

*Nicht zur Veröffentlichung bestimmt!*

**N i e d e r s c h r i f t**

**über die 138. Sitzung**

**des Ausschusses für Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit**

**am 12. April 2007**

**Hannover, Landtagsgebäude**

**Tagesordnung:**

**Seite:**

Leukämiefälle in der Elbmarsch müssen geklärt werden - Bürgerinnen und Bürger  
in der Elbmarsch nicht allein lassen

Antrag der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen - Drs. 15/2848

Anhörung

**Themenblock III - „Kügelchen“**

- Prof. Dr. Mironov, Internationale Sacharow Universität Minsk ..... 7

- Prof. Dr. Ensinger, Technische Universität Darmstadt, Chemische Analytik ..... 21

**Anwesend:****Ausschussmitglieder:**

1. Abgeordnete Gesine Meißner (FDP), Vorsitzende
2. Abgeordneter Rainer Beckmann (CDU)
3. Abgeordneter Norbert Böhlke (CDU)
4. Abgeordneter Wolfgang Röttger (i. V. des Abgeordneten Hans Bookmeyer) (CDU)
5. Abgeordnete Gabriele Jakob (CDU)
6. Abgeordneter Dr. Joachim Runkel (i. V. der Abgeordneten Gabriela Kohlenberg) (CDU)
7. Abgeordneter Friedrich Pörtner (i. V. des Abgeordneten Dr. Max Matthiesen) (CDU)
8. Abgeordnete Heidemarie Mundlos (CDU)
9. Abgeordneter André Wiese (i. V. der Abgeordneten Dorothee Prüssner) (CDU)
10. Abgeordnete Britta Siebert (CDU)
11. Abgeordnete Christa Elsner-Solar (SPD)
12. Abgeordnete Ulla Groskurt (SPD)
13. Abgeordnete Marie-Luise Hemme (SPD)
14. Abgeordnete Gerda Krämer (SPD)
15. Abgeordneter Uwe Harden (i. V. des Abgeordneten Uwe Schwarz) (SPD)
16. Abgeordnete Dörthe Weddige-Degenhard (SPD)
17. Abgeordneter Andreas Meihnsies (i. V. der Abgeordneten Meta Janssen-Kucz) (GRÜNE)

Ferner nahm die Abgeordnete Ulrike Kuhlo (FDP) an der Sitzung teil.

Vom Ausschuss für Gesundheit und Verbraucherschutz der Hamburgischen Bürgerschaft:

1. Abgeordneter Wolfgang Müller-Kallweit (CDU)
2. Abgeordneter Dr. Diethelm Stehr (CDU)
3. Abgeordnete Karin Rogalski-Beeck (SPD)
4. Abgeordnete Dr. Monika Schaal (SPD)
5. Abgeordneter Christian Maaß (GAL)

Vom Sozialausschuss des Schleswig-Holsteinischen Landtags:

1. Abgeordnete Tenor-Alschausky (SPD)
2. Abgeordneter Konrad Nabel (SPD)
3. Abgeordneter Olaf Schulze (SPD)
4. Abgeordnete Ursula Sassen (CDU)
5. Abgeordneter Dr. Heiner Garg (FDP)
6. Abgeordneter Detlef Matthiessen (GRÜNE)

Vom Ministerium für Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit (MS):

Ministerialdirigent Dr. Sporn,  
Ministerialrat Dr. Csicsaky,  
Oberregierungsrat Gerstle.

Vom Umweltministerium (MU):

Chemiedirektor Dr. Schorr,  
Physikdirektor Salfeld.

Vom Ministerium für Soziales, Gesundheit, Familie, Jugend und Senioren des Landes Schleswig-Holstein:

Ministerialdirigent Dr. Cloosters,  
Ministerialrat Knobling,  
Oberamtsrat Meier.

Vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN):

Dr. Städe.

Vom Landkreis Lüneburg:

Landrat Nahrstedt,  
Amtsarzt Dr. Dieckmann.

Vom Landkreis Harburg:

Landrat Bordt,  
Kreisverwaltungsdirektor Kaminski.  
Amtsarzt Dr. Rädcl.

Vom Kreis Herzogtum Lauenburg:

Amtsarzt Dr. Fink.

Vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU):

Regierungsdirektor Dr. Bühling.

Vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS):

Dr. Grosche.

Vom Geolab, Weinheim:

Dr. Fuhrmann.

Von der Gesellschaft für Strahlenschutz:

Präsident Dr. Pflugbeil.

Von der Gruppe Ökologie:

Neumann.

Von der Internationalen Sacharow Universität Minsk:

Prof. Dr. Mironov.

Vom Öko-Institut Darmstadt, Institut für angewandte Ökologie:

Küppers.

Von der Technischen Universität Darmstadt, Fachgebiet Chemische Analytik:

Prof. Dr. Ensinger

Von der Universität Bremen - Medizinische Physik:

Frau Prof. i. R. Dr. Schmitz-Feuerhake.

Von der Universität Frankfurt am Main:

Dr. Gerdes, wissenschaftlicher Mitarbeiter.

Von der Universität Greifswald:

Prof. Dr. Hoffmann.

Von der Universität Hannover, Zentrum für Strahlenschutz:

Prof. Dr. Michel.

Von der Universität München, Strahlenbiologisches Institut:

Prof. Dr. Lengfelder.

Ferner:

Steinberg.

Von der Landtagsverwaltung (LTVerw):

Regierungsoberamtsrat Horn,  
Regierungsoberamtsrat Wessner.

Niederschrift:

Regierungsdirektor Pohl (S. 1 - 20),  
Regierungsrat z. A. Dr. Bäse (S. 21 - Schluss),  
Stenografischer Dienst.



Beginn der Sitzung: 10.16 Uhr.

### Zur Tagesordnung:

Leukämiefälle in der Elbmarsch müssen geklärt werden - Bürgerinnen und Bürger in der Elbmarsch nicht allein lassen

Antrag der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen - Drs. 15/2848

### Anhörung

#### Themenblock III - „Kügelchen“

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Meine Damen und Herren! Ich begrüße Sie ganz herzlich. Heute findet der zweite Part unserer Anhörung zu den Leukämiefällen in der Elbmarsch statt.

Ich begrüße zunächst ganz herzlich auch von dieser Stelle aus Herrn Prof. Mironov aus Minsk, der heute bei uns ist, um seine Recherchen vorzutragen.

Wie Sie wissen, ist auch diese Anhörung heute nicht öffentlich. Die Medien haben aber darum gebeten, auch heute zu Anfang ganz kurz eine Momentaufnahme machen zu können. Dann werden wir aber unter uns diskutieren. - Danke schön. Die Medien sind jetzt draußen, und die Sitzung ist nicht öffentlich.

Wir haben heute einen sehr engen Zeitplan. Sie wissen, dass wir gestern Probleme hatten, den Zeitplan einzuhalten. Da wir ihn so abgesprochen haben, werde ich versuchen, den Zeitplan heute einzuhalten. Ob das klappt, werden wir sehen.

Für Herrn Prof. Mironov haben wir zwei Stunden Zeit eingeplant - nicht nur wegen der Übersetzung, sondern weil mit Sicherheit viele Fragen an ihn gestellt werden.

Ich begrüße auch ganz herzlich die Übersetzerin, Frau Olnier. Frau Olnier ist Mitarbeiterin bei der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) in Köln.

Herr Prof. Mironov, ich freue mich sehr, dass Sie hier sind. Viele haben auf Sie und Ihre Ausführungen gewartet. Wir sind auf Ihren Bericht sehr gespannt.

Herr Prof. Mironov wird zunächst etwa 20 bis 30 Minuten seine Untersuchungen vortragen. Anschließend werden Fragen gestellt werden können. Herr Prof. Mironov hat darum gebeten, dass von den Fragenden jeweils zunächst der Beruf angegeben wird, damit er weiß, welche Fragen aus dem wissenschaftlichen Bereich und aus dem Bereich der Politik kommen, damit er das besser einsortieren kann. Er hat auch darum gebeten, dass die Politikerinnen und Politiker ihren Beruf nennen. Des Weiteren hat er darum gebeten, möglichst keine politischen Fragen, sondern wirklich fachliche Fragen zu stellen. Ich habe ihm zugesichert, dass ich das weitergeben werde.

**Prof. Dr. Mironov,**  
**Internationale Sacharow Universität Minsk**  
(Vorlage 8 und 1. Nachtrag zur Vorlage 8)

Die Präsentation von Prof. Dr. Mironov ist dieser Niederschrift als **Anlage** beigefügt.

Prof. Dr. **Mironov**: Sehr geehrte Vorsitzende! Sehr geehrte Abgeordnete! Sehr geehrte Kollegen und alle hier Anwesenden! Ich werde versuchen, Ihnen in dieser Sitzung über die Ergebnisse der Analysen der Proben aus Deutschland zu berichten. Ich werde über die Ergebnisse und die Analysemethoden berichten. Ich werde auch eine Charakteristika der Verursacher, der Quellen der Präsenz dieser Radionuklide in der Umwelt geben und erläutern.

Das Thema meines Beitrags lautet:

#### **Konzentration der Isotope von Uran, Thorium und Plutonium in Bodenproben aus Deutschland**

(Schaubild: Task)

Wir haben einige Proben bekommen, die die Komponenten des Bodens aus Deutschland sind. Unsere Aufgabe, unsere Zielsetzung der Arbeit war, die spezifische Aktivität der genannten Isotope in diesen Proben zu bestimmen.

Da wir unterschiedliche Massen dieser Proben zur Verfügung hatten - einige dieser Proben hatten ein Gewicht von weniger als 1 g -, haben wir eine komplexe Methodik für die Analysen angewendet, um diese Isotope, diese Elemente zu bestimmen, und zwar an der gleichen Probe während eines Vorgangs der Analysen. Das waren nicht die Bo-

denproben in dem direkten Sinne, sondern das waren die Proben der Bodenkomponenten. Die Mehrheit dieser Proben bestand aus dem mineralen Anteil des Bodens. Dabei gab es aber eine Probe, die wir „Humus“ nannten, die aus der oberen Bodenschicht stammte, und zwar aus der begrasten Schicht. Das waren die Reste. Beim Abglühen verkleinerte sich das Gewicht dieser Probe ungefähr um das Dreißigfache. Das heißt, dass diese Probe einen hohen Gehalt an organischen Stoffen aufwies. Außerdem hatten wir die Probe H mit dem Gewicht von ungefähr 0,5 g, die aus schwarzen Teilchen unterschiedlicher Größe bestand. So ungefähr lauten die Merkmale dieser Proben, die wir zur Verfügung hatten und analysiert haben.

(Schaubild: The scheme of analysis)

Das ist das Schema der Analyse. Das ist eine komplexe Analyse aus einer Probe: Radionuklide von Plutonium, Thorium und Uran.

Die Proben, die wir erhalten haben, haben wir in Hartmörsern zerkleinert. Auf diese Weise konnten wir eine zusätzliche Homogenisierung erreichen.

Wie die weiteren Analysen zeigten, ist die Homogenisierung sehr wichtig. Um eine Probe gut homogenisieren zu können, muss man diesen Vorgang in diesem Hartmörser etwa fünf Stunden lang laufen lassen. Das zeugt davon, dass die Isotope dieser Radionuklide ungleichmäßig in diesen Proben verteilt wurden. Das heißt, dass sie in der Form von radioaktiven Teilchen unterschiedlicher Größen vorlagen.

Der erste Vorgang ist das Abglühen. Das Abglühen wurde bei ca. 600° C durchgeführt. Die Dauer des Abglühens betrug vier Stunden.

Um aus den Proben die Verbindungen von Kohlenstoff und Phosphor zu entfernen, die die weiteren Vorgänge der Analyse stören würden, haben wir auch einiges vorgenommen.

Der letzte Vorgang ist die Auflösung. Die Auflösung geschah in der Mischung von diesen konzentrierten Säuren  $\text{HNO}_3$  und  $\text{HF}$  bei 90° C. Das war die volle Auflösung der mineralhaltigen Proben. Das ist die unangenehmste Prozedur bei der Analyse. Dabei wurde die ganze Probe in diese Lösung überführt.

In diesem Stadium der Analyse wurde auch der Indikator der chemischen Ausbeute hinzugefügt. Das sind die Isotope von Uran, Thorium und Plutonium, die - wie es erwartet wurde - nicht präsent sein werden. Die Auswahl dieser Isotope werde ich im Weiteren erläutern.

Der weitere Vorgang ist die Ausdampfung und dann eine neue Auflösung des Niederschlags in einer nicht so konzentrierten Säure.

In diesem Stadium haben wir eine geringe Menge von Wasserstoffperoxid oder Natriumnitrit zur Stabilisierung von Plutonium im Valenzzustand zugefügt.

Zur Trennung der zu analysierenden Isotope von Makro- und Mikroemulsionen haben wir den Ionenaustausch angewendet. Das ist eine weit erweiterte Methode in Russland und in Weißrussland. Der Anionit heißt bei uns AB-17 in der geladenen Form von einem Nitrat. Das ist ein organisches Harz. Das ist ein Copolymer von Styrol und Divinylbenzol. Das ist ein Starkbasenanionit. In diesem Anionit werden die Anionen von Thorium und Plutonium aufgefangen. Diese befinden sich dabei in der Form von negativ geladenen Teilchen. Das ist eine komplexe Verbindung dieser Elemente - ziemlich stabil - und wird gut in diesem Anionit aufgefangen.

Das Uran dabei liegt vorwiegend in der Form eines positiv geladenen Uranyl-Ion und wird aus diesem Anionit in die Uranfraktion ausgespült.

Zur Reinigung des Urans von den Makroemulsionen haben wir die klassische Methode des Extrahierens des Urans mit Ether verwendet. Diese Extraktion wird breit u. a. in der Radiochemie verwendet. Dabei geht das Uran völlig in die organische Phase über.

Nach der Ausdampfung wird Niederschlag in Salpetersäure aufgelöst, und durch Mitfällung in diesem Laugenmedium fällt es nieder und wird danach durch ein Membranfilter filtriert. Dann haben wir den Auffänger - ein Target - für die Alphaspektrometrie zur Verfügung gehabt.

Für das Thorium haben wir eine konzentrierte Lösung  $\text{HCl}$  in dieser Konzentration 10 M angewendet. Danach wurde genauso mit dem Uran das Target für die Uranspektrometrie hergestellt.



Das Plutonium wurde mit der verdünnten Lösung von 0,05 M HNO<sub>3</sub> und 0,01 M HF, mit dieser Mischung, ausgespült. Dann haben wir wieder den dünn-schichtigen Auffänger für die weitere Spektrometrie zur Verfügung gehabt.

Jetzt einige Worte über die Ausdampfung des Indikators der chemischen Ausbeute - in der englischen Fachliteratur heißen diese Indikatoren „Tracer“ - bei der Analyse des Natururans, das aus solchen Isotopen besteht - 238, 235 und 234 -; man konnte auch 236er, 233er oder 232er verwenden. Wenn wir aber annehmen, dass Uran im Reaktor bestrahlt wurde, dann sollte der Gehalt von Uran-236 ziemlich hoch sein. Wir können dieses Uran als Tracer nicht anwenden. Wenn der Kernbrennstoff aber ein Thorium-Brennstoff ist, dann kann sich das Uran-233 bilden. Dieses Isotop können wir auch als Tracer nicht einsetzen. So haben wir das Uran-232 angewendet, obwohl auch dieses Uran in einem Thorium-Kernbrennstoff auftauchen kann; aber die Konzentrationen sind in der Regel sehr niedrig.

In der vorläufigen Analyse ohne Tracer haben wir in den deutschen Proben nichts festgestellt. Deswegen haben wir Uran-232 als Indikator der chemischen Ausbeute angewendet.

(Schaubild: Energies of  $\alpha$ -particles [MeV] from uranium isotopes [probability, %])

Die Unterschiede der Energie der Alphateilchen dieser Isotope liegen wesentlich höher als die Energieauflösung des eingesetzten Alphaspektrometers. Auf diese Weise konnten wir alle diese Isotope feststellen.

Was Plutonium angeht, sieht die Mischung so aus:

(Schaubild: Energies of  $\alpha$ -particles [MeV] from plutonium isotopes [probability, %])

Vorwiegend sind es 239, 240 und 238.

Im Reaktor-Plutonium kann auch Plutonium-236 und Plutonium-242 präsent werden. Aber die Konzentrationen dabei sind niedrig. Das heißt, als Indikatoren sind alle diese einsetzbar.

Wir haben das Plutonium-242 genommen. Die Energie der Alphastrahlung unterscheidet sich wesentlich von den anderen Isotopen. Das Einzige,

was bekannt ist, sind die kleineren Unterschiede in der Energie der Alphateilchen in diesem Bereich. Deswegen haben wir bei der Analyse nur die Summe dieser Isotopen bestimmt.

Als Nächstes die Isotope von Thorium:

(Schaubild: Energies of  $\alpha$ -particles [MeV] from thorium isotopes [probability, %])

Das Natur-Thorium besteht vorwiegend aus zwei Isotopen, nämlich 232 und 228. Möglich ist auch die Präsenz von Thorium-230, einem Tochterisotop, in der Kette von Uran-238.

Wir haben das Thorium-229 genommen und aufgezeigt, dass in den vorläufigen Analysen das Thorium fehlt.

(Schaubild: A fixed amount of chemical yield indicator ...)

Im Stadium der Auflösung haben wir in dieser Mischung den Indikator zugefügt. Die Indikatoren werden im Stadium der völligen Auflösung eingeführt, damit die chemischen Formen der zu bestimmenden Radionuklide gleich werden mit den chemischen Formen des eingeführten Indikators. Wir führen eine fixierte Menge des Indikators ein. Dann kann man nach dieser einfachen Formel die spezifische Aktivität des zu analysierenden Radionuklides bestimmen:

$$A_x = A_{tr} \cdot (I_x/I_{tr}) / M$$

Die Größe x in dieser Formel ist die spezifische Aktivität des zu bestimmenden Radionuklids.  $A_{tr}$  ist die spezifische Aktivität des Indikators.  $I_x$  sind die Instrumentalzahlen der Ablesungen.  $I_{tr}$  gilt dem Indikator. M ist die Masse.

Die chemische Ausbeute war immer über 70 % im Auffänger, im Target.

(Schaubild: The calibration of the alpha-spectrometer on isotopic sources)

Zur Fixierung der Alphateilchen haben wir diesen Typ des Alphaspektrometers Canberra 7401/VR eingesetzt. Der Detektor heißt „PIPS“. Die aktive Fläche dieses Detektors beträgt 450 mm<sup>2</sup>. Im Energiebereich von 3 bis 10 MeV betrug die Wirksamkeit ca. 30 %. Das ist die Energieauflösung,

die 10 KeV ausmacht. Im Technischen Pass steht 15 bis 18. Wir haben 18 genommen.

Das sind die Detektoren für die Alphateilchen. Sie unterscheiden sich durch den niedrigen Pegel. Das war der Pegel 0,0003 Impulse pro Sekunde, was ungefähr 25 Impulse pro Tag ausmachen würde.

Die Messempfindlichkeit dieses Detektors beträgt ein tausendstel Becquerel.

Regelmäßig haben wir die Kalibrierung des Detektors nach bekannten Isotopen vorgenommen. Wie Sie sehen, ist die Charakteristik linear.

(Schaubild: Table 1 - The results of determination of U, Th, Pu specific activity, Bq/kg)

In dieser Tabelle habe ich die experimentellen Ergebnisse in unterschiedlichen Proben dargestellt.

Hier sind die Bezeichnungen der Proben zu sehen. Der größte Teil war, wie gesagt, der Mineralanteil in den Proben. Das ist der organische Anteil in den Proben.

Wie Sie sehen, sind die Konzentrationen von Uran sehr unterschiedlich. Das Gleiche kann man über das Thorium und Plutonium von der Naturgröße sagen.

Interessant sind in dieser Tabelle die hohen Konzentrationen von Thorium-230, die wesentlich höher als das Mutterisotop U-238 sind. Wenn die Quelle für Thorium-230 dieses Isotop U-238 wäre, dann würden im Gleichgewicht die spezifischen Aktivitäten gleich sein. Aber wie Sie sehen, ist das Thorium-230 in fast allen Proben sehr hoch.

(Schaubild: Table 1 [continuation] - The results of determination of U, Th, Pu specific activity, Bq/kg)

Das ist die Fortsetzung der vorherigen Tabelle. Die höchsten Konzentrationen sehen wir hier in der Probe H. Das ist die Probe, die vorwiegend aus schwarzen Teilchen/Kügelchen bestand.

Um zu erläutern, welche Ursachen die Präsenz dieser Radionuklide in der Natur, in der Umwelt hat, haben wir unsere Ergebnisse der Analysen nach Elementen gruppiert. Aber aus dieser Ta-

belle wird das schon ersichtlich. Ich wollte die Unsicherheiten nicht wiederholen.

(Schaubild: Table 2 - Plutonium isotopes content in samples)

Die höchste Konzentration von Plutonium liegt in dieser Probe H mit den schwarzen Teilchen mit der Aktivität bis 60 Bq/kg.

Um die Quellen des Plutoniums zu unterscheiden, muss man sich an dem Verhältnis der Isotope orientieren, d. h. von Pu-238 zu Pu-239+240. Wenn dieses Verhältnis kleiner als 0,04 ist, gilt die Annahme, dass es ein Bomben-Plutonium ist. Dieses Bomben-Plutonium heißt mit anderen Worten noch Global-Plutonium. Dieses Verhältnis erschien in der Umwelt nach der Katastrophe mit dem amerikanischen Satelliten. Wenn die Konzentrationen wesentlich über solchen Werten liegen, kann man behaupten, dass der Verursacher der Präsenz dieser Isotope in der Umwelt die Bestrahlung im Reaktor ist.

Praktisch war das ganze Plutonium in den Proben, die wir analysiert haben, ein Reaktor-Plutonium, kein Global-Plutonium.

(Schaubild: The basic sources of plutonium in the environment are as follows)

Auf diese Weise sehen wir sozusagen zwei Verursacher des Plutoniums in der Umwelt. Der eine ist der amerikanische Satellit SNAP-9A. Der zweite Verursacher sind die unterschiedlichen Störfallsituationen in den Anlagen des Brennstoffkreislaufs.

Ich wiederhole es: Das Verhältnis der Isotope macht ca. 0,5 aus. Wenn dieses Verhältnis über 0,06 ist, dann ist dabei auch das Reaktor-Plutonium präsent in einer Mischung.

Auf diese Weise kann man schließen, dass in den Proben aus Deutschland vorwiegend das Reaktor-Plutonium vorlag.

(Schaubild: Table 3 - Thorium isotopes content in samples)

Was das Thorium angeht - ich wiederhole es -, sind in der Natur die Isotope 232 und 228 vorhanden. Das Gleichgewicht dieser Isotope sieht so aus. In den Proben näherte sich dieses Verhältnis der 1.

In drei Proben haben wir Uran-233 festgestellt in den Mengen, die die Messempfindlichkeit oder Analyseempfindlichkeit wesentlich überschreiten. Dieses Isotop kommt durch die Bestrahlung des Thoriums im Reaktor zustande, d. h. sekundärer Kernbrennstoff. Auf diese Weise, ausgehend von der Isotopenzusammensetzung des Thoriums, können wir behaupten, dass das Thorium auch von Reaktorherkunft ist.

(Schaubild: Natural thorium consists ...)

Hier habe ich die Reaktionen dargestellt. Das ist ein Natur-Thorium. Dies ist das Tochterprodukt Th-228. Bei der Bestrahlung des Thoriums im Kernreaktor kommt das Endprodukt zustande, das Uran-233. Das Uran-233 ist der sekundäre Kernbrennstoff. Man kann sagen, dass die Zukunft der Kernenergienutzung in diesem Element liegt, weil Thorium-232 in der Natur in größeren Mengen vorkommt als das Uran.

(Schaubild: Table 4 - Uranium isotopes content in samples)

Diese Tabelle zeigt die Konzentration des Urans in den Proben. Praktisch in allen Proben haben wir den Gehalt von Uran-235 festgestellt. Gewöhnlicherweise gibt man diese Werte in Massenprozent an. Das war wesentlich höher als 2 Massenprozent. Im Kernreaktor von Tschernobyl war die Konzentration von Uran-235 2 %. Diese Konzentrationen zeugen davon, dass das Uran in den deutschen Proben kein Tschernobyl-Uran ist. Hier ist ein hoch angereichertes Uran im Spiel. Außerdem haben wir in den deutschen Proben einen hohen Gehalt von Uran-236 festgestellt. In der Natur kam vor dem Beginn der Kernenergienutzung und -forschung dieses Uran nicht vor. Das sind sehr hohe Konzentrationen von Uran-236. Sie überschreiten um das Hunderttausendfache den Gehalt von Uran-236 in der Natur. Bei uns in Belarus liegen diese Konzentrationen im Ergebnis des GAU von Tschernobyl wesentlich tiefer; sie sind also kleiner. Das Vorhandensein von Uran-236 zeugt davon, dass in allen Proben das Uran ein Reaktor-Uran war. Also alles, was festgestellt wurde, kam durch die Bestrahlung in einem Reaktor zustande.

Nur in diesen beiden Proben A-1/7+C-1/6 und D-2/6+G-2/7 war der Gehalt von Uran-235 sehr gering. Wir dachten anfänglich, es sei das Natur-

Uran. Aber die Konzentrationen des Natur-Uran sind in der Regel kleiner als diese Anzahl Becquerel pro Kilogramm. Die Kollegen haben gesagt, dass die Flächen, von denen diese Proben stammen, eine niedrige Radonkonzentration aufweisen. Wir erwarten, dass der Gehalt von Natur-Uran hier kleiner als 10 Bq/kg ist. Praktisch haben wir in keiner Probe solch ein Natur-Uran gefunden, wo die Konzentration von Uran-235 0,7 % beträgt.

(Schaubild: Isotope ratios ...)

Auf diesem Schaubild werden im Weiteren die Verursacher der Präsenz von Thorium-230 in der Umwelt erläutert. Das ist die Zerfallkette von Uran-238 bis Thorium-230. Wenn es hier um einen Thorium-Kernbrennstoff geht, dann laufen hier die Reaktionen. Über Thorium-230 kann man zu Thorium-232 gelangen. Das geschieht bei der Bestrahlung von Uran-230 und Uran-232.

So zeigen die Ergebnisse der Analysen auf, dass fast in allen Proben das Plutonium von einer Reaktorherkunft vorliegt, dass das Thorium auch von Reaktorherkunft ist und Uran in der Mehrzahl der Fälle auch von Reaktorherkunft ist. Es gab auch Fälle, wo wir mit einem Natur- oder einem abgereicherten Uran zu tun hatten.

Jetzt bedanke ich mich für Ihre Aufmerksamkeit.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Vielen Dank, Herr Prof. Mironov, für Ihre ausführliche Darstellung. - Sie haben jetzt Gelegenheit, Fragen zu stellen. Wir haben auf jeden Fall eine gute Stunde Zeit. Ich bitte daran zu denken, vorweg immer den Beruf zu sagen, damit Herr Prof. Mironov das einordnen kann.

Abg. **Christa Elsner-Solar** (SPD): Ich bin nicht Physikerin, sondern Sozialarbeiterin und kann die einzelnen physikalischen Gesetze nicht nachvollziehen. Ich würde aber gerne von Ihnen wissen: Ist Ihr angewandtes Verfahren ein international anerkanntes Verfahren, und entspricht die Dokumentation internationalen Standards?

Meine zweite Frage: Würde eine Bodenprobe aus einem als unbelastet klassifizierten Bereich bei einer Verdichtung oder Potenzierung auch solche Werte zeigen?

Prof. Dr. **Mironov**: Diese Methode der Analyse ist weltbekannt. Das Extrahieren des Uran mit 4-Ether wurde in den ersten Jahren der Kernener-

gienutzung und -forschung weit verwendet. Ausschließlich Ether kam damals infrage.

Die Reinigungsmethode des Ionenaustauschs wird auch weltweit verwendet - einschließlich Deutschlands.

Mein Labor beteiligt sich an den internationalen Kalibrierungsvorgängen, bei denen wir von der IAEA Proben mit ihr, aber nicht uns bekanntem Gehalt bekommen. Sie haben uns ein Gras aus Österreich gebracht. In diesem Gras sollten wir den Gehalt der Isotope von Plutonium untersuchen. Wir haben aufgezeigt, dass es die Österreicher in ihrem Gras mit dem Global-Plutonium zu tun haben. Durch diese Beteiligung an internationalen Projekten haben wir die internationale Anerkennung erreicht. Außerdem hat das Khlopin Radium Institut in St. Petersburg - dieses Institut gehört zu den führenden Instituten für Transurane - die Vergleichsanalysen vorgenommen. Wir haben auch diese Kalibrierung mitgemacht. Unser Labor hat außerdem in Weißrussland im nationalen Rahmen die Arbeiten bei der Analyse des Plutoniums gemeinsam mit anderen unabhängigen Labors gemacht. Also jedes Labor arbeitet unabhängig. Dadurch entstanden diese Vergleichsergebnisse. Nur nach dieser Kalibrierung wurden wir an die Arbeiten zur Messung des Urans und des Plutoniums auf dem Territorium Weißrusslands zugelassen. - Das zu dem ersten Teil Ihrer Fragen.

Zum zweiten Teil Ihrer Fragen möchte ich zu dieser radiochemischen Analyse Folgendes sagen: In der allgemeinen Chemie heißt es „Ultramikroanalyse“. Wenn wir diese Gewichtsprozent des Gehaltes von Uran, Thorium und Plutonium in einer Mischung betrachten, geht es um Mikrogramme und weniger pro Probe. Deswegen muss man vor der Analyse eine native Analyse mit leeren Proben durchführen. Das ist in der Radiochemie eine Pflichtetappe, ein Pflichtschritt. Wir sollen zeigen, dass diese Isotope in den Reagenzien fehlen und das Geschirr sauber ist. Genauso ist es in der Kulinarie: „Geschirr bitte waschen!“ Das ist ein Pflichtschritt. Wenn man im Alltag schmutziges Geschirr zur Hand nimmt, kann man nur schlechte Qualität unseres Essens, unserer Nahrung erreichen. Bei der Radiochemie geht es nicht um den visuellen Schmutz, sondern um die radiochemische Reinheit. Bei der Analyse ist das ein Pflichtschritt.

Abg. Dr. **Joachim Runkel** (CDU): Ich bin Maschinenbau-Ingenieur und habe im Fach der Kernenergie promoviert. - Ich habe zwei Fragen an Sie. Sie sprachen von Benchmarks, an denen Sie teilgenommen haben, um Ihre Messmethode zu qualifizieren. Wann war der letzte Benchmark-Test, an dem Sie teilgenommen haben?

Meine zweite Frage: In den Ergebnissen der Tabelle 4, in der Sie das Verhältnis Uran-235 zu Uran-238 dargestellt haben, kommt in der überwiegenden Zahl der Proben ein mit Uran-235 angereichertes Ergebnis und in zwei Proben ein abgereichertes Verhältnis zutage. Wie erklären Sie sich diese große Differenz, diese Abweichung zwischen einerseits abgereichertem Uran und andererseits relativ hoch angereichertem Uran in den Proben, die ja wohl auf engem Raum zusammen aufgenommen worden sind?

(Schaubild: Table 4 - Uranium isotopes content in samples)

Prof. Dr. **Mironov**: Die Benchmarks habe ich „Kalibrierung“ genannt. Die letzte Kalibrierung im IAEA-Auftrag haben wir im Jahre 1995 durchgeführt. Das ist ein teurer Spaß, den man sich einmal jede 10, 15 Jahre leisten kann. Das ist meine Annahme.

Was diese zwei Proben mit dem niedrigen Gehalt von Uran angeht, haben wir durchdiskutiert: Was ist der Verursacher oder die Quelle dieses Uran? Aber meine Kollegen Physiker aus Weißrussland haben doch darauf bestanden, es sei das abgereicherte Uran. Aber der Gehalt liegt an der Schwelle der Messempfindlichkeit des Messgerätes. Außerdem ist der Gehalt dieses Isotops Uran-234 niedrig. Relativ hoch ist der Gehalt von Uran-238. In Weißrussland haben wir auch den Gehalt des Natur-Urans im Boden von 0,1 bis 5 g pro Tonne Boden analysiert. Diejenigen, die mit der Untersuchung von Uran zu tun haben, wissen, dass wir immer in Gramm pro Tonne Boden messen. Das sind ungefähr 10 Bq pro Kilogramm Boden. Das ist eine relativ hohe Konzentration von Uran. Wir erwarten, dass, wenn wir 10 hätten, die Werte von Uran-235 größer wären. Auf diese Weise blieb man bei dieser Annahme, dass es ein abgereichertes Uran ist.

Wie Sie hier sehen, ändern sich die Konzentrationen von Uran wesentlich. Das ist eine Tatsache zugunsten unserer Analysenmethode. Nach dieser

Methode kann man auch abgereichertes Uran, ein angereichertes Uran und ein Reaktor-Uran feststellen.

Abg. Dr. **Joachim Runkel** (CDU): Eine Zusatzfrage: Mir ist nicht bekannt, dass in Reaktoren - Sie sagten ja, die Radioaktivität stamme offensichtlich aus Reaktoren - abgereichertes Uran verwendet wird.

Prof. Dr. **Mironov**: Das ist nur die Annahme, die wir gemacht haben. Diese Annahme lautet: Dieses Uran ist nicht in einem Reaktor gewesen.

Abg. Dr. **Diethelm Stehr** (CDU/HH): Ich bin Abgeordneter aus Hamburg, von Beruf bin ich Physiker. Ich habe in der Vergangenheit auch einmal im Umweltbereich Spurenanalytik betrieben und weiß, wie schwierig das ist und wie sorgfältig man arbeiten muss, um zu belastbaren Ergebnissen zu kommen. Insofern vielen Dank für die Erläuterung Ihrer Arbeitsweise!

Sie haben von dem sauberen Geschirr gesprochen. Dazu habe ich eine erste kleine Frage. Sie haben einen Tracer zugesetzt. Sie haben ihn „Indikator“ genannt und dazu die Isotope genannt, die verwendet wurden. Diese Isotope gibt es in der Realität eigentlich nicht in lupenreiner Form. Die haben auch immer Beimischungen anderer Isotope. Können Sie etwas zu der Menge der anderen beigemischten Isotope dieses Elements aus Ihrem Tracer etwas sagen? - Das ist meine erste Frage. Ich habe dann noch eine zweite.

Prof. Dr. **Mironov**: Ja, diese Isotope gibt es nicht im reinen Zustand in der Natur. Diese Isotope mussten wir kaufen, ein Teil davon von der Firma Amersham. Die waren teuer. Wir haben auch beim Radium Institut in Peterhof gekauft; die waren wesentlich billiger. Sehr wesentlich war dabei, Bescheid zu wissen, inwieweit diese Indikatoren rein sind. Das ist sehr wichtig, dass diese Indikatoren der Ausbeute nicht mit den Isotopen, die wir zu bestimmen haben, gemischt sind. Beim Einkauf bei der Firma Amersham und auch in Peterhof war unsere Anforderung: niedriger Gehalt der zu bestimmenden Isotope. Wir haben angegeben „Die bitte nicht!“. Außerdem haben wir, bevor wir diese Isotope der Mischung zusetzen, das Spektrum dieser Teilchen aufgezeichnet und experimentell nachgewiesen, dass in dieser Mischung andere Isotope nicht präsent sind. Ich weiß, dass z. B. das Labor CIEMAT in Spanien schon etliche Jahre mit

dem Plutonium in Palomares arbeitet, wo den Amerikanern eine Bombe abhanden gekommen war. Dieses Labor hat als Tracer Plutonium-236 billig gekauft; aber der Gehalt von Plutonium-238 war hoch und die Ergebnisse der Analyse waren mit mehreren Unsicherheiten verbunden. Ich wurde beauftragt, zu untersuchen, warum die Ergebnisse so ausfielen. Dann habe ich als Ursache niedergeschrieben: verunreinigter Tracer. - Danke für diese Frage. Das ist wirklich sehr wichtig.

Abg. Dr. **Diethelm Stehr** (CDU/HH): Ich habe noch eine zweite Frage zum Methodenvergleich. Hier werden ja an die Messung der Isotopenverhältnisse sehr weitreichende Schlüsse geknüpft und damit auch Konsequenzen ausgelöst. Von Fachkollegen aus Deutschland wird gesagt, dass es mit der Methode der Alphaspektrometrie nur begrenzt möglich ist, die Isotopenverhältnisse exakt zu bestimmen, und dass sich eigentlich für die Messung von Isotopenverhältnissen die Methode der ICP - Inductively Coupled Plasma - gekoppelt mit Massenspektrometrie besser eignet und belastbarer in den Ergebnissen ist. Können Sie sich zu diesem Vergleich bitte noch einmal äußern? Noch einmal: Ich möchte gerne den Vergleich ICP-MS, also Inductively Coupled Plasma gekoppelt mit Massenspektrometrie, haben.

Prof. Dr. **Mironov**: Bei der Registrierung insbesondere des Urans verwendet man zwei Methoden. Die Alphaspektrometrie ist eine relativ billige Methode. Zu der zweiten Methode ICP-MS: Die Massenspektrometristen verwenden nicht absolute Größen der Analyse. Die mögen nicht besonders diese absoluten Messungen. Die beziehen sich auf Relativitäten, auf die Verhältnisse der Massen. Die Präzision ist in diesem Fall wesentlich höher als bei der Alphaspektrometrie. Aber die Effekte dieser Massenspektrometrie sind nur dann wertvoll, wenn alle chemischen Makroverunreinigungen, Einschlüsse und andere Isotope, die bei dieser Massenspektrometrie wesentlich stören, beseitigt werden.

In diesem Zeitraum befassen wir uns auch mit der Analyse der Flächenkontamination in Weißrussland mit Uran-236. Die Alphaspektrometrie ließ die Feststellung dieses Isotops nicht zu. In diesem Fall haben wir Kollegen in Deutschland und in Australien angesprochen, die große Spezialisten für die Massenspektrometrie sind. Sie haben uns bei der Untersuchung der Bodenproben aus Weißrussland auf Uran-236 geholfen. Eine der Proben,

die wir aus Deutschland bekommen haben, um sie zu analysieren, haben wir in einem Massenspektrometer untersucht. Wir haben nur relativ gute Vergleiche gezogen. Zwei unabhängige Methoden: Alphaspektrometrie bei uns und Massenspektrometrie. Wir sind der Meinung, dass die experimentellen Ergebnisse ziemlich genau sind.

**Dr. Hajo Dieckmann (LK Lüneburg):** Ich bin Leiter eines Gesundheitsamtes und Umweltmediziner, also kein Physiker. - Herr Prof. Mironov, Sie haben anhand des Isotopenverhältnisses dargelegt, dass Ihre Befunde nicht aus Bombenfallout und nicht aus dem Tschernobyl-Fallout stammen können. Meine Frage ist: Können Sie anhand der Nuklid-, der Isotopenverhältnisse, anhand der spezifischen Isotope, die Sie nachgewiesen haben, eine Aussage dazu machen, aus welcher Art Reaktor diese Nuklide stammen könnten?

**Prof. Dr. Mironov:** Ja, ausgehend von dem Isotopenverhältnis und der Präsenz solch eigentlich seltener Isotope wie Thorium. Solche Isotope, die wir festgestellt haben, fehlen im Urankernbrennstoff in einem Kernreaktor. Der Gehalt von Thorium ist auf unserer Erde höher als von Uran. Es wäre vernünftig, dass man Thorium-Kernbrennstoff verwendet anstelle von Uran. Wenn wir in den Reaktorkernen Uran verbrennen, dann geht es nur um Uran-235. Davon gibt es aber nur 1 %. Thorium können wir völlig verbrennen in der ganzen Kette im Reaktorkern. Auf diese Weise - wenn wir natürlich lernen, das Thorium als Kernbrennstoff zu verwenden - können wir den sekundären Kernbrennstoff, d. h. Uran-233, bekommen. Der würde Jahrhunderte ausreichen und die Kernenergienutzung weiterentwickeln können. Deswegen hat man in mehreren Ländern Forschungsreaktoren für die Entwicklung dieses Thorium-Kernbrennstoffs. Diese Reaktoren heißen „Multiplikatoren“ und „Schnelle Brüter“, in welchen bei der Verbrennung von Uran-235 auch Uran-233 erhalten wird. Die Berechnungen zeigen auf, dass es unter bestimmten Bestrahlungsbedingungen fast ein Perpetuum Mobile ist, weil wir mehr Uran-233 als Uran-235 bekommen können.

Mit diesen Fragen befassen sich die Amerikaner in den USA und die Franzosen. In Deutschland schenkt man dieser Frage, soweit ich weiß, auch eine ernste Aufmerksamkeit. Unter Berücksichtigung der höchsten Qualifikation der deutschen Chemiker, die auf der ganzen Welt ruhmreich sind und die als Erste vieles getan haben, meine ich,

dass sie auch die Ersten in diesem Sinne sein werden. Es liegt auch eine Information vor, dass die Deutschen schon so weit waren, dass sie einen Reaktor mit Thorium-Kernbrennstoff betrieben haben.

**Dr. Hajo Dieckmann (LK Lüneburg):** Herr Prof. Mironov, eine ganz kurze Zusatzfrage: Ich verstehe Sie richtig, diese Konstellation von Isotopen, die Sie gefunden haben, kann nicht aus einem kommerziellen Reaktor stammen?

**Prof. Dr. Mironov:** Richtig.

**Dr. Hajo Dieckmann (LK Lüneburg):** Es kann also nur aus einem Forschungsreaktor stammen?

**Prof. Dr. Mironov:** Nicht aus einem Leistungsreaktor mit Uran-Kernbrennstoff. Die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke in Westeuropa setzen Uran-Kernbrennstoff mit der Anreicherung bis 4 % ein. Hier haben wir mit hohen Konzentrationen von Uran-235 zu tun. Das kann nur aus einem Brüter stammen, wo die Produktion dieses Isotops ein Ziel ist. In den Kernen der in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke ist der Abbrand ca. 9 bis 10 MW pro Kilogramm Uran. Im Thorium-Kernbrennstoff ist der Abbrand um das 10- bis 15-Fache höher als in einem Uran-Kernbrennstoff.

**Abg. Dr. Diethelm Stehr (CDU/HH):** Ich habe eine Zusatzfrage zu dieser Fragestellung von Herrn Dieckmann und Ihren Schlussfolgerungen. In dem GKSS-Forschungszentrum wird ja ein Forschungsreaktor betrieben, dessen Ziel im Wesentlichen ein Neutronenstrahlrohr ist. Mit diesem Strahlrohr sind auch sehr viele Umweltproben bestrahlt worden. Halten Sie es für denkbar, dass, wenn Natur-Uran aus der Umwelt mit Neutronen bestrahlt wird, auch dies zu den von Ihnen genannten Brutprozessen und diesem Isotopenverhältnis führen kann?

**Prof. Dr. Mironov:** Bei der Bestrahlung des Natur-Urans kann man eine Kettenreaktion nicht bekommen. Alle Reaktoren werden mit einem Moderator betrieben. Es geht in den Reaktoren um die Wärmeneutronen. Mit dem Natur-Uran werden nur Reaktoren betrieben, die mit schwerem Wasser moderiert werden, mit D<sub>2</sub>O.

**Abg. Dr. Diethelm Stehr (CDU/HH):** Ich fürchte, hier ist ein Missverständnis im Raum. Der Reaktor in Geesthacht ist ein Swimmingpool-Reaktor, der mit Uran betrieben wird, der seinerseits Neutronen

produziert. Mit diesen Neutronen werden Experimente gemacht. Ich rede von diesen Experimenten. Wenn in diesem Neutronenfeld, das bereits existiert, Natururan-haltige Proben eingebracht werden, dann gibt es auch Aktivierungsreaktionen? Das war meine Frage.

Prof. Dr. **Mironov**: Ja, die Aktivierungsreaktion ist bekannt. Durch diese Aktivierung bekommt man das Plutonium. Das Uran wurde zum ersten Mal nicht für den zivilen Bereich, sondern beim Militär für die erste Bombe eingesetzt. Die erste Bombe war mit hoch angereichertem Uran-235. In den Folgeentwicklungen wurde schon Plutonium eingesetzt. Im Prinzip kann man das Plutonium als Kernbrennstoff einsetzen. Wenn wir wirklich das Verbot der Kernwaffen erzielen, dann können wir in den Reaktorkernen das ganze Plutonium verbrennen, das sich jetzt in vielen Bomben befindet. Dann brauchen wir nicht mehr zu bestrahlen, nicht zu konzentrieren - wir haben ein fertiges Waffenplutonium, das wir als Kernbrennstoff einsetzen können. Ja, das ist möglich. Das ist die direkte Antwort auf Ihre Frage: Das ist möglich. Aber da besteht die Gefahr - wie wir alle vom Beispiel des Iran wissen -, dass die Produktion des Kernbrennstoffs mit der möglichen Produktion von Kernwaffen verbunden ist.

Abg. **Detlef Matthiessen** (GRÜNE/SH): Herr Mironov, ich bin Abgeordneter aus Schleswig-Holstein und von Beruf Tierarzt. Ich gehe davon aus, dass die Methodendiskussion, die eben geführt worden ist, erbracht hat, dass Ihre Methoden offensichtlich korrekt waren. Von den Ergebnissen her wollte ich die Fragen stellen, die schon Herr Dieckmann gestellt hat. Wenn das Ergebnis so ist, dass wir es hier mit einem Nuklidspektrum zu tun haben, dass wir es hier mit einem Transuranspektrum oder mit einer Isotopzusammensetzung zu tun haben, die sich nicht aus Fallout von Waffentests erklärt und sich nicht natürlich erklärt, dann interessiert uns die Frage nach möglichen Ursachen, wie diese Proben zustande gekommen sind. Da gibt es eine Theorie, dass ein Unfallereignis in diesem Forschungsreaktor zur Verbreitung von Nukliden in der Umwelt geführt hat. Halten Sie dieses Erklärungsmodell für tauglich, um dieses Nuklidspektrum, das Sie gemessen haben, zu erklären?

Prof. Dr. **Mironov**: Die Internationale Kommission für Kernenergie bei der IAEA heißt „Wissenschaftliches Strahlenschutzkomitee“. Alle vier Jahre ver-

öffentlicht sie eine Studie. In dieser Studie werden die Ableitungen aller in Betrieb befindlichen Blöcke auf der ganzen Welt publiziert. In den letzten 15 Jahren wurden keine Freisetzungen von Uran, Thorium und Plutonium festgestellt - nicht publiziert. Beim Normalbetrieb gibt es in den Ableitungen aus Kernkraftwerken keine solchen Isotope. Nur durch einen Störfall mit Freisetzung ist die Präsenz solcher Nuklide in der Natur möglich, z. B. durch den GAU von Tschernobyl. Außerdem sind die Wiederaufarbeitungsanlagen in diesem Sinne gefährlich. Sellafield ist ein Beispiel, auch Militärproduktionswerke in Kolumbien, wo die Konzentrationen sehr hoch waren und sind. In Europa beträgt die Konzentration des Global-Plutoniums durchschnittlich 50 Bq/m<sup>2</sup>. Um diese Anlagen herum sind Zehntausende von Becquerel pro Quadratmeter wegen dieser Isotope. Das sind aber nur die lokalen Kontaminationen.

Die Präsenz dieser Isotope in der Umgebung solcher Betriebe ist nur durch Störfälle mit Freisetzung in den Betrieben zu erklären, z. B. durch einen Brand oder eine Tschernobyl-Katastrophe, eine Explosion des Kerns, eine Kernschmelze und andere Störfallsituationen.

Abg. **Detlef Matthiessen** (GRÜNE/SH): Zu den Fragen, die hier aufgegeben waren, mit denen wir uns beschäftigen wollen: Wer war der Untersucher? - Das ist ja klar. - Zu welchem Zeitpunkt? Wer war der Auftraggeber? Was war für die Formulierung des Auftrags Anlass? Ziel und Vorgaben des Auftraggebers?

Prof. Dr. **Mironov**: Mein Auftraggeber hat seinen Auftrag auf diese Weise formuliert - ich habe bei der Zielsetzung die Formulierung angegeben -:

(Schaubild: Task)

Die Bestimmung der spezifischen Aktivität der Isotopen von Uran, Thorium und Plutonium. - Nur die Analyse als solche. Die Erläuterung der Ergebnisse war schon meine Privatinitiative, einigermaßen auf die Verursacher der Präsenz dieser Isotopen einzugehen.

Prof. Dr. **Rolf Michel** (Universität Hannover, Zentrum für Strahlenschutz): Herr Mironov, Ihre Ergebnisse werden sicherlich noch sehr intensiv in Deutschland diskutiert werden. Daher zwei Fragen, die für die Beurteilung der Daten unerlässlich sind: Erstens. Welche Messunsicherheiten wurden

außer den statistischen Fehlern berücksichtigt? - Im Text steht, dass es ausschließlich die statistischen seien.

(Zuruf: Fehlerfortpflanzung!)

- Wenn Sie so wollen, ja.

(Schaubild: Table 1 - The results of determination of U, Th, Pu specific activity, Bq/kg)

Prof. Dr. **Mironov**: Noch einmal diese Tabelle. Aus dieser Tabelle werden auch die Unsicherheiten ersichtlich. Wenn die Probe größer als 10 g war, so dass wir mit diesen 10 g drei bis vier Analysen durchführen konnten, haben wir auch die Reproduktivität der Methodik u. a. berücksichtigt.

Prof. Dr. **Rolf Michel** (Uni Hannover, Zentrum für Strahlenschutz): Das passt direkt zu meiner zweiten Frage. Sie haben gerade gesagt, dass Sie teilweise Wiederholungsanalysen durchgeführt haben, dass Sie replicates, duplicates gemacht haben. Sie haben gesagt, dass Sie eine Blindwertanalyse durchgeführt haben unter Zugabe von Tracern. Und Sie haben gesagt, dass Sie die Tracer auf ihre Reinheit überprüft haben. Jetzt meine Frage: Können Sie die zugehörigen Daten vollständig zur Verfügung stellen, damit man beurteilen kann, was dort im Einzelnen gemacht wurde? Das Problem ist: Nur mit der Tabelle ohne die Daten, die Herr Mironov als Analysenergebnisse zusätzlich noch angeführt hat, ist eine Beurteilung für mich nicht möglich.

Prof. Dr. **Mironov**: Was möchten Sie konkret zusätzlich? Was möchten Sie?

Prof. Dr. **Rolf Michel** (Uni Hannover, Zentrum für Strahlenschutz): Ich möchte die Ergebnisse der Blindwertanalyse, des blanks, the results of the Blank Analysis - also die Ergebnisse der Blindwertanalyse unter vollständiger Zugabe der Tracer, die Ergebnisse der massenspektrometrisch gemessenen Probe.

Prof. Dr. **Mironov**: Nur eine Probe wurde durch Massenspektrometrie analysiert.

Prof. Dr. **Rolf Michel** (Uni Hannover, Zentrum für Strahlenschutz): Diese Ergebnisse würde ich gerne sehen!

Prof. Dr. **Mironov**: Ich habe auf privater Basis meine Freunde um diese Massenspektrometrie gebeten. Ich weiß es nicht. Das war nur eine deutsche Probe. Aber im Prinzip kann ich eigentlich alles liefern.

Prof. Dr. **Rolf Michel** (Uni Hannover, Zentrum für Strahlenschutz): Was wir generell brauchen: Wir brauchen eine vollständige Dokumentation - - -

(Zurufe: Wer ist „wir“? - Abg. Christa Elsner-Solar [SPD]: Wir wissen nicht, wer Sie sind!)

- Entschuldigung, das habe ich vorhin nicht gesagt. Mein Name ist Rolf Michel. Ich komme von der Universität Hannover. Ich werde heute Nachmittag auch noch vortragen. Ich habe mich mit dem Problem der Elbmarsch ausführlich im Zusammenhang mit der SSK-Beratung beschäftigt. Dass mir das „wir“ jetzt herausgerutscht ist, hatte etwas damit zu tun, dass sicherlich in anderen Gremien diese Ergebnisse auch noch eingehend diskutiert werden.

(Zuruf: Strahlenschutzkommission?)

- Ja. Das habe ich gesagt. Ich habe „SSK“ gesagt.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Nur eine Probe wurde mit Massenspektrometrie untersucht. Es wäre natürlich auch für uns in der Politik wichtig, Ergebnisse zu bekommen, wenn das möglich ist.

(Abg. Uwe Harden [SPD]: Das wäre ganz schön! Dann müsste sie das auch bezahlen!)

Prof. Dr. **Mironov**: Ich weiß, dass im Physik-Institut an der Universität Mainz speziell ein Massenspektrometer gefertigt wird. Das wird zur Analyse des Urans-236 dienen. Das wird ein unikales Messgerät sein. Dann haben Sie in Deutschland innerhalb des Landes überhaupt kein Problem, die Proben unter dieses Spektrometer, unter diesen Detektor zu schieben. Die ganze Radiochemie können Sie von uns bekommen. Aber wenn wir das Mainzer Institut ansprechen, dann ist es unbezahlbar. Die Proben, die wir aus Deutschland bekommen haben, sind zum Teil erhalten geblieben. Wie sind sie erhalten geblieben? - Das sind diese Auffänger, wo wir Uran, Plutonium, Thorium haben. Wir können Ihnen diese Filter geben. Dann können Sie das Uran wieder mit einer Säure aus-



spülen, wo die ganze Radiochemie schon durchgeführt wurde, Uran rein vorliegt, und unter das Spektrometer schieben. Die ganze Prozedur nimmt im Ganzen 15 Minuten in Anspruch. Die wochenlangen Operationen in der Radiochemie haben wir durchgeführt. Für mich wäre das auch sehr interessant. Sie würden sich dann alle von der Glaubwürdigkeit - Plausibilität ist vorhanden - meiner experimentellen Ergebnisse überzeugen. Das ist eine unikale Möglichkeit. Ich glaube, dass dieses Massenspektrometer für Uran-236 in Mainz nicht so überlastet sein wird, zumal die Abgeordneten des Landesparlaments darum bitten würden und nicht ein Ausländer Mironov.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Vielen Dank für die Beantwortung dieser Fragen. Die nächste Frage stelle ich selbst. Es sind zwei kurze Fragen. Die erste Frage: Sie haben ja angegeben, dass Sie bei der Untersuchung zunächst nicht wussten, woher das Probematerial stammt. Ich denke, inzwischen wissen Sie das. Wissen Sie Genaueres über die Probenahme?

Prof. Dr. **Mironov**: Ich weiß nicht, von wo, aus welcher Gegend diese Proben stammen, die ich analysiert habe.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Ich war eigentlich davon ausgegangen. Aber Sie wissen es nicht?

Prof. Dr. **Mironov**: Ich weiß es jetzt ungefähr.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Die zweite Frage ist: Sie haben 1 kg Material - ich beziehe mich auf die Probe H mit den Kügelchen - bekommen und haben dann durch die magnetische Separierung 0,4 g Analysematerial untersucht. Für mich als Nichtnaturwissenschaftlerin - ich bin Kommunikationstrainerin - stellt sich die Frage: Ist das genug, um repräsentativ hochrechnen zu können und zu sagen „0,04 % der Probe sind Indikator für die Ergebnisse der gesamten Probe“?

Prof. Dr. **Mironov**: Ich fange wieder mit der Kulinarie an: Man nehme sauberes Geschirr. In der Radiochemie nehme man einen sauberen Topf. Für einen Chemiker heißt der erste Schritt: Man nehme 10 g Asche. - Es ist egal, was gemeint wird: von Milch oder von einer Fleischsorte; es kann ein Brot sein, Boden - egal was.

Diese Methodik, die ich Ihnen beschrieben habe, weist bei den Proben nicht über 10 g Gewicht auf, dass die Herstellung eines dünn-schichtigen Auffängers möglich ist. Je kleiner die Probe ist, desto qualitativer, desto höher ist die Qualität des Auffängers, des Targets. Andererseits berücksichtigen wir die Messempfindlichkeit des Detektors. Wir haben eine gute Messempfindlichkeit - das ist ein guter Detektor -: ein tausendstel Becquerel. Deswegen sollte die Aktivität in dieser Probe über diesem Tausendstel liegen. In dieser Probe sind, wie Sie gesehen haben, tausende von Becquerel. Dann reichte das halbe Gramm völlig aus, um das festzustellen. Wenn die Aktivität so gering wäre wie in den Proben A und D, dann würden wir mit einem halben Gramm nicht viel anfangen können; diese Menge wäre nicht ausreichend. Die Anzahl der Auffänger wird durch die Messempfindlichkeit des Detektors bestimmt und durch die Möglichkeiten der chemischen Methode, die zu bestimmenden Radionuklide gut von diesen Makroein-schlüssen trennen zu können, d. h. von den nicht radioaktiven Verbindungen, die im Boden in Hülle und Fülle vorliegen.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Ich habe jetzt noch einige Wortmeldungen. Ich glaube, ich muss dann die Rednerliste abschließen, damit wir mit der Zeit hinkommen. Es sind jetzt der Reihenfolge nach Herr Harden, Herr Dr. Csicsaky, Herr Pflugbeil, Herr Runkel und Herr Matthiessen. Gibt es noch jemanden, der auf jeden Fall noch mit auf die Rednerliste möchte? - Herr Stehde. Dann kann ich sie jetzt abschließen.

Abg. **Uwe Harden** (SPD): Ich bin Abgeordneter aus der Region, aus der die Bodenproben kommen. Ich habe die kurze Frage, ob ich Sie richtig verstanden habe, dass nicht eine einzige dieser Proben Uran, Plutonium und Thorium in der Menge enthält, wie sie normalerweise zu erwarten ist.

Prof. Dr. **Mironov**: Ich habe die Frage nicht verstanden.

Abg. **Uwe Harden** (SPD): Wenn man ganz normal in Westdeutschland Bodenproben nimmt - Sie haben gesagt, das Verhältnis von Uran-235 zu Uran-238 sind 0,7 Massenprozent; Thorium liegt in einer bestimmten Konzentration vor, Plutonium in ganz geringer Konzentration; das ist nur schwer nachzuweisen -, ich habe Sie so verstanden, dass praktisch in jeder dieser Proben eine unnatürliche

Zusammensetzung ist, die nicht der in der Natur vorkommenden Zusammensetzung entspricht.

Prof. Dr. **Mironov**: Das haben Sie richtig verstanden.

MR Dr. **Csicsaky** (MS): Herr Prof. Mironov, ich bin Biologe und habe von daher keine guten Voraussetzungen, um alles zu verstehen, was Sie sagen. Weil ich so wenig davon verstehe, leite ich das Untersuchungsprogramm. - Können Sie mit Ihrer Methode zwischen freigesetztem Thorium-Brennstoff und freigesetztem regulären Brennstoff der Leistungskraftwerke unterscheiden? Der Hintergrund dieser Frage ist, dass es 1983 einen Freisetzungsunfall in der GKSS beim Zersägen von bestrahlten Brennelementen gegeben hat. Können Sie das unterscheiden?

Prof. Dr. **Mironov**: Die Situation kann in solchen Fällen mit der Situation um Tschernobyl verglichen werden. Nach dieser Tschernobyl-Katastrophe war in den ersten Monaten alles geheim. Aber ein Physiker aus München - ich weiß nicht mehr richtig, wie er heißt; soweit ich es behalten habe, hieß er Kerner - hatte eine Anordnung bekommen, einige brennstoffhaltige Teilchen zu analysieren. Dann hat er die Isotopenzusammensetzung, das Spektrum analysiert. Noch im GAU-Jahr 1986 hat er einen Artikel veröffentlicht und genau definiert, was für ein Kernbrennstoff das war und welche Konzentration von Uran-235 er aufwies. Er hat eine Liste von etwa 100 Isotopen erstellt. Dann hat er anhand dieser Analyse festgestellt, was woher stammen kann. Sehr viele Hinweise auf diese Publikation, auf diesen Artikel finden Sie bis heute in der Fachliteratur.

Man kann nach der Isotopenzusammensetzung, die wir haben, solche Annahmen machen. Aber das ist nicht meine Aufgabe gewesen. Ich denke, dass es in Deutschland genug Physiker gibt, die alles qualifiziert prognostizieren - nicht prophezeien, aber prognostizieren - würden. Einer der Großen sagte mal, dass die Theorien kommen und gehen und ein gutes Experiment Jahrhunderte lang hält.

Dr. **Pflugbeil** (Gesellschaft für Strahlenschutz): Ich möchte nur eine kurze Bemerkung machen. Es ist mehrfach nach der Herkunft der Proben und dem Auftrag gefragt worden. Ich werde heute Nachmittag dazu berichten.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Herr Dr. Pflugbeil, sagen Sie bitte Herrn Mironov noch Ihre Profession!

Dr. **Pflugbeil** (Gesellschaft für Strahlenschutz): Wir kennen uns.

Vielleicht noch eine Bemerkung auch zu der Frage von Herrn Michel vorhin: Die Fragen, die er gestellt hat, könnte ich alle bei den vielen Studien, die ich von den verschiedenen Forschungsinstituten gelesen habe, die sich bisher zu dieser Frage von der staatlichen Seite geäußert haben, nicht beantworten. Da stehen alle diese Angaben nicht drin. Wenn man eine wissenschaftliche Publikation zu diesen Problemen liest, dann stehen solche Dinge auch nicht darin. Das ist eigentlich Laborpraxis, die man einhalten muss, aber wo man auch davon ausgeht, dass sie eingehalten wird. Von daher finde ich diese Fragen ein bisschen ungewöhnlich.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Das war jetzt keine Frage, sondern eine Anmerkung zum Vorgehen.

Abg. Dr. **Joachim Runkel** (CDU): Direkt zu dem zuletzt Gesagten: Ich denke, gerade bei der Tragweite des hier Diskutierten ist es notwendig, nach der Methodik und der Genauigkeit der Methodik zu fragen, mit der die Ergebnisse erzielt wurden.

Aber jetzt zu meiner Frage: Herr Mironov, Sie geben in Ihrer Stellungnahme an, dass das Verhältnis von Plutonium-238 zu Plutonium-239+240 bei dem Fallout aus dem Tschernobyl-Unfall ungefähr 0,5 sei. In der Tabelle 2 ist das Verhältnis der Proben, das Sie berechnet haben, in etwa zwischen 0,3 und knapp 0,5. Im Rahmen Ihrer Genauigkeit würde ich also sagen: exakt Tschernobyl-Fallout. Was sagen Sie dazu?

Prof. Dr. **Mironov**: Hier kann man, was das Plutonium angeht, eindeutig sagen, dass in einer Probe rein globales Plutonium vorliegt, wo das Verhältnis 0,4 angegeben wurde. Das ist das Verhältnis des Reaktor- zu globalem Plutonium. In den restlichen Proben hatten wir mit dem Reaktorplutonium zu tun. Wenn wir nur die Plutoniumisotope betrachten, dann kann man das Tschernobyl-Reaktorplutonium von dem deutschen Reaktorplutonium unterscheiden. Sie unterscheiden sich durch nichts, und das Verhältnis wird ungefähr das Gleiche sein. Aber wenn wir zusätzlich dazu noch die

Uran-Isotopen in Betracht ziehen, dann werden wir feststellen, dass die Anreicherung nach Uran-235 sehr hoch ist, dass die höchste Konzentration von Uran-236 vorhanden ist. Daraus können wir auch sicher schließen, dass es kein Tschernobyl-Plutonium ist, dass das Uran nicht vom Tschernobyl-GAU herkommt. Daraus folgt, dass das Plutonium auch nicht davon stammt.

Ich betone noch einmal: Wenn wir nur das Plutonium untersuchen würden, würden wir eine solche Schlussfolgerung nicht ziehen können.

Abg. **Detlef Matthiessen** (GRÜNE/SH): Ich möchte noch einmal zu dem Probenmaterial fragen. Waren es Bodenproben? Waren makroskopisch oder mikroskopisch Kügelchen in diesem Material enthalten?

Prof. Dr. **Mironov**: Ja. Auf den ersten Blick konnte man nicht definieren, es sei ein Boden. Das war ein mineraler Anteil des Bodens. Praktisch war das der reine Sand - Sandkörnchen, rund 1 mm und kleiner. Unter diesen Sandkörnchen konnte man mit dem bloßen Auge die schwarzen Teilchen sehen - in unterschiedlichen Mengen, übersät. Diese Probe H bestand ausschließlich aus schwarzen Teilchen mit einem kleineren Anteil von Sandkörnchen. In dieser Probe war aber wenig von dem Sand. Die Probe, die wir „Humus“ bezeichnet haben, war der organische Anteil des Bodens. Beim Abglühen verkleinerte sich das Gewicht um das 30-Fache. Das kann ich über das Aussehen, sozusagen über die visuelle Definition dieser Proben sagen.

Außerdem haben wir nicht erwartet, dass wir eine solche Anzahl von Messungen durchführen können. Wir haben einige Proben bekommen, haben die Analysen durchgeführt und vergessen. Und dann kamen neue Proben, und wir haben auch die analysiert. Das war kein großes Forschungsprojekt. Die Proben kamen nacheinander in Gruppen oder einzeln. Die Aufgabe, z. B. den Elementbestand oder die Chemie dieses Bodens zu definieren, haben wir nicht bekommen, auch nicht die Analyse des Dispersionsbestandes. Die Aufgabe war einfach: die Bestimmung spezifischer Aktivitäten vorhandener Isotope - was wir auch erfüllt haben.

Hier ist es wichtig, die Größe, die Ausmaße dieser Teilchen zu bestimmen oder zu wissen, wie groß diese Teilchen sind, an welchen die Plutoniumteil-

chen oder Einschlüsse sitzen, und die spezifische Aktivität dieser Teilchen zu wissen, also die spezifische Aktivität - nicht der Probe als solcher, sondern die spezifische Aktivität der größeren Teilchen, auf denen die kleineren sitzen, Plutonium-einschlüsse sitzen. Das ist für einen Forscher eine komplizierte Aufgabe. Wenn Sie sich dafür interessieren, dann kann ich noch einiges zeigen, wie wir diese reinen Plutonium-einschlüsse, die auf diesen größeren Teilchen sitzen, feststellen konnten. Jetzt können wir nur über die spezifische Aktivität einzelner Bodenkomponenten reden.

In unserem Regelwerk, in den Sanitären Normen Weißrusslands, steht nichts über die Reglementierung dieser Größen geschrieben, keine Vorgaben, weil der Boden noch nicht gegessen wird. Nur Kinder können zufällig so etwas mit Spielzeug in den Mund führen. Die Vorgaben gibt es für die Oberflächenkontamination. Sie wird in Becquerel pro Quadratmeter gemessen. In britischen Regelwerken beträgt diese Vorgabe 1 000 Bq/m<sup>2</sup>. In Weißrussland werden Flächen mit solchen Kontaminationsgrößen nicht bewohnt; die Leute, die dort wohnten, sind evakuiert worden.

Ich kann auf diese oberflächliche Bodenkontamination nicht umrechnen, weil ich nicht weiß, was für eine Komponente aus dem Boden uns gegeben wurde, was für ein Teil des Gesamtbodens entnommen wurde, in welcher Tiefe diese Komponente lag usw.

Dr. **Städe** (NLWKN): Ich bin Chemiker. - Ich habe zwei kurze Fragen. Sie sprechen von der messtechnischen Auflösung bei der Alphaspektrometrie von 19 KeV. Ist das die Herstellerangabe, oder haben Sie das bei jeder Messung verifiziert?

Prof. Dr. **Mironov**: Das steht im Technischen Pass. So heißt das Begleitpapier zu diesem Gerät. Dort stand 15 bis 18 KeV. Zum einen steht das im Technischen Pass. Bei der Kalibrierung des Spektrometers werden diese Herstellerangaben bestätigt. Das liegt wirklich bei 15 bis 18 KeV, in diesem Bereich.

Dr. **Städe** (NLWKN): Auch bei der Messung der Proben? Nach meiner Ansicht sind Uran-233 und Uran-236 sehr schwer von den anderen Uran-Isotopen, die sehr nahe an den Linien liegen, zu trennen.

(Schaubild: Energies of  $\alpha$ -particles [MeV] from uranium isotopes [probability, %])

Prof. Dr. **Mironov**: Das ist das Spektrum. Schwierig ist es natürlich, Uran-235 und Uran-236 zu unterscheiden, sogar bei der Auflösung, die ich erwähnt habe. Aber wir hatten Glück, dass die Konzentration von Uran-235 und Uran-236 ungefähr die Gleiche ist. Wenn wir an Uran-236 mehr hätten als an Uran-235, dann würden wir nicht auflösen können, und umgekehrt. Wir hatten einfach Glück in dem Sinne, dass die Konzentrationen dieser beiden Isotope ungefähr gleich oder vergleichbar waren. - Das ist pro jede 100 KeV, Kiloelektronenvolt, diese 4,494.

Dr. **Städe** (NLWKN): Meine zweite Frage: Die Probe H enthielt ja Kügelchen. Die Probe H hatte auch den höchsten Thorium-232-Gehalt. Der Thorium-232-Gehalt entspricht näherungsweise dem des Minerals Bauxit. Sind Sie dennoch der Meinung, dass diese Kügelchen Kernbrennstoff wären? Können diese isolierten Kügelchen Kernbrennstoff sein? Diese Probe enthält ein Material, das Thorium-232 in der Aktivitätskonzentration hat, wie z. B. in dem Mineral Bauxit ist. Finden Sie trotzdem, dass dieses Material, diese Kügelchen als Kernbrennstoff gedient haben können?

(Schaubild: Table 3 - Thorium isotopes content in samples)

Prof. Dr. **Mironov**: Das chemische Element Uran ist ein zerstreutes Element. Der Durchschnittsgehalt in Objekten der Umwelt beträgt  $10^{-4}$  %. Die Messeinheit heißt „Clarke“. Das war auch ein deutscher Chemiker. Das Element kann man in unserem Körper feststellen. In Granit, in Basalt ist die Konzentration etwas höher als in unserem Körper. Ich habe gesagt, dass die Konzentration von Uran-238 in Weißrussland - ich nehme an, dass es in den deutschen Böden genauso aussieht - auf dem Niveau zwischen 5 und 8 Bq/kg liegt. Daraus kann man schließen, dass solch hohe Konzentrationen in dieser Probe H von der künstlichen, technogenen Herkunft dieses Plutoniums sprechen. Im Russischen ist „technogen“ analog zu „anthropogen“, also künstlich, industrieller Herkunft. Wenn wir annehmen würden oder davon sprechen würden, dass es Natur-Thorium ist, dann gäbe es nur zwei Isotope davon: 232 und 228. Die Konzentration war ca. 10 Bq/kg. Das ist die D-Probe.

Was versteht man unter „technogener Herkunft“? - Es geht um das Thorium. Das ist ein Natur-Thorium, aus zwei Isotopen bestehend - 232 und 228 -, das in einem Reaktor bestrahlt wurde. Dabei bildete sich ein neues Isotop: Uran-233. Die Präsenz dieses Uran-233 zeugt davon, dass das Natur-Thorium in einem Reaktor bestrahlt wurde, und zwar mit dem Ziel, diesen sekundären Kernbrennstoff zu bekommen. Aber wie schon gesagt wurde, kann man das Uran-233 auch zu anderen Zwecken benutzen. Das ist aber nicht die Aufgabe unserer heutigen Sitzung. Unsere Aufgabe besteht in der Behauptung, dass dieses Thorium in einem Reaktor, d. h. künstlich, technogen, technisch produziert wurde.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Vielen Dank für die Beantwortung auch dieser Frage. Herr Prof. Mironov, wir haben jetzt Sie und auch Frau Oliner zwei Stunden lang sehr stark beansprucht. Nochmals vielen Dank, dass Sie auf alle Fragen so ausführlich eingegangen sind. Sie haben die ganze Zeit gestanden und können sich jetzt hinsetzen und an deren weiteren Tagung teilnehmen.

(Beifall)

**Prof. Dr. Ensinger,  
Technische Universität Darmstadt**

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Herr Prof. Ensinger ist seit Kurzem bei uns. Ich begrüße Sie und bitte Sie um Ihren Beitrag. In diesem Zusammenhang habe ich eine Frage: Erhalten wir von Ihnen noch eine schriftliche Vorlage?

Prof. Dr. **Ensinger**: Frau Vorsitzende! Meine Damen und Herren! Lassen Sie mich zunächst auf Ihre Frage eingehen. Meine Beteiligung in dieser Angelegenheit war relativ gering und auch zeitlich begrenzt. Das war zu der Zeit, als ich Professor an der Universität Marburg war. Damals - genauer: im Dezember 2000 - hatten wir von der ARGE PhAM, Weinheim, einen kleinen Messauftrag erhalten, den wir in relativ kurzer Zeit ausgeführt hatten. Danach hatte die ARGE PhAM die entsprechenden Unterlagen erhalten und betrachtet diese - mir liegt keine andere Äußerung vor - als eine Dienstleistung von unserer Seite und behält sich die Verwendung vor. Außerdem war der Beitrag klein; das können Sie gleich selbst beurteilen. Wir waren damals Unterauftragnehmer. Die Unterlagen sollte auch der Auftraggeber der ARGE PhAM, Herr Harden, haben. Deshalb habe ich keine schriftliche Vorlage erarbeitet.

Sie hatten gefragt, wer die Untersuchungen durchgeführt hat. Das waren neben meiner Wenigkeit an der Uni Marburg, Fachbereich Chemie - dort in der Kernchemie -, meine Mitarbeiter Herr Dr. Vater, Herr Diplom-Chemiker Happel und mein Amtsvorgänger, Herr Prof. Dr. Brandt. Wir hatten im Dezember 2000 von der ARGE PhAM einen Untersuchungsauftrag zur Analyse von Bodenproben aus Geest und Marsch erhalten, die die ARGE PhAM genommen hatte. Wir sollten daran eine Alphaspektrometrie durchführen, weil die ARGE PhAM dies nicht selbst durchführen konnte. Das haben wir getan.

Zu unserer Verwunderung - bis hin zu gelindem Entsetzen, muss ich aus der damaligen Sicht sagen - haben wir dabei Isotope gefunden, die nicht in die Natur gehören, also Missverhältnisse. Wir haben keine spezifischen Aktivitäten bestimmt, da die Bodenproben vorbehandelt worden waren; da stellt sich die Frage, ob das Sinn macht. Wir haben Isotopenverhältnisse und vor allen Dingen das Auftreten exotischer Radioisotope untersuchen sollen.

Wir haben Missverhältnisse in den Thorium-Isotopen-Verhältnissen - sie wichen von den natürli-

chen Verhältnissen ab -; allerdings mit großen Fehlergrenzen. Wir haben an einer Einzelprobe das Isotop Americium-243 gefunden, aus unserer Sicht analytisch zweifelsfrei. Das haben wir unserem Auftraggeber mitgeteilt. Das hat in der Umwelt selbstverständlich nichts verloren. Unsere Ergebnisse sind in einem Bericht aufgearbeitet worden, den meine Mitarbeiter, Herr Prof. Brandt und ich unterschrieben haben, der letztlich an Herrn Harden übersandt worden ist.

Das war unsere erste Beteiligung. Sie war sehr klein. Wegen dieser Angelegenheit sind wir dann selbst mit unseren sehr geringen eigenen Mitteln der Uni Marburg in das Gelände gefahren und haben Bodenproben genommen, und zwar - aufgrund der Vorinformation, die wir von der ARGE PhAM hatten - in Tesperhude, weil die Immission, der Immissionsort dort liegen sollte. Diese Bodenproben haben wir untersucht. Schon damals war unser Augenmerk auf diese Kügelchen gelenkt. Wir haben in der größten Fraktion, die von Interesse erschien, d. h. im Bereich von einigen zehn Mikrometern über einige hundert Mikrometer bis hin zu 1 mm eine Vielzahl von Kügelchen analysiert.

„Kügelchen“ bedeutet „sphärische Objekte“, wie sie im Erdreich natürlicherweise wenig vorkommen - die meisten davon sind menschengemacht -, bis auf die, die wir als Samen identifizieren konnten. Samen sind etwas größer. Es gibt auch Samenkügelchen, die nicht ganz rund sind. Auch die haben wir betrachtet. Aber wir haben eine Reihe von anorganischen Materialien gefunden. Darunter befanden sich welche, die wir nicht identifizieren konnten, die wir aber von der Analyse her in die Richtung von Eisen o. Ä. einordnen mussten. Ich hatte damals gemutmaßt, dass es sich dabei um Überreste von Versuchen mit Sprengungen während des Zweiten Weltkriegs - ich glaube, auch vorher schon - handelt. Außerdem hatten wir Kügelchen gefunden, die in diesen Größenbereich fielen, die nicht daher stammen und die erhöhte Radioaktivität aufwiesen. Diese Radioaktivität - dabei hat es sich auch um Thoriumisotope und andere gehandelt - haben meine Mitarbeiter aber nach langer Recherche im Wesentlichen auf Flugasche zurückgeführt. In Flugasche ist die Radioaktivität, die in der Natur vorkommt, selbstverständlich angereichert, weil das organische Material abgebrannt ist. Es ging also in diese Richtung.

Damit war unser Engagement leider schon beendet, weil wir keine Möglichkeit der Finanzierung hatten. Ich hätte gerne weitergemacht, aber es

war nicht möglich. Zu letzterem gibt es auch keinen Bericht. Wir haben dies lediglich der Kieler Atomaufsicht, die dazu sehr intensiv, mit sehr viel Nachdruck nachgefragt hat, mitgeteilt.

So weit mein Vortrag. Fragen zu den Themen „Kontamination“ oder „Kügelchen“ kann ich nun gerne beantworten.

Abg. Dr. **Diethelm Stehr** (CDU/HH): Sie sagten, dass Sie selbst unabhängig Proben genommen haben und dass Sie eine messbare erhöhte Radioaktivität als Flugasche interpretiert haben.

Prof. Dr. **Ensinger**: Entschuldigung! Meine Mitarbeiter haben lange in der Literatur recherchiert. Sie wollten ein Phänomen entdecken. Dann haben sie gesagt: In Flugasche wird die natürliche Radioaktivität angereichert. Allerdings - das muss ich nach der vorangegangenen Diskussion über das Thorium dazusagen - ist es so, dass, wenn man einen Kernbrennstoff hätte, der Thorium-232 beinhaltet, dieser eine ähnliche Form und möglicherweise auch eine ähnliche Isotopenzusammensetzung hätte, wahrscheinlich aber eine höhere spezifische Aktivität. Die haben wir aber nicht bestimmt.

Mit anderen Worten; ich will Folgendes sagen - das ist eigentlich meine Botschaft -: Ich denke, dass wir, auch meine Analytikerkollegen, folgendes Problem haben, das, so mutmaße ich, dazu führt, dass die Meinungen hier schon aufeinandergeprallt sind und dass sie noch mehr aufeinanderprallen werden: Wenn es diese Kügelchen gibt - vielleicht in der Elbmarsch, vielleicht in der Geest -, dann werden sie verteilt sein. Ich bin nicht der Ansicht, dass jeder diese mit einer Schippe in großen Mengen finden und isolieren kann. Sie werden in einer Menge anderer ähnlicher Kügelchen verteilt sein, unter anderem in Flugasche. Und dann ist es eine Frage des Zufalls, ob man eines dieser Kernbrennstoffkügelchen findet, ob man ein Flugascheobjekt oder ein anderes Objekt hat. Deswegen stellt sich die Frage, wenn man analysiert, was man in der Hand hat. Man müsste meiner Meinung nach eine immens aufwendige Reihenuntersuchung durchführen, um das auseinander zu dividieren.

Abg. Dr. **Diethelm Stehr** (CDU/HH): Jetzt habe ich die Frage noch gar nicht gestellt. - Haben Sie von dieser Probe - „Flugasche“ - auch Isotopenverhältnisse ermittelt? Das war eigentlich die Fragestellung, weil nur anhand der Verhältnisse festgemacht wird, ob es sich um Material natürlichen

Ursprungs handelt. Ich unterstelle, das Flugasche im Wesentlichen trotz der Aufkonzentration und trotz hoher spezifischer Aktivität die natürliche Isotopenverteilung hat.

Prof. Dr. **Ensinger**: Das hätte einen relativ hohen Aufwand bedeutet. Das muss man sehr genau machen. Bei diesen Messungen und den kleinen Materialmengen, die man hat, sind die Fehler bald sehr groß. In dem Moment, an dem wir gesagt haben, dass wir nicht wissen, ob es diese Kügelchen sind, und da wir auch nicht auf das Thorium, sondern auf andere Isotope geschaut hatten - auch das ist ein Problem bei der ganzen Angelegenheit -, haben wir uns aus Zeit- und Finanzgründen nicht die Mühe machen können - wir hatten andere Aufgaben und keinen Auftrag -, diese Verhältnisse genau zu bestimmen. Wenn man das nicht genau durchführt, dann ist das eben eine Frage. Ich kann also bis zum heutigen Tage nicht sagen, ob die Kügelchen nun wirklich Flugasche waren oder Kernbrennstoff. Das ist das Problem. Dieses Problem müssten meiner Meinung nach auch andere Kollegen haben.

Amtsarzt Dr. **Dieckmann** (Lk Lbg): Erste Frage. Sie hatten den Americium-243-Befund erwähnt. Könnte dieses Material aus Flugasche stammen?

Prof. Dr. **Ensinger**: Nein. Das hatte uns am Anfang auch sehr verwundert. Es hatte uns geradezu aufgeregt.

Amtsarzt Dr. **Dieckmann** (Lk Lbg): Die zweite Frage in diesem Zusammenhang. Können Sie bestätigen, was Ihr Vorgänger, Herr Prof. Brandt, ARGE PhAM, zu diesem Americium-243-Peak gesagt hat, dass er nämlich so etwas in seiner Praxis in dieser Größenordnung noch nicht gesehen hat?

Prof. Dr. **Ensinger**: Ja, das kann ich bestätigen. Herr Brandt war ja damals auch daran beteiligt. Ich hatte ihm das Spektrum als erstem gezeigt und ihn gefragt, ob er so etwas schon gesehen hat. Darauf hat er mir so geantwortet.

Das will ich noch dazusagen: Wir haben auch sehr genau darauf geachtet, dass wir keine Kontamination hatten und dass unser Spektrometer energiekalibriert war; das muss man vorher und nachher machen, da man ansonsten keine Isotopenzuordnung durchführen kann. Wir hatten uns dabei größte Mühe gegeben, und deshalb waren wir auch so verwundert.

Amtsarzt Dr. **Dieckmann** (Lk Lbg): Eine Zusatzfrage. Können Sie sich einen Reim auf die Herkunft von Americium-243 machen? Woher könnte das stammen?

Prof. Dr. **Ensinger**: Das fällt auf den ersten Blick schwer; denn es handelt sich um ein seltenes Isotop. Aber es gibt einige Kernreaktionen auf Brutbasis, z. B. auf Neutroneneinfangbasis, bei denen Americium-243 auftreten könnte.

Abg. **Konrad Nabel** (SPD/SH): Erste Frage. Sind die Proben noch erhalten?

Prof. Dr. **Ensinger**: Nein. Sie werden bei der Messung zerstört. Das ist das Problem der Messung.

Abg. **Konrad Nabel** (SPD/SH): Zweite Frage. Haben Sie vorher schon einmal Flugasche analysiert?

Prof. Dr. **Ensinger**: Nein. Wir sind bei dieser Geschichte erstmals auf das Thema „künstliche oder nichtkünstliche Kugeln in der Natur“ gestoßen. Auf diesem Weg stießen wir auch auf die Flugasche.

Ich möchte noch einmal betonen: Ich sagen nicht, dass alles, wovon Sie gehört haben oder hören, Flugasche ist. Ich sage nur: Man muss aufpassen, weil die Flugasche solche Kügelchen in einer großen Menge vorgaukeln könnte. Ich glaube nicht, dass die Kügelchen in dieser riesigen Menge vorliegen, sondern, dass viele davon Flugasche sind.

Abg. **Konrad Nabel** (SPD/SH): Eine Zusatzfrage. Nach dem, was ich gehört habe, sind diese Kügelchen irgendwie gesintert.

Prof. Dr. **Ensinger**: Ja.

Abg. **Konrad Nabel** (SPD/SH): Flugasche ist dagegen verglast. Das ist doch ein großer Unterschied. Das kann man, glaube ich, bereits optisch feststellen.

Prof. Dr. **Ensinger**: Das ist im Rasterelektronenmikroskop kein so großer Unterschied.

(Zuruf: Glas ist eine Flüssigkeit!)

- Ja, aber wenn Sie verglaste Kügelchen in der Flugasche, die auch noch kristalline Anteile aufweisen, in der Erde haben, dann sind die hinterher nicht mehr kugelförmig bzw. glatt wie Christbaumkugeln, sondern die sind selbstverständlich zerkratzt, haben Anhaftungen. Außerdem sind die nicht perfekt. Dabei gibt es verschiedene Arten,

die Innenstrukturen haben. So ähnlich stelle ich mir auch die künstlichen Kügelchen auch vor. Die haben allerdings einen anderen Mantel.

Abg. **Uwe Harden** (SPD): Wenn ich es richtig verstanden habe, scheint das Problem darin zu bestehen, genügend untersuchbare Menge zu bekommen.

Prof. Dr. **Ensinger**: Ja, das sehe ich so.

Abg. **Uwe Harden** (SPD): Das betrifft also die Probenahme, die sorgfältige Aufbereitung, damit man untersuchbare Mengen zusammenkriegt. Das scheint ein grundlegendes Problem zur Lösung dieses Problems zu sein.

Prof. Dr. **Ensinger**: Ja, auch der Ort der Probenahme. Ich gehe davon aus, dass sehr viel anthropogen überformt ist, wenn wir dieses Szenario vor soundsoviel Jahren annehmen. Wenn Sie also an der verkehrten Stelle suchen, finden Sie eben andere. Darin sehe ich eines der größten Probleme sowohl bei den Analytikern - also bei uns - als auch, wenn es denn zu einer Gefährdung kommt, in Bezug auf das Gefährdungspotenzial.

Davon abgesehen halte ich die intakten Kügelchen per se für nicht so gefährlich, sondern nur ihre Bruchstücke oder - falls es zu einem Brand gekommen sein sollte; der Meinung bin ich - die oxidischen Aerosole. Sie sind lungengängig und damit gefährlich. Die Kügelchen sind ein Indikator, dass etwas passiert ist, aber nicht der Knackpunkt. Es sind auch nicht viele Kügelchen da. Ich halte dieses „sich-auf-die-Kügelchen-Stürzen“ für falsch. Die Aerosole sind das Problem.

Wenn man einige Kügelchen findet und sie zweifelsfrei analysiert, dann hat man den Beweis, dass etwas geschehen war. Aber die Kügelchen sind nicht der entscheidende Punkt.

(Abg. Christa Elsner-Solar [SPD]: In diesem Zusammenhang sind die Kügelchen wichtig!)

- Ja!

Dr. **Städe** (NLWKN): Die Kügelchen, von denen Sie sprechen, haben Sie aber nie analysiert?

Prof. Dr. **Ensinger**: Herr Städe, ich habe Ihren Bericht vor längerer Zeit gelesen. - Die Flugasche haben wir analysiert. Wir hatten aber nur relativ wenig.

Dr. **Städe** (NLWKN): War das eine nuklidspezifische Analyse oder nur eine Gesamtaktivitätsbestimmung?

Prof. Dr. **Ensinger**: Wir haben im Prinzip nach Nukliden geschaut, aber nicht nach exakten Mengen, d. h. keine spezifische Aktivität bezogen auf die Masse. Wir haben auch kein sehr exaktes Verhältnis der Isotope bestimmt, weil man bei der Alphaspektrometrie, bei Oberflächensperrschichtzählern, die Isotope, also die verschiedenen Nuklide, chemisch trennen muss. Darauf muss man bei Quantifizierungen sehr gut achten. Aber das kennen Sie ja. Dazu hatten wir einfach nicht das Potenzial.

Dr. **Städe** (NLWKN): Eine Zusatzfrage. Dass es kernbrennstoffhaltige Kügelchen gibt, ist aber nur eine Annahme von Ihnen?

(Zuruf: Bitte streichen Sie das Wort „nur“!)

Prof. Dr. **Ensinger**: Wie meinen Sie das? Dass die dort herumliegen?

Dr. **Städe** (NLWKN): Ja.

Prof. Dr. **Ensinger**: Nun, ich habe noch keines in der Hand gehabt. Wenn Sie das meinen, dann ist das eine Annahme von mir. Aber ich hatte eben ausgeführt, dass ich nicht glaube, falls es die Kügelchen gibt, dass die in rauen Mengen herumliegen. Aber ich glaube, dass die Isotope da sind. Wenn Sie mich so fragen, gebe ich Ihnen diese direkte Antwort. Diese Isotope - möglicherweise in der Form von Aerosolen, wie ich annehme - sind aber schwer zu finden, weil sie im Laufe der Zeit zugedeckt werden. Es gibt möglicherweise Hotspots, wobei es uns Analytikern sehr, sehr schwer fallen dürfte, einen solchen Hotspot zu finden. Ich mutmaße, dass auch Sie letztendlich nicht solches Material hatten und deswegen nichts gefunden haben, was deutlich über den Normalpegel hinausgeht.

Das Problem haben viele Analytiker. Deswegen prallen hier die Meinungen aufeinander. Die einen sagen „Hü!“; die anderen sagen „Hott!“. Die Gründe dafür sind, dass es schwierig ist, das Material zu finden, und dass die Kügelchen nicht so weit verteilt sind, wie manche Leute glauben. Das ist meine Meinung.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Jetzt habe ich noch zwei Wortmeldungen für Fragen auf meiner Liste. Dann möchte ich heute Vormittag wirklich aufhören.

MR Dr. **Csicsaki** (MS): Wenn ich Sie vorhin richtig verstanden habe, haben Sie den maximalen Aufpunkt aufgesucht, um Proben zu nehmen. Der liegt in der Tat in Tesperhude.

Prof. Dr. **Ensinger**: Auch darüber habe ich mir hinterher Gedanken gemacht. Vielleicht liegt er nicht dort. Sie kennen das Phänomen der Kaminwirkung bei Fabriken. Man will den Dreck nicht im Nachbardorf haben, also wird der Kamin höher gebaut. Wenn es zu einem Brand mit hoher Temperatur gekommen ist, dann kann es schon sein, dass direkt an der Geestabbruchkante nicht so viel ist wie in der Entfernung.

(Zuruf: Oder sowohl als auch!)

- Oder sowohl als auch. Es hängt davon ab, wie der Vorfall war, wenn es einer war.

MR Dr. **Csicsaki** (MS): Der Punkt, auf den ich hinauswollte, ist, dass der maximale Aufpunkt, der ja genehmigungsrechtlich relevant ist, natürlich nicht zwangsläufig der Punkt ist, wo man die höchste Ausbeute an Kügelchen hat.

Prof. Dr. **Ensinger**: Ja.

MR Dr. **Csicsaki** (MS): Aber das haben Sie ja schon beantwortet.

Dr. **Gerd** (Uni F): Habe ich es richtig verstanden, dass Sie die Kügelchen mit einer Elektronenstrahlmikrosonde untersucht oder angeschaut haben und dass Sie mithilfe der Alphaspektrometrie gemessen haben?

Prof. Dr. **Ensinger**: Nicht mit Mikrosonde, sondern mit dem Elektronenmikroskop! Ein ganz kleiner technischer Unterschied, aber die Physik ist dieselbe.

Dr. **Gerd** (Uni F): Ach so. Entschuldigung. - Wenn es sich bei diesen Kügelchen wirklich um Kernbrennstoffmaterial handelt und man diese Kügelchen mit einer Elektronenstrahlmikrosonde anschaut bzw. nur ein, zwei, drei Kügelchen mit der Alphaspektrometrie messen würde, dann wäre das ganz klar über der Nachweisgrenze der Alphaspektrometrie. Weniger als ein Kügelchen Kernbrennstoffmaterial von 10 µg würde schon ausreichen, um z. B. die Werte von Herrn Mironov in 1 g oder 5 g Probe zu erklären.

Außerdem: Die Kügelchen sind nicht selten. Die findet man. Die sind häufig. Wenn diese Kügelchen Kernbrennstoffmaterial enthalten - - -



(Prof. Dr. Ensinger: Sie behaupten, dass die Kügelchen häufig vorkommen?)

- Ja, ich habe sie gesucht. Wenn man danach sucht, werden sie häufig. Das möchte ich klarstellen. Man findet sie.

Prof. Dr. **Ensinger**: Wenn Sie diese Kügelchen in großen Mengen haben, dann werden die Analytiker auch das finden, was darin enthalten ist, wenn man es richtig macht.

Dr. **Gerd** (Uni F): Ja. Man findet, was darin enthalten ist. Das stimmt. Sie implizieren jetzt, was darin ist.

(Prof. Dr. Ensinger: Sie haben mich missverstanden. Ich impliziere nichts!)

- Entschuldigung.

Prof. Dr. **Ensinger**: Ich habe gesagt, dass die paar Kügelchen, die wir hatten, wahrscheinlich nicht solche waren, sondern eher andere. Ich habe auch gesagt, dass ich nicht glaube, dass die Kügelchen häufig auftreten, es sei denn, man hat einen Ort, man hat Glück.

Es wurde ja auch die Frage gestellt, wo wir Proben genommen hatten. Wir haben irgendwo Proben genommen. Es war wahrscheinlich nicht ein Ort, der nicht anthropogen überformt war, der nicht irgendwie verändert wurde.

Dr. **Gerd** (Uni F): Okay. Dann müssen wir hier klarstellen, dass wir von Kügelchen einerseits und Kügelchen andererseits sprechen. Wenn wir meinen, dass Kügelchen Kernbrennstoffmaterial enthalten, dann misst man das ohne Probleme. Ein einziges Kügelchen - - -

Prof. Dr. **Ensinger**: Nein, nicht ohne Probleme! Das Problem ist wie folgt: Ad 1. Wenn Sie ein intaktes Kügelchen haben, dann ist die Informationstiefe der Mikrosonde, von der Sie sprechen, nicht ausreichend, um hineinzuschauen.

(Dr. Gerd [Uni F]: Die werden angeschliffen!)

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Vielleicht könnten wir das Fachgespräch unter zwei Experten beim Mittagessen fortsetzen.

(Dr. Gerd [Uni F]: Ich wollte nur etwas klarstellen! - Abg. Christa Elsner-Solar (SPD): Das ist wichtig! Wir sollten sie ausreden lassen!)

Ich würde an dieser Stelle gerne einen Break machen. Sie können aber gerne noch antworten.

Prof. Dr. **Ensinger**: Ich weiß, dass ich mich jetzt aufs Glatteis begeben, aber ich möchte - obwohl es in der Wissenschaft sehr verpönt ist - ein Beispiel bringen, warum wir Spezialisten solche Probleme haben.

Stellen Sie sich den berühmten großen Heuhaufen in einer Scheune vor, in dem jeden Tag Kinder spielen. Über dem Heuhaufen sitzt ein Mann auf einem Dachbalken, der Hemden zusammensteckt. Er hat eine Schachtel mit Stecknadeln. Eines Tages passt er nicht auf, und ihm fällt eine Menge von Stecknadeln auf den Heuhaufen. Auch genau an diesem Tag spielen die Kinder dort und zerstechen sich die Finger. Dann kommen sie abends weinend zu den Eltern. Diese wissen nicht, was los ist, und ein paar Wochen später holt man die Wissenschaftler.

In der Zwischenzeit sind die Nadeln irgendwie in den Heuhaufen „hineingesickert“, sie sind also nicht mehr zu sehen. Dann kommen die Wissenschaftler mit Metalldetektoren. Der eine misst hier, der andere dort. Der eine hört einmal ein Signal, wendet aber ein, dass die Sparren und die Wände mit Eisennägeln errichtet worden sind. Es gibt also kein eindeutiges Ergebnis.

Die Kinder spielen weiter im Heuhaufen. Drei Wochen später kommt wieder ein Kind und hat einen Stich im Finger.

Genau das ist hier passiert. Genau deswegen streiten sich die Wissenschaftler. Die einen sagen: Wir haben Weggucker, die einen dürfen nicht - das ist vielleicht auch der Fall -; aber ich sage, dass es im Wesentlichen so ist, dass der Nachweis analytisch sehr schwierig ist und dass man genau hingucken muss. Am Anfang hatte man nach den verkehrten Isotopen gesucht, weil man gedacht hatte, das Kraftwerk Krümmel sei schuld. Das war der erste Fehler.

Jetzt fängt man an, mit sehr großer Aktivität nach diesen Kügelchen zu suchen. Auch das halte ich nicht für den richtigen Weg. Wenn man einmal eines hat, ist es gut. Aber da ich keines gefunden habe - ich habe auch nicht sehr intensiv gesucht -, bin ich mir nicht sicher, ob das der Punkt ist.

Der Punkt ist: Ich glaube, dass es dort Radioaktivität gibt, dass sie aber heutzutage durch die anthropogene Überformung weitgehend zugedeckt

ist, dass es aber einen Tag gegeben hat, an dem mehr davon da war, der für diesen Clusterpeak gesorgt hat. Ob wir jetzt in dieser Schiene weitermachen, ob das jetzt noch relevant ist, was in Bezug auf die Leukämie passiert, oder ob das stochastisch ist, weiß ich nicht. Aber der kleine Peak, der ist meiner Meinung nach deterministisch.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Vielen Dank für diese abschließende Feststellung.

Prof. Dr. **Mironov**<sup>1</sup>: Auch ich habe eine Frage an Sie. Haben Sie Proben aus der Gegend, aus der ich die Proben erhalten habe, analysiert? Oder kommen die Proben aus unterschiedlichen Gegenden?

Prof. Dr. **Ensinger**: Ich weiß nicht genau, woher Sie die Proben bekommen haben. Wir haben Proben aus Tesperhude nahe der Elbe analysiert.

Prof. Dr. **Mironov**: Eine zweite Frage: Bei der Bestrahlung des Urans im Reaktor bilden sich außer diesen Isotopen, die ich aufgezeigt habe, weitere, die reine Alphastrahler sind. Aber in größeren Mengen bildet sich noch das Plutonium-241, ein Betastrahler. Dieses wird in Americium-241 umgewandelt. Die maximale Menge des Americiums-241 nach dem Zerfall des Plutonium-241 - - -

(Unruhe)

Deswegen wäre es in den Proben zu erwarten, dass die Konzentrationen von Americium-241 vorliegen würden. Von Americium-243 gibt es nur ein hundertstel bis zweihundertstel. Wenn Sie schon 243 gefunden haben, dann sollten sie auch 241 feststellen.

Prof. Dr. **Ensinger**: Ja, ich habe die Frage verstanden. - Die Antwort: Das Isotop 243, das wir gefunden haben, war nicht mit anderen Isotopen als Tochter zu korrelieren.

Americium-241 haben wir aber auch gefunden.

Prof. Dr. **Mironov**: Haben Sie die Mengen von diesen beiden Americium-Isotopen - 241 und 243 - verglichen?

Prof. Dr. **Ensinger**: Nein, wir haben das Isotopenverhältnis nicht verglichen.

Prof. Dr. **Mironov**: Haben Sie auch das Plutonium in Ihren Proben gefunden?

Prof. Dr. **Ensinger**: Wenig. Der Peak 243 war signifikant, prominent. Die anderen waren sehr viel kleiner - die anderen Isotope.

Prof. Dr. **Mironov**: Wenn das bestrahlte Uran vorliegt, dann sollte auch das Plutonium-241 vorhanden sein. Das Tochterprodukt ist dann Americium-241. Wenn wir das Verhältnis dieser beiden Isotope kennen, können wir den Zeitraum, in dem sich ein Störfall ereignet haben könnte, bestimmen.

Prof. Dr. **Ensinger**: Sie gehen von einer bestimmten Kernreaktion aus, die auf Uran basiert. Gäbe es auch die Möglichkeit von Brutreaktionen auf Americiumbasis?

Prof. Dr. **Mironov**: Ja, so eine Möglichkeit besteht. Americium-241 bildet sich bei der Bestrahlung von Uran. Ein Teil des Americiums bildet sich auch in der Umwelt nach einer Freisetzung durch den natürlichen Zerfall des Plutoniums-241. Die Halbwertszeit beträgt hierfür 14,5 Jahre. Das Plutonium-241 verwandelt sich in das Americium-241. Wenn wir das Verhältnis dieser beiden Isotope kennen, können wir den Zeitpunkt der Freisetzung ermitteln.

Prof. Dr. **Ensinger**: Ja, ich bin ganz Ihrer Meinung. Das Problem ist: Wenn Sie separieren und dann eine Fraktion bekommen, ergibt sich die Frage - - -

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Ich muss jetzt gleich die Diskussion abbrechen.

(Widerspruch von SPD und Grünen)

- Entschuldigung! Wir hatten uns auf ein ganz bestimmtes Vorgehen in Niedersachsen geeinigt. Ich bin dafür verantwortlich, das einzuhalten. Vielleicht können wir das nachher fortsetzen.

(Zuruf: Jetzt kommen wir der Sache einmal etwas auf die Spur! Das wird jetzt hier auch beantwortet! Meine Güte!)

- Das ist mir schon klar. Aber vielleicht können wir das später fortsetzen.

<sup>1</sup> Die Ausführungen von Prof. Dr. Mironov sind in der Fassung der Übersetzung durch die Übersetzerin, Frau Olnar, wiedergegeben.

(Zuruf: Kurz!)

- Ja. Aber es dauert ja länger. Ich weiß nicht, wie lange es dauert. - Ich habe die Verantwortung dafür.

(Zuruf: Jetzt noch zehn Minuten!)

Prof. Dr. **Ensinger**: Die Diskussion ist nicht zielführend. Darf ich vorschlagen, dass wir vielleicht Herrn Pflugbeil zu Wort kommen lassen?

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Wenn hier Konsens besteht, dass wir noch zehn Minuten fortfahren, können wir das machen. Wir müssen aber dennoch um 14 Uhr weitermachen. Das ist wichtig; denn wir haben uns auf einen Zeitplan verständigt und müssen ihn einhalten. Dafür muss ich sorgen, dafür bitte ich um Verständnis.

Prof. Dr. **Ensinger**: Vielleicht gibt es da noch eine Hilfestellung bei dieser schwierigen Debatte.

Dr. **Pflugbeil** (GfS): Die Debatte hatte sich doch an der Frage nach dem Americium-243 entzündet.

Prof. Dr. **Ensinger**: Ja.

Dr. **Pflugbeil** (GfS): Habe ich das richtig in Erinnerung, dass die Aufregung um dieses Isotop deshalb so groß war, weil es in ganz anderen Zusammenhängen eine Rolle spielt, nämlich bei der Waffenherstellung?

Prof. Dr. **Ensinger**: Diese Frage ist schwierig zu beantworten. - Wenn es da ist, besteht die Frage: Woher kommt es? Mir fällt keine natürliche Erklärung ein. Danach fahndet jetzt auch Herr Mironov. Er versucht, die Kernreaktion herauszufinden, aus der das Isotop stammt. Wenn er eine historische Mutter-Tochter-Beziehung herstellen kann, dann möchte er auf den Zeitpunkt der Entstehung des Isotops zurückrechnen.

(Zuruf: Wenn das geht, wüssten wir den Zeitpunkt der Freisetzung?)

- Das halte ich für sehr schwierig, weil man dafür die spezifischen Aktivitäten aller beteiligten Nuklide mit großer Akkuratess messen muss. Wenn man diese Verhältnis hat und weiß, dass es diese eine Kernreaktion war und keine anderen Reaktionen und anderen Quellen bei der Analyse für das Nuklid eine Rolle spielen, dann darf man so vorgehen. Das wäre aber ein sehr großer Aufwand.

Vorsitzende Abg. **Gesine Meißner** (FDP): Vielen Dank, Herr Ensinger. - Das war ein Abschlussstatement. Ich sehe auch keine weiteren Wortmeldungen. Dann können wir gleich in die Mittagspause gehen.

Vorher wollte ich mich bei Herrn Professor Mironov bedanken. Er wird am Nachmittag noch unter uns bleiben. Da Sie aus einem anderen Staat kommen und vielleicht das erste Mal in Niedersachsen sind, möchte ich Ihnen ein Präsent zur Erinnerung überreichen, nämlich das niedersächsische Landeswappen mit einem springenden Pferd aus einer Porzellanmanufaktur in Niedersachsen, Fürstenberg.

(Beifall)

Ich habe auch ein kleines Präsent für Frau Olnert, die hier beim Dolmetschen Schwerstarbeit geleistet hat, nämlich ein Niedersachsen-Tuch.

(Die Vorsitzende überreicht Präsente - Beifall)

Wir gehen jetzt in die Mittagspause.

Schluss der Sitzung: 13.04 Uhr.

## Anlage

### Verteiler:

Mitglieder des Ausschusses für Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit  
 Mitglieder des Umweltausschusses  
 Präsident des Landtages  
 Fraktionen  
 Abg. Uwe Harden, Andreas Meihies, Friedrich Pörtner, Dr. Joachim Runkel, Wolfgang Röttger, André Wiese  
 Staatskanzlei  
 Finanzministerium  
 Ministerium für Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit  
 Umweltministerium  
 Präsidentin des Landesrechnungshofs

# Anhörung zu Leukämie in der Elbmarsch

Hannover, Deutschland, 12 April, 2007

## CONCENTRATION OF ISOTOPES OF URANIUM, THORIUM AND PLUTONIUM IN SOIL SAMPLES FROM GERMANY

Vladislav Mironov



International Sakharov Environmental University

## Task:

We received a number of soil samples from Germany and was commissioned to determine specific activity of isotopes of uranium, thorium and plutonium in the samples.

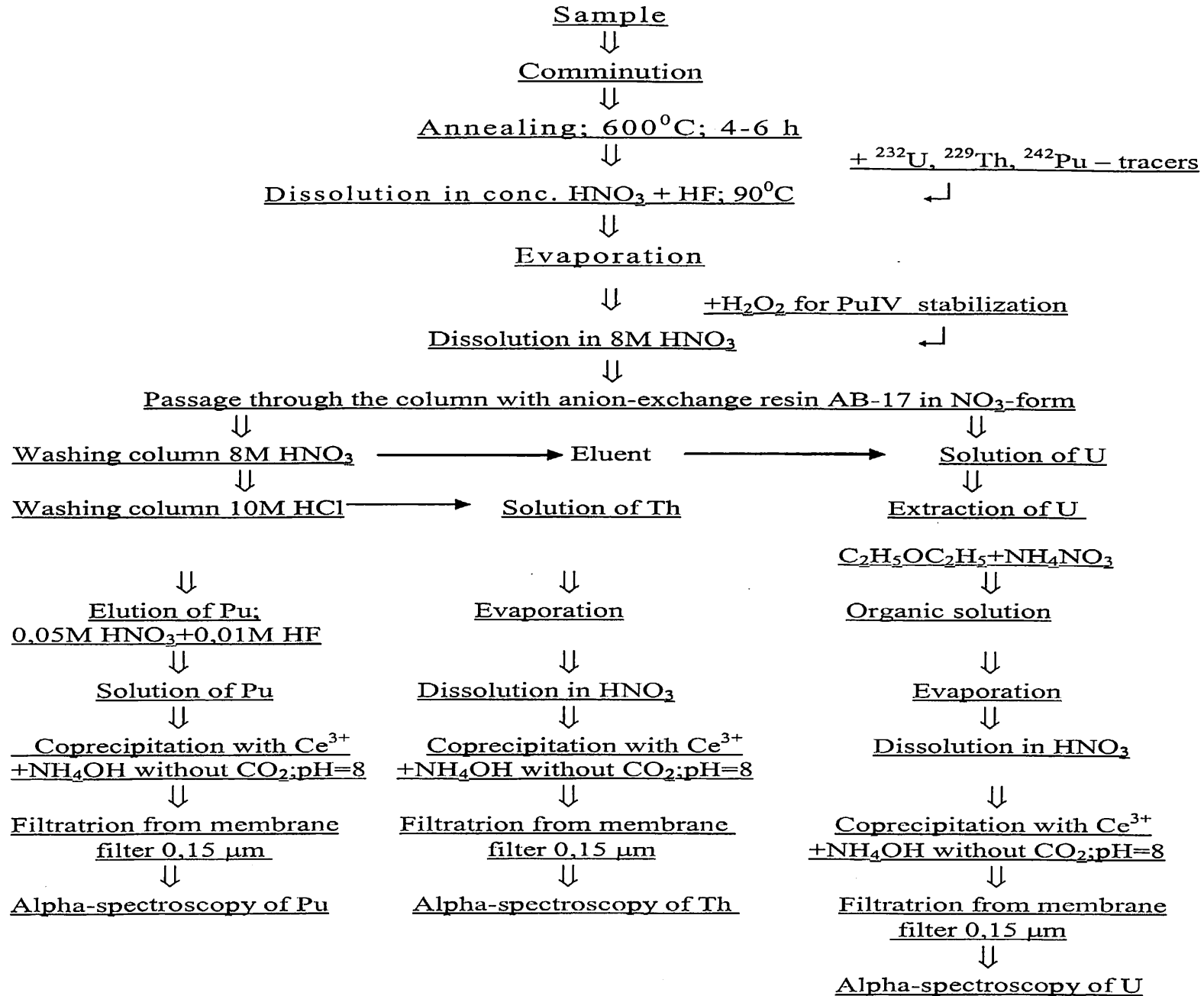
We have applied the complex scheme of radiochemical analysis, that allows to determine isotopes of Pu, U and Th simultaneously by using of just one sample. This procedure was necessary to conduct at least double analysis of the same sample.

The masses of samples were small (in limits from 0,4 up to 20 g). The majority of samples represented a mineral part of soil with the various content of black particles (“microspheres”).

Sample "H" (less than 0,5 g mass.) basically consisted of such black particles of various sizes. Sample "humus" with the major content of organic matter was probably a homogenized layer of sod (ignition coefficient is more than 30).



# The scheme of analysis





Energies of  $\alpha$ -particles (MeV) from uranium isotopes (probability, %)

Uranium Isotope	Energy (MeV)	Probability (%)
U-238	4,196	(77)
U-238	4,147	(23)
U-235	4,396	(55)
U-235	4,370	(6)
U-235	4,364	(11)
U-235	4,325	(4,6)
U-235	4,217	(5,7)
U-236	4,494	(74)
U-236	4,445	(26)
U-234	4,776	(72,4)
U-234	4,724	(27,4)
U-233	4,824	(84,4)
U-233	4,78	(13)
U-232	5,320	(68,6)
U-232	5,264	(31,2)





*Energies of  $\alpha$ -particles (MeV) from plutonium isotopes (probability, %)*

Pu-242	4,901 (78)	4,856 (22)
Pu-239	5,155 (73,3)	5,143 (15,1)
Pu-240	5,168 (73,5)	5,123 (26,4)
Pu-238	5,499 (72)	5,456 (28)
Pu-236	5,77 (69)	5,72 (31)

*Energies of  $\alpha$ -particles (MeV) from thorium isotopes (probability, %)*

Th-232	4,010 (77)	3,953 (23)
Th-230	4,688 (76)	4,621 (23)
Th-229	4,968 (6)	4,901 (10)
	4,845 (56)	4,814 (9)
Th-228	5,423 (73)	5,340 (27)

A fixed amount of chemical yield indicator is added at a stage of samples dissolution. After carrying out of this operation, chemical forms of tracers and determined isotopes become identical and their behavior at the further stages of the analysis will be identical. The chemical yield may be calculated on the last stage of analysis by taking  $\alpha$ -spectrometry measurements of the amount of the indicator on an accounting target.

Evaluations were made on the basis of the following empirical formula:

$$A_x = A_{tr} \cdot (I_x/I_{tr}) / M$$

where  $A_x$  – specific activity of radionuclide to be determined

$A_{tr}$  – activity of tracer;

$I_x$  and  $I_{tr}$  – instrumental counts of radionuclide to be determined and tracer;

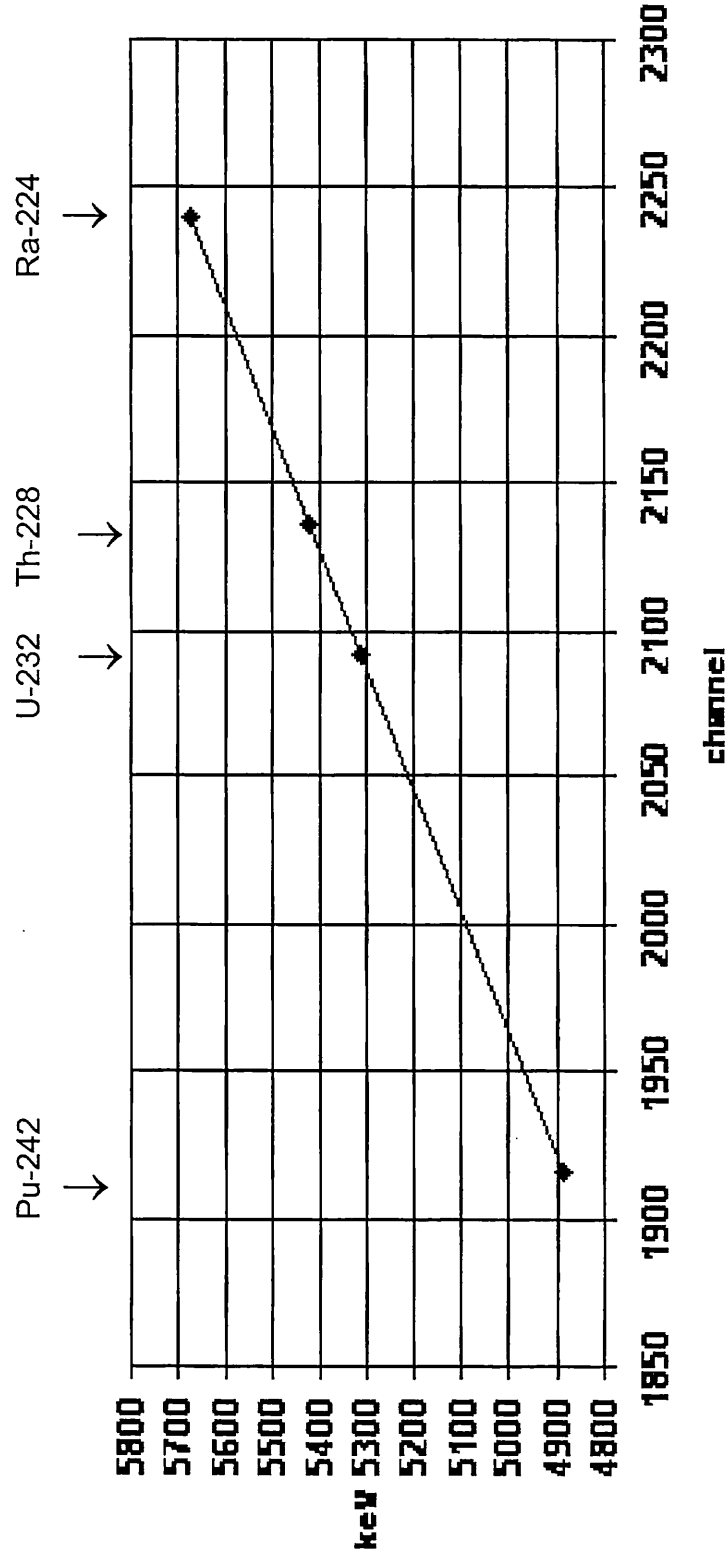
$M$  - mass of the sample.

The chemical yield was usually more than 70 % at the analysis of the given samples.



For the measurements, the alpha-spectrometer Canberra 7401/VR with PIPS detector was used, with an active area of the detector of 450 mm<sup>2</sup>. Registration efficiency of  $\alpha$ -particles in the field of energy from 3 MeV up to 10 MeV makes 30 %. The detection sensitivity is 0,001 Bq. The energy resolution is 18 keV.

The energy calibration of alpha-spectrometer and background measurements (0,0003 counts per second) were regularly carried out.



*The calibration of the alpha-spectrometer on isotopic sources*

**Table 1. The results of determination of U, Th, Pu specific activity, Bq/kg**

Isotope	Sample code				
	I-W-Sch	E-2/5	A-1/7+C-1/6	D-2/6+G-2/7	Humus
U-238	190±20	13±3	28±9	21±8	50±14
U-236	85±23	12±3	-	-	31±9
U-235	95±25	13±3	<0,5	<0,3	30±9
U-234	230±20	15±4	12±3	12±3	45±12
U-233	90±15	12±3	-	-	20±6
Th-232	210±20	40±12	38±14	11±3	82±20
Th-230	310±30	45±14	650±60	64±12	58±15
Th-228	210±20	45±14	25±7	9,6±1,9	80±20
Pu-239+240	36±9	11±3	2,7±0,9	7,7±1,5	10±3
Pu-238	11±3	3,2±1,2	<0,5	<0,3	4,8±1,4

**Table 1 (continuation).****The results of determination of U, Th, Pu specific activity, Bq/kg**

<b>Isotope</b>	<b>Sample code</b>			
	<b>H</b>	<b>B-1/5</b>	<b>J-1/4</b>	<b>F-2/4</b>
<b>U-238</b>	<b>1200±160</b>	<b>64±15</b>	<b>60±15</b>	<b>42±19</b>
<b>U-236</b>	<b>1100±300</b>	<b>52±14</b>	<b>56±15</b>	<b>47±12</b>
<b>U-235</b>	<b>830±230</b>	<b>38±10</b>	<b>50±12</b>	<b>58±15</b>
<b>U-234</b>	<b>980±200</b>	<b>60±15</b>	<b>55±15</b>	<b>40±10</b>
<b>Th-232</b>	<b>1100±200</b>	<b>80±20</b>	<b>140±30</b>	<b>62±12</b>
<b>Th-230</b>	<b>1600±300</b>	<b>78±20</b>	<b>160±30</b>	<b>140±25</b>
<b>Th-228</b>	<b>2000±350</b>	<b>50±13</b>	<b>110±20</b>	<b>90±19</b>
<b>Pu-239+240</b>	<b>60±15</b>	<b>4,5±0,9</b>	<b>6,2±1,3</b>	<b>8,2±1,7</b>
<b>Pu-238</b>	<b>25±8</b>	<b>2,2±0,5</b>	<b>2,4±0,5</b>	<b>4,0±1,2</b>



For better visualization of origin determination of radionuclides, results of analyses are grouped in the tables in element order (Pu, Th, U)

Table 2. Plutonium isotopes content in samples

<b>Sample code</b>	<b>Pu-239+240, Bq/kg</b>	<b>Pu-238, Bq/kg</b>	<b>Pu-238/Pu-239+240, Bq/Bq</b>
<b>I-W-Sch</b>	<b>36</b>	<b>11</b>	<b>0,31</b>
<b>E-2/5</b>	<b>11</b>	<b>3,2</b>	<b>0,29</b>
<b>Humus</b>	<b>10</b>	<b>4,8</b>	<b>0,48</b>
<b>D-2/6+G-2/7</b>	<b>7,7</b>	<b>&lt;0,3</b>	<b>&lt;0,04</b>
<b>A-1/7+C-1/6</b>	<b>2,7</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>&lt;0,2</b>
<b>H</b>	<b>60</b>	<b>25</b>	<b>0,42</b>
<b>B-1/5</b>	<b>4,5</b>	<b>2,2</b>	<b>0,49</b>
<b>J-1/4</b>	<b>6,2</b>	<b>2,4</b>	<b>0,39</b>
<b>F-2/4</b>	<b>8,2</b>	<b>4,0</b>	<b>0,49</b>

The basic sources of plutonium in the environment are as follows:

1. Nuclear weapon tests ("bomb-originated" or "global" plutonium).

The isotope ratio  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  for "bomb-originated" plutonium in the year 1964 averaged 0,02 Bq/Bq. This ratio remained constant till 1965, but in the spring of 1966 it has increased up to 0,042. This presumably can be explained by the fact of  $^{238}\text{Pu}$  input in the atmosphere as the result of combustion of space system SNAP-9A.

2. The accidents at nuclear reactors and factories on reprocessing of nuclear fuel (Chernobyl, Sellafield, etc.).

In these cases levels of local contamination by plutonium-239/240 can exceed 50000 Bq/m<sup>2</sup> ("reactor-originated" plutonium), while levels of "global" plutonium contamination for the middle latitudes of northern hemisphere is in the level of 60 Bq/m<sup>2</sup>. At normal operation of nuclear reactors, emissions of plutonium were not noticed. In the case of the accident at the Chernobyl NPP the isotope ratio  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  for "reactor-originated" plutonium is ~ 0,5. The isotope ratio  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  more than 0,06 indicates the presence of "reactor-originated" plutonium.

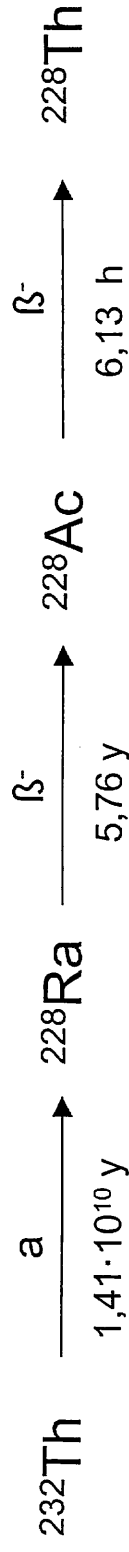




Table 3. Thorium isotopes content in samples

Sample code	Th-232, Bq/kg	Th-228, Bq/kg	U-233, Bq/kg	$^{232}\text{Th}/^{228}\text{Th}$ , Bq/Bq
I-W-Sch	210	210	90	1,0
Humus	82	80	20	1,0
E-2/5	40	45	12	0,89
A-1/7+C/1/6	38	25	-	1,5
D-2/6+G-2/7	11	9,6	-	1,1
H	1100	2000	-	0,55
B-1/5	80	50	-	1,6
J-1/4	140	110	-	1,3
F-2/4	62	90	-	0,69

Natural thorium consists practically of one isotope  $^{232}\text{Th}$  ( $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$  y). Its daughter isotope  $^{228}\text{Th}$  ( $T_{1/2} = 1,91$  years) is of insignificant amount ( $\sim 10^{-8}$  % in mass.) and is in secular equilibrium with mother isotope ( $^{232}\text{Th}/^{228}\text{Th} \approx 1$ ).



Thorium is a source for production of a secondary nuclear fuel ( $^{233}\text{U}$ ). It can be produced with the following basic nuclear reaction.

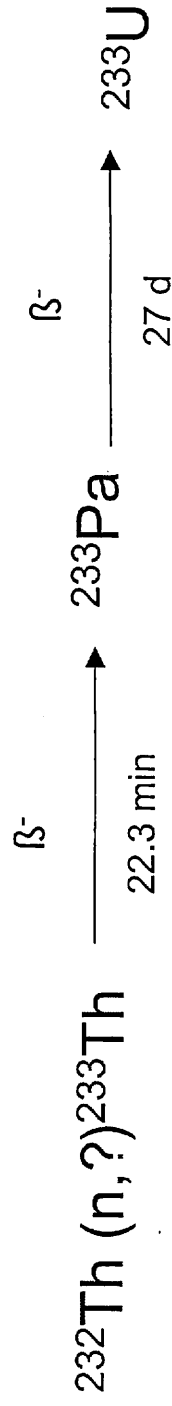


Table 4. Uranium isotopes content in samples

Sample code	$^{238}\text{U}$ Bq/kg	$^{236}\text{U}$ Bq/kg	$^{235}\text{U}$ Bq/kg	$^{234}\text{U}$ Bq/kg	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ Bq/Bq	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ %mass	$^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$ %mass
I-W-Sch	190	85	95	230	1,2	7,8	0,34
Humus	50	31	30	45	0,9	9,4	0,48
A-1/7+C-1/6	28	-	<0,5	12	0,43	<0,3	-
D-2/6+G-2/7	21	-	<0,3	12	0,57	<0,2	-
E-2/5	13	12	13	15	1,2	16	0,71
H	1200	1100	830	980	0,82	11	0,70
B-1/5	64	52	38	60	0,94	9,3	0,62
J-1/4	60	56	50	55	0,92	13	0,72
F-2/4	42	47	58	40	0,95	22	0,86

Isotope ratios  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  and  $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$  specify the origin of uranium (natural or technogenic). In natural uranium the  $^{235}\text{U}$  content makes 0,725 % mass of  $^{238}\text{U}$ .

In light-water nuclear reactors of common NPPs U-235 enrichment is equal to 4 %.

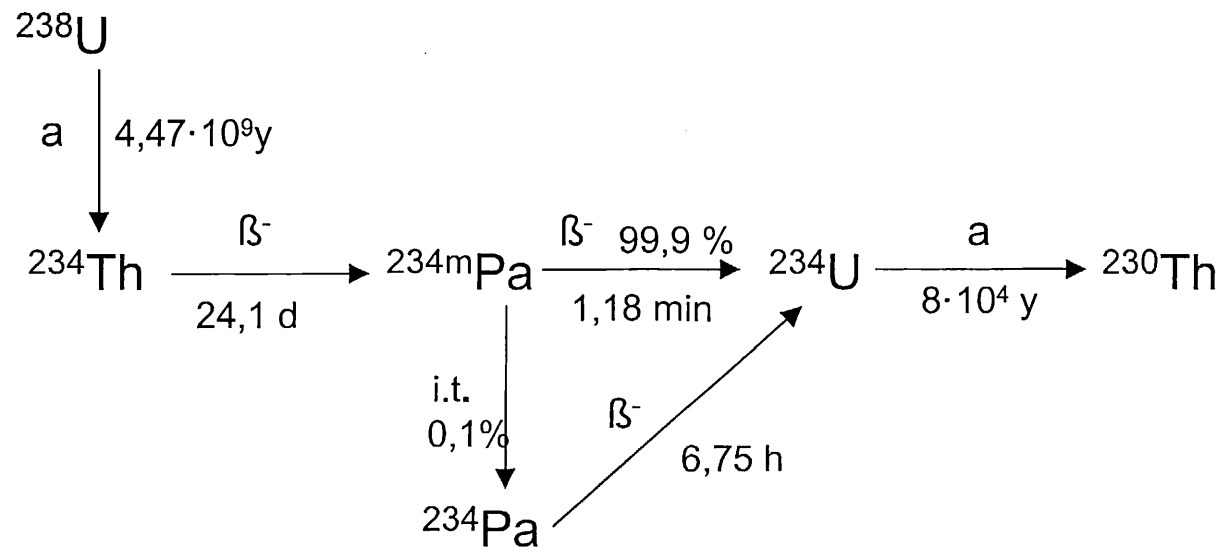
During the work of nuclear reactor, uranium-236 is formed on  $^{235}\text{U} (n, \gamma) ^{236}\text{U}$  nuclear reaction. Note, that in natural uranium U-236 is practically absent ( $^{236}\text{U}/^{238}\text{U} \sim 10^{-10}$  g/g).

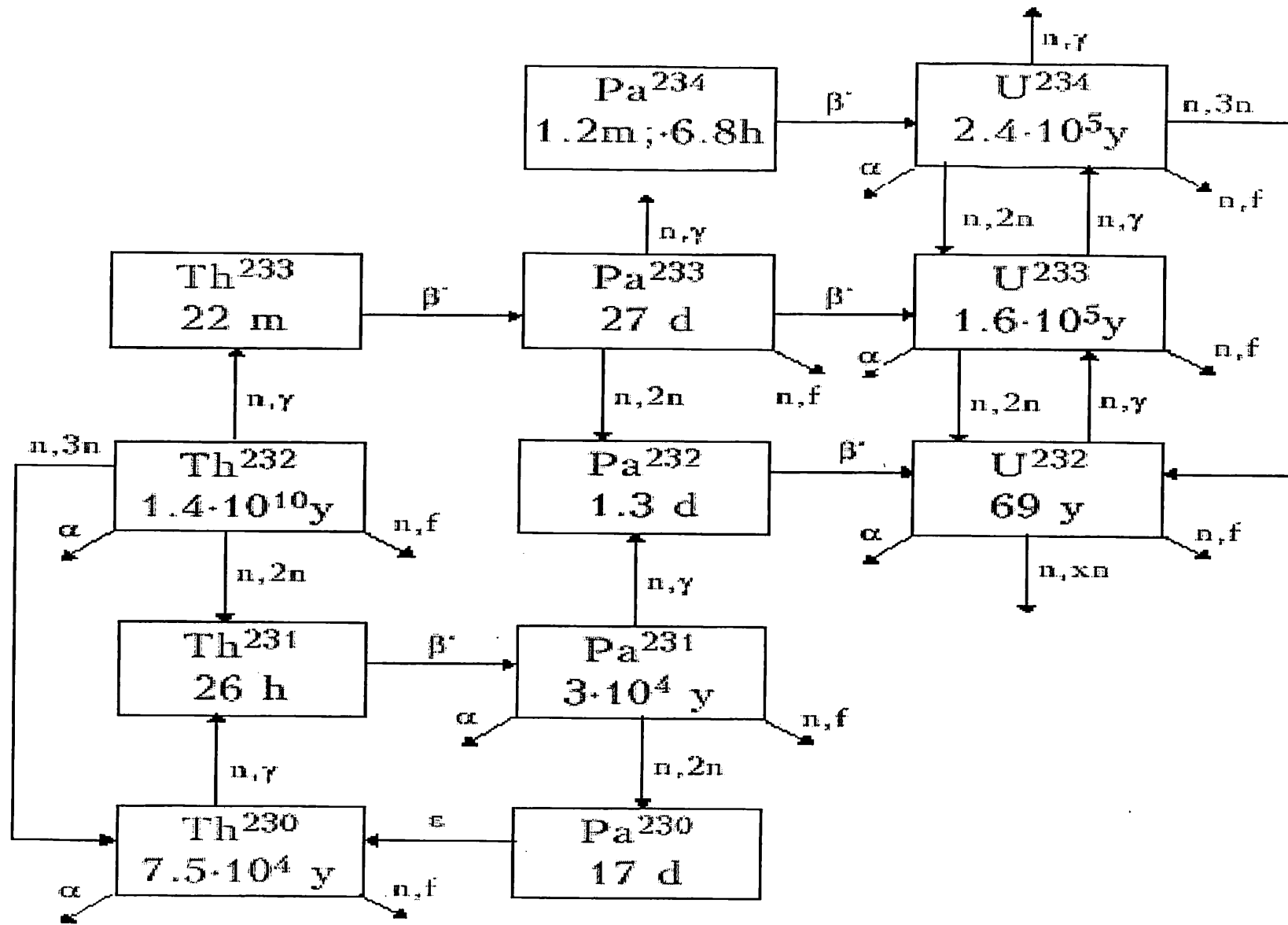
Detection of uranium-236 during an isotope analysis indicates that we are dealing with uranium which was irradiated in a reactor ("reactor-originated" uranium).

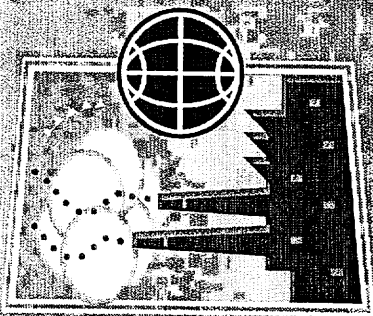
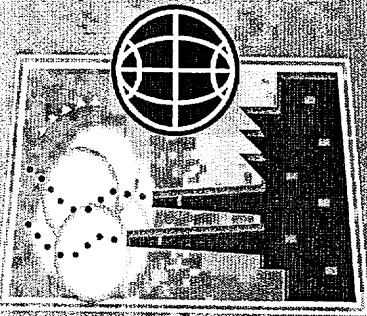
An isotope ratio  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  less than 0,3 % mass corresponds to the depleted uranium which was used in the past in battle operations.

Thus, on the basis of the received experimental data it is possible to conclude, that only technogenic uranium presents in analyzed samples (reactor-originated and depleted).

The high content of thorium-230, which is present at U-238 radioactive row, is strange. Only in the "humus" sample the isotope ratio  $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$  corresponds to the equilibrium state.







# VIELEN DANK



**International Sakharov Environmental University**