

Fallout der chinesischen Kernwaffenexplosion  
vom 27. 12. 1968

J. FAHLAND

Institut für Anorganische Chemie und Kernchemie  
der Universität Mainz

(Z. Naturforsch. 24 a, 1832—1833 [1969] ; eingeg. am 5. September 1969)

Short-lived radionuclides have been measured in fallout of the Chinese nuclear test of Dec. 27th, 1968. The measured yield ratios of the nuclides <sup>95</sup>Zr, <sup>111</sup>Ag, <sup>115</sup>Cd, <sup>156</sup>Eu, <sup>237</sup>U and <sup>239</sup>Np have been corrected for fractionation effects and compared to calculated ratios. Free parameters of the calculation such as most frequent neutron energy, time integrated neutron flux, and fission material were adjusted by means of a least square criterion. The most frequent energy was found to be 5 keV. The corresponding Maxwellian time integrated flux was 3·10<sup>23</sup> n/cm<sup>2</sup>. In addition, a 14 MeV-time integrated flux of 1·10<sup>23</sup> n/cm<sup>2</sup> had to be assumed. The converted fission material was <sup>235</sup>U and <sup>238</sup>U with 15% <sup>235</sup>U.

Die Volksrepublik China unternahm am 27. 12. 1968 ihren 8. Kernwaffenversuch im Gebiet Lop-Nor, Provinz Sinkiang, mit einer Sprengkraft von 3 Mt TNT. Stratosphärischer Fallout dieses zweiten chinesischen Wasserstoffbombenversuchs wurde durch Wischproben von den Rotoren einer Linienmaschine der Lufthansa entnommen, die zwischen dem 31. 12. 1968 und 3. 1. 1969 die Polarroute Frankfurt-Tokio-Frankfurt geflogen war. Die kürzlich beschriebene Methode<sup>1</sup>, mittels einer Falloutanalyse auf die häufigste Neutronenenergie, die Fluenz (n/cm<sup>2</sup>) und das Spaltmaterial des Kernwaffenversuchs zu schließen, konnte bisher nur am Fallout von Kernwaffenversuchen im Bereich 30 – 300 kt TNT geprüft werden. Die Auswertung der Analyseergebnisse einer Wasserstoffbombenexplosion stand noch aus; sie wird im Folgenden beschrieben.

In Tab. 1 werden die gemessenen Anfangsaktivitäten bzw. Atomzahlen angegeben, wobei die Standardabweichung der Meßwerte ±10% beträgt. Im Gegensatz zum Fallout der ersten chinesischen Wasserstoffbombe, von der eine nichtfraktionierte Probe untersucht worden war<sup>1</sup>, war die ursprüngliche Falloutzusammen-

Explosion Nr.		8	
Datum		27. 12. 1968	
g Asche		3,0	
Nuklid		Imp/min	Atome
Zr-95	65,0 d	4,38·10 <sup>4</sup>	5,92·10 <sup>9</sup>
Ag-111	7,5 d	4,82·10 <sup>3</sup>	7,51·10 <sup>7</sup>
Cd-115	2,2 d	4,97·10 <sup>3</sup>	2,30·10 <sup>7</sup>
Ba-140	12,8 d	4,67·10 <sup>4</sup>	1,24·10 <sup>9</sup>
Nd-147	11,1 d	6,33·10 <sup>4</sup>	1,46·10 <sup>9</sup>
Sm-153	46,7 h	3,45·10 <sup>4</sup>	1,40·10 <sup>8</sup>
Eu-156	15,2 d	4,62·10 <sup>2</sup>	1,46·10 <sup>7</sup>
U-237	6,75 d	3,39·10 <sup>5</sup>	4,76·10 <sup>9</sup>
Np-239	2,35 d	1,95·10 <sup>6</sup>	0,95·10 <sup>10</sup>

Tab. 1. Anfangsaktivitäten des Fallout.

Sonderdruckanforderungen erbeten an Dr. J. FAHLAND, Institut für Anorganische Chemie und Kernchemie der Universität Mainz, D-6500 Mainz, Joh.-Joachim-Becher-Weg 24.

setzung diesmal infolge Fraktionierung während der Explosion stark verschoben im Sinne einer Abreicherung des Ag-111 gegenüber Zr-95. Als Maß dieser veränderten radiochemischen Falloutzusammensetzung wurde der Fraktionierungskorrekturfaktor *f<sub>i</sub>* aus den Anfangsatomzahlen des Ba-140 und Zr-95 berechnet:

f\_i = (N\_Ba-140 / N\_Zr-95) · 1,074 ) ^ -1,29 = 6,8.

Die Abreicherung des Ag-111 gegenüber Zr-95 im Verhältnis 1 : 6,8 legt die Vermutung nahe, daß gegenüber der ersten chinesischen Wasserstoffbombenexplosion mit *f<sub>i</sub>* = 1, die in großer Höhe erfolgte, diese zweite Wasserstoffbombenexplosion Kontakt mit der Bodenoberfläche hatte; denn die Beteiligung großer Mengen Bodenmaterials und die damit verbundene relativ schnelle Abkühlung des Feuerballs beeinflussen die Fraktionierung stark. Auch die spezifische Aktivität der Spaltprodukte in der Asche spricht für eine Explosion in Bodennähe. Sie liegt etwa hundertmal höher als beim ersten chinesischen Wasserstoffbombenversuch. Das weist ebenfalls auf einen relativ kühlen Feuerball hin, der nicht extrem hoch in die Stratosphäre aufstieg, sondern nur die Höhe der Flugrouten (9 – 13 km) erreichte.

Die gemessenen, auf Zr-95 bezogenen Ausbeutequotienten des Ag-111, U-237 und Np-239 wurden mit dem Faktor *f<sub>i</sub>* hinsichtlich der Fraktionierung korrigiert und mit berechneten Quotienten<sup>1</sup> verglichen. Tabelle 2 gibt die Ergebnisse des Vergleichs. Nach Tab. 2 ist die

Ausbeutequotient	gem.	korr.	ber.
Y <sub>Ag-111</sub> /Y <sub>Zr-95</sub>	0,013	0,087	0,093
Y <sub>U-237</sub> /Y <sub>Zr-95</sub>	0,80	5,5	5,3
Y <sub>Np-239</sub> /Y <sub>Zr-95</sub>	1,6	11	10
Neutronenenergie E <sub>p</sub>	keV	5	
5 keV-Fluenz Φ t	n/cm <sup>2</sup>	3·10 <sup>23</sup>	
14 MeV-Fluenz φ τ	n/cm <sup>2</sup>	1·10 <sup>23</sup>	
N <sup>0</sup> <sub>235</sub> / (N <sup>0</sup> <sub>235</sub> + N <sup>0</sup> <sub>238</sub> )	%	15	

Tab. 2. Gemessene, korrigierte und berechnete Ausbeutequotienten sowie zugehörige Lösungen der Rechnungsparameter.

Differenz zwischen korrigierten und berechneten Ausbeutequotienten etwa gleich der Größe des Meßfehlers von ±10%. Die Wurzel aus der Quadratsumme der relativen Differenzen ist als Fehler *F* in Abb. 1 aufgetragen, wobei die häufigste Neutronenenergie *E<sub>p</sub>* einer Maxwellschen Energieverteilung variiert wurde. Die Lage des Fehlerminimums bestätigt Folgerungen aus früheren Messungen<sup>1</sup>: Das Neutronenspektrum entspricht nicht einem unmoderiertem Spaltneutronenspektrum, für welches ein Fehlerminimum bei *E<sub>p</sub>* = 667 keV zu erwarten wäre, sondern ist bis auf *E<sub>p</sub>* = 5 keV moderiert. Außerdem zeigt der Vergleich zwischen U-235 und Pu-239 als Spaltmaterial — beide mit einem Natururan-Neutronenreflektor versehen —, daß wie in den

<sup>1</sup> J. FAHLAND, Z. Naturforsch. 24 a, 653 [1969].



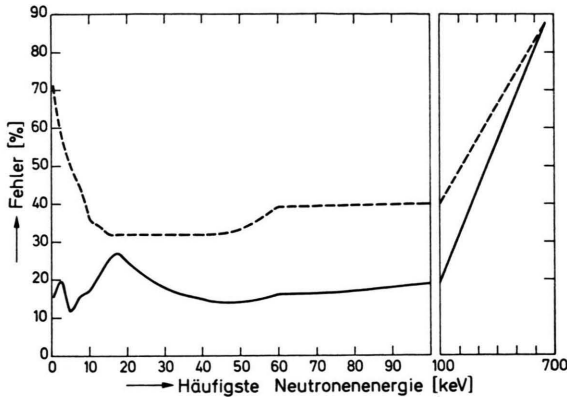


Abb. 1. Der Fehler  $F$  als Funktion der häufigsten Neutronenenergie  $E_p$ . Die ausgezogene Kurve gilt für U-235, die gestrichelte Kurve für Pu-239 als Spaltmaterial.

vorhergehenden chinesischen Kernwaffenversuchen auch diesmal angereichertes U-235 als Spaltmaterial verwendet wurde. Der Anreicherungsgrad des U-235, gemittelt über den umgesetzten Teil des Spaltmaterials einschließlich des Natururan-Neutronenreflektors, wird in Tab. 2 gegeben; er beträgt 15%. Berücksichtigt man, daß wie in den Tests 2 und 5 etwa 85-proz. U-235 als Spaltmaterial eingesetzt wurde<sup>1</sup>, so ergibt sich für die Tests 7 und 8 ein Verhältnis Natururan zu 85-proz. U-235 wie 6:1.

In Tab. 2 werden ebenfalls angegeben: Die Fluenz an 5 keV-Neutronen und 14 MeV-Neutronen. Beson-

Explosion Nr.	2	3	5	7	8
$N_{235}^0 / (N_{235}^0 + N_{238}^0)$	% 99	7	70	15	15
$\varphi \tau / (\varphi \tau + \Phi t)$	% 3	1	0,3	3	25
$E_{238} / (E_{238} + E_{235})$	% 0,1	3,5	0,0	4,4	39

Tab. 3. Kernspaltungsenergie aus U-238.

ders aufschlußreich ist der hohe Anteil an 14 MeV-Neutronen im Neutronenspektrum —  $\varphi \tau / (\varphi \tau + \Phi t) = 25\%$ , der die Kernfusion von Deuterium und Tritium anzeigt. Als Folge der dabei entstehenden 14 MeV-Neutronen wird ein beachtlicher Teil des Natururan-Neutronenreflektors gespalten. Wie groß der Energiebeitrag  $E_{238}$  aus U-238-Kernspaltung relativ zur Gesamtenergie in den chinesischen Kernwaffenversuchen war, zeigt Tab. 3, wobei unterstellt wird, die Gesamtenergie stamme ausschließlich aus Kernspaltung; ein Energieanteil aus Kernfusion bleibt unberücksichtigt.

In Tab. 3 hebt sich Test 8 eindeutig von den anderen Versuchen ab sowohl durch den Anteil der 14 MeV-Neutronen  $\varphi \tau / (\varphi \tau + \Phi t)$  als auch durch den Energiebeitrag aus U-238-Kernspaltung  $E_{238} / (E_{238} + E_{235})$ . Damit weist das Ergebnis der Falloutanalyse den 8. chinesischen Kernwaffenversuch als Wasserstoffbombenexplosion aus.

Der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., München, danke ich für die Finanzierung der Arbeit. Die Lufthansa Frankfurt/Main ermöglichte die Probenahme des Fallout, wofür ich meinen Dank ausspreche. Die experimentelle Durchführung der Arbeit besorgten Frl. K. WACHNER und Frau E. KREBS, denen ich herzlich danke.