood leukaemia cluster by means of chromosome aberration analysis. Radiation Protection Dosimetry 98 (2002) 291-297. ●

Strahlenschutz

Die neue Röntgenverordnung ist beschlossen

Die Neufassung der Röntgenverordnung wird am 1. Juli 2002 in Kraft treten. Das teilt das Bundesumweltministerium (BMU) in seinem Pressedienst mit, nachdem das Bundeskabinett am 29. Mai