

WISE Uranium Project - Infoblatt

Geschosse aus abgereichertem Uran

Im Golfkrieg wurden 1991 erstmals Geschosse aus abgereichertem Uran eingesetzt. Wegen der hohen Dichte des Urans von $18,9 \text{ g/cm}^3$ (zum Vergleich Blei: $11,35$) haben diese Geschosse eine besonders hohe Durchdringungskraft und werden in erster Linie gegen Panzer eingesetzt. 1994/1995 wurden Urangeschosse auch in Bosnien eingesetzt, sowie 1999 im Kosovo-Krieg.

Herkunft und Zusammensetzung des abgereicherten Urans

Abgereichertes Uran (engl. depleted uranium - DU) ist ein Abfallprodukt der Brennstoffherstellung für Kernkraftwerke und der Atomwaffenproduktion. Natürliches Uran enthält nur zu 0,71% das spaltbare Isotop Uran-235 (der Rest ist überwiegend Uran-238). Für den Einsatz in Leichtwasser-Reaktoren (wie Druckwasser- und Siedewasser-Reaktoren) muß der Anteil an Uran-235 auf 3-5% angereichert werden, für den Einsatz in Atomwaffen auf ca. 90%. Bei diesem Anreicherungsprozeß (üblicherweise nach dem Diffusionsverfahren oder dem Zentrifugenverfahren) fällt in großen Mengen Uran mit einem gegenüber dem Natururan verminderten Anteil an Uran-235 an. Für dieses sog. abgereicherte Uran gibt es bisher kaum eine Verwendung und es wird meist in der chemisch aggressiven Form von Uranhexafluorid (UF_6) in Stahlbehältern unter freiem Himmel bei den Anreicherungsanlagen gelagert (allein in den USA über 700 000 t).

Für eine spätere Endlagerung müßte es zunächst in eine chemisch stabilere Form (z.B. Uranoxid UO_2 oder U_3O_8) umgewandelt werden und dann in ein (noch nirgends existierendes) Endlager verbracht werden.

Das abgereicherte Uran steht also praktisch kostenlos zur Verfügung. Für die Verwendung in Geschossen muß es nur in die Form von Uranmetall umgewandelt werden.

Urangeschosse und ihre Eigenschaften

Für den Einsatz in Geschossen wird eine Legierung aus abgereichertem Uran und einer Beimengung von z.B. 0,75% Titan hergestellt. In einem speziellen metallurgischen Prozeß wird das Material dann gehärtet (das Uranmetall an sich ist vergleichsweise weich).

Die von Flugzeugen und Hubschraubern aus eingesetzten 30-mm-Geschosse enthalten 271 g der Uranmetall-Legierung, die von Panzern aus eingesetzten 120-mm-Geschosse je nach Typ 2-5 kg.

Zusammensetzung der Uranisotope in abgereichertem Uran (DU) aus der Anreicherung von Natururan

(von der Anreicherung auf 3,5%, Abreicherung auf 0,2%)

	U-234	U-235	U-238	Gesamt
Gewichtsanteil	0,0008976%	0,2%	99,799%	100%
Aktivität in 1g DU	2076 Bq	160 Bq	12420 Bq	14656 Bq

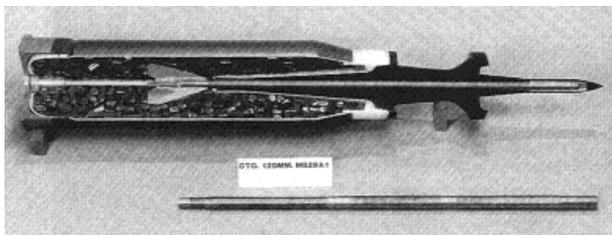
Natururan besteht aus den Isotopen Uran-234, Uran-235 und Uran-238. Diese sind alle

langlebige Alphastrahler. Der Anteil an Uran-235 ist im abgereicherten Uran auf typisch 0,2 - 0,3% reduziert, also etwa 30 - 40% seines Anteils in Natururan. Der Anteil von Uran-234 wird wegen seines kleineren Atomgewichts beim Anreicherungsprozeß prozentual sogar noch stärker reduziert. Hauptsächlich wegen dieses Effekts beträgt die Alpha-Aktivität von abgereichertem Uran nur etwa 60% der von Natururan.

Innerhalb weniger Monate wachsen beim Zerfall des Uran-238 die Betastrahler Thorium-234 und Protactinium-234m nach, bis sie die gleiche Aktivität wie das Uran-238 erreicht haben.

Wirkung von Urangeschossen

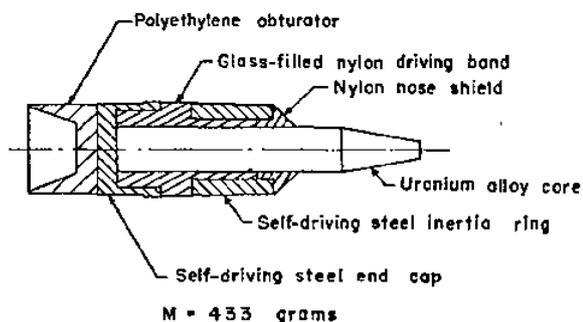
Die Wirkung von Urangeschossen beruht allein darauf, daß ein stab- oder pfeilförmiges Teil aus Uranmetall mit hoher Wucht auf einem Ziel auftrifft. Vom Geschöß wird keinerlei Sprengstoff mitgeführt - es handelt sich vom Prinzip her also um eine ausgesprochen archaische Waffe.



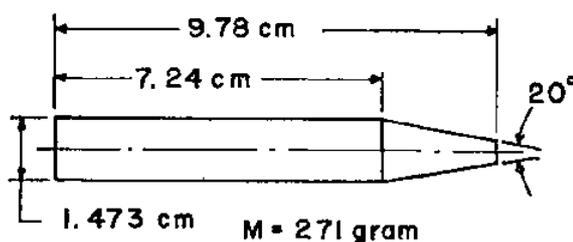
120-mm-Geschoß mit DU-Kern



Nach dem Abschuß fallen die Teile der Führungshalterung ab und das pfeilförmige Urangeschoß fliegt mit hoher Geschwindigkeit ins Ziel.



30-mm-Geschoß und Uranmetall-Kern (unten)



Beim Auftreffen auf Panzerungen aus Stahl entstehen hohe Temperaturen; das Geschöß bohrt sich durch die Panzerung hindurch und hinterläßt nur ein kleines Loch. Ein Teil des Geschosses wird beim Auftreffen pulverisiert. Die dabei entstehenden Uranmetall-Partikel sind selbstentzündlich und oxidieren unter hoher Temperaturentwicklung zu Uranoxid; hinter der Panzerplatte lösen sie dabei meist einen Brand aus.

Als Schutz gegen Urangeschosse werden inzwischen auch Panzerungen aus abgereichertem Uran verwendet.

Eine vergleichbare Durchschlagswirkung wie mit Urangeschossen läßt sich auch mit Geschossen aus Wolfram erzielen, das etwa die gleiche Dichte besitzt.

Bisheriger Einsatz von Urangeschossen

Einsatz auf Übungsplätzen

USA:

Geschosse mit abgereichertem Uran wurden auf einer ganzen Reihe von Übungsplätzen vorwiegend im Westen der USA verschossen, von denen die meisten inzwischen geschlossen sind. An ein Einsammeln des Urans wird derzeit nicht gedacht, da auf dem gleichen Gelände auch noch in großer Zahl nicht explodierte konventionelle Geschosse liegen, die das Betreten äußerst gefährlich machen.

Großbritannien:

Seit 1995 wurden in der Meeresbucht Solway Firth zwischen Südwest-Schottland und Nordwest-England 1421 Geschosse mit abgereichertem Uran abgefeuert.

Versehentlicher Einsatz bei Übungen:

Am 5. und 7. Dezember 1995 und am 24. Januar 1996 verschossen Flugzeuge der US-Marine versehentlich 1520 Stück 25-mm-DU-Geschosse (à 147 g) auf einem Übungsgelände in der Nähe der japanischen Insel Okinawa. Die japanische Regierung wurde erst über ein Jahr später darüber informiert, nachdem Journalisten darauf gestoßen waren.

Am 19. Februar 1999 verschossen zwei Flugzeuge der US-Marine versehentlich 263 DU-Geschosse auf ein Übungsgelände auf der zu Puerto Rico gehörenden Insel Vieques. Im März 1999 wurde eine Aufräummannschaft vor Ort geschickt, die aber nur 57 der Geschosse ausfindig machen konnte. Im Juni 2000 wurde nochmals drei Wochen lang gesucht, aber es konnten nur 37 weitere Geschosse gefunden werden.

Kampfeinsatz:

Golfkrieg 1991:

9640 Stück 105/120-mm-Geschosse (insges. 56 t) von US- und Britischen Panzern

850 950 Stück 25/30-mm-Geschosse (insges. 268 t) von US- und Britischen Flugzeugen

Bosnien 1994/1995:

10 800 Stück 30-mm-Geschosse (insges. 3 t) von US-Flugzeugen

Kosovo 1999:

31 000 Stück 30-mm-Geschosse (insges. 8,4 t) von US-Flugzeugen aus einer Höhe von ca. 5 km

Gesundheitsgefahren von Urangeschossen

Die maximale Strahlendosis für die Besatzung in einem M1A1HA Panzer mit DU-Panzerung und einer vollen Ladung DU-Geschosse an Bord beträgt etwa 1,3 Mikrosievert pro Stunde ($\mu\text{Sv/h} = 10^{-6} \text{ Sv/h}$).

Bei direktem Hautkontakt mit einem Geschöß aus abgereichertem Uranmetall beträgt die Hautdosis 2 Millisievert pro Stunde ($\text{mSv/h} = 10^{-3} \text{ Sv/h}$). Der nach ICRP 60 für die Allgemeinheit anzuwendende Dosisgrenzwert für die Haut von 50 mSv wäre nach 25 Stunden erreicht. Die Strahlendosis nimmt mit der Entfernung rasch ab: für ein 30-mm-Geschöß (271 g) beträgt die effektive Dosis in 1 m Entfernung nur noch 7 Nanosievert pro Stunde ($\text{nSv/h} = 10^{-9} \text{ Sv/h}$).

Die Bestimmung der Strahlenbelastung durch den beim Einschlag freigesetzten Uranstaub ist wesentlich schwieriger, da sie von vielen Faktoren abhängt. Neben der Belastung direkt nach dem Einschlag ist auch noch das längere Zeit mögliche Wiederaufwirbeln von Uranstaub vom Boden zu berücksichtigen.

Beim Einatmen von Partikeln aus unlöslichen Uranverbindungen, wie sie beim Aufschlag eines DU-Geschosses entstehen, geht die Gefahr vorwiegend von der Alphastrahlung des Urans aus. Ein Teil des lungengängigen Uranstaubs verbleibt längere Zeit in der Lunge und schädigt dort das Gewebe. Ein Teil wandert mit dem Blutkreislauf weiter im Körper und gelangt so in die Knochen, die Leber und die Niere. Die effektive Inhalationsdosis nach ICRP 72 beträgt für abgereichertes Natururan 0,12 mSv/mg. Der ICRP-Grenzwert für die effektive Dosis für die Allgemeinheit von 1 mSv pro Jahr entspricht somit 8,3 mg. Bei kontinuierlicher Exposition und einer Atemrate von 0,9 m³/h entspricht das einer Urankonzentration in der Atemluft von 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vom Boden aus kann das Uran auch in Nahrungspflanzen und in das Grundwasser (und damit ins Trinkwasser) gelangen.

Bei Aufnahme mit Nahrung und Trinkwasser geht die Gefährdung hauptsächlich von der chemischen Toxizität des Urans aus - es ist ein Nierengift. Die US-Umweltbehörde EPA hat im Jahr 2000 aus wirtschaftlichen Gründen einen Trinkwasser-Grenzwert für Uran von 30 $\mu\text{g}/\text{l}$ festgelegt, obwohl sie eigentlich einen Wert von 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ für angebracht gehalten hatte. Die Weltgesundheitsorganisation WHO empfiehlt dagegen den wesentlich niedrigeren Wert von 2 $\mu\text{g}/\text{l}$, um noch ausreichend Raum für die Aufnahme von Uran mit der übrigen Nahrung zu lassen.

Abschätzungen für die Dosisbelastung in Zielgebieten von Urangeschossen

Da bisher Messungen über die tatsächlichen Dosisbelastungen in Zielgebieten von Urangeschossen nicht vorliegen, muß man sich vorerst mit Modellrechnungen begnügen, die von verschiedener Seite durchgeführt worden sind. Für den Golfkrieg wurden solche Abschätzungen vom US-Verteidigungsministerium (Environmental Exposure Report) sowie von den unabhängigen Experten Fetter/v.Hippel vorgelegt. Hier sollen die wichtigsten Ergebnisse der Berechnungen der Arbeitsgruppe der UNO-Umweltbehörde UNEP aus dem

Jahre 1999 für den Kosovo vorgestellt werden. Die Veröffentlichung von tatsächlichen Meßresultaten, die im November 2000 im Kosovo gewonnen wurden, hat die UNEP für März 2001 angekündigt.

Externe Strahlung verursacht von DU, das über den Boden eines Zielgebietes verteilt ist:

Es wird angenommen, daß 10 kg DU über eine Fläche von 1000 m² verteilt sind. Für die Gamma-Dosisrate wird ein Wert von **4 µSv pro Jahr** berechnet.

Inhalation von DU-Staub sofort nach einem Angriff in unmittelbarer Nähe:

Es wird eine Aufnahme von max. **100 mg** DU angenommen. Diese führt zu akut **toxischen Wirkungen** und einer effektiven Strahlendosis durch Inhalation von **weniger als 10 mSv**.

Inhalation von aufgewirbeltem DU-Staub:

Es wird eine Konzentration von 6 µg DU pro mg Staub in einem Zielgebiet von 1000 m² angenommen. Abhängig von der Staubkonzentration in der Luft entspricht dies DU-Konzentrationen von 0,3 µg/m³ (normal) bis zu 30 µg/m³ (sehr staubig). Bei kontinuierlicher Belastung resultiert dies in einer effektiven Inhalationsdosis von **0,3 bis 30 mSv pro Jahr**. Meßergebnisse aus Kuwait im Sommer 1993 zeigen, daß auch 2 Jahre nach dem Golfkrieg noch DU in der Luft nachgewiesen werden konnte, allerdings in der winzigen Menge von 0,34 ng/m³. Die entsprechende Inhalationsdosis beträgt 0,3 µSv pro Jahr.

Verzehr von mit DU-Staub kontaminiertem Gemüse:

Für den Verzehr von Blattgemüse aus einem Zielgebiet in der ersten Woche nach einem Angriff wird eine DU-Aufnahme von **einigen 100 mg** angenommen. Diese Menge ist absolut signifikant vom **toxischen Risiko** her; die resultierende Strahlendosis liegt in der Größenordnung von **0,1 mSv**.

Trinken von kontaminiertem Grundwasser:

Es wird angenommen, daß durch DU-Staub in einem Zielgebiet das Grundwasser Uran-Konzentrationen von **1 mg/l** erreichen kann. Bei diesem Wert können **toxische Wirkungen** nicht ausgeschlossen werden. Die jährliche Strahlendosis vom Trinken dieses Wassers würde etwa **1 mSv** betragen.

Einschätzung des resultierenden Krebsrisikos

In Presseberichten wird das beobachtete Auftreten von Leukämie-Erkrankungen bei westlichen Soldaten, die im Balkan eingesetzt waren, mit der Verwendung von Uranwaffen in Verbindung gebracht. Um diesen Zusammenhang in erster Näherung zu untersuchen, kann man hilfswise auf ein Modell zurückgreifen, das von W. Jacobi 1995/97 für Uranarbeiter der Wismut entwickelt worden ist. Da das Modell für Natururan gilt, überschätzt es die Strahlenwirkung des abgereicherten Urans, dessen Aktivität nur etwa 60% der von Natururan beträgt. Außerdem nimmt das Modell an, daß alle Zerfallsprodukte des Urans im Gleichgewicht vorhanden sind, was bei abgereichertem Uran nicht der Fall ist; das Risiko wird also auch deswegen überschätzt.

Es bietet sich an, hierfür den Fall zu betrachten, für den die UNEP die höchste Dosisbelastung

geschätzt hat - die Inhalation von DU-Staub sofort nach einem Angriff in unmittelbarer Nähe. Nimmt man beispielsweise einen Soldaten an, der 1995 in Bosnien im Alter von 25 Jahren 10 Mal solchen Situationen ausgesetzt war (was für westliche Soldaten wohl kaum der Fall gewesen sein wird), und der im Jahr 2001 an Leukämie erkrankt, so ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von nur 1,7%, daß diese Leukämie durch das Uran verursacht wurde.

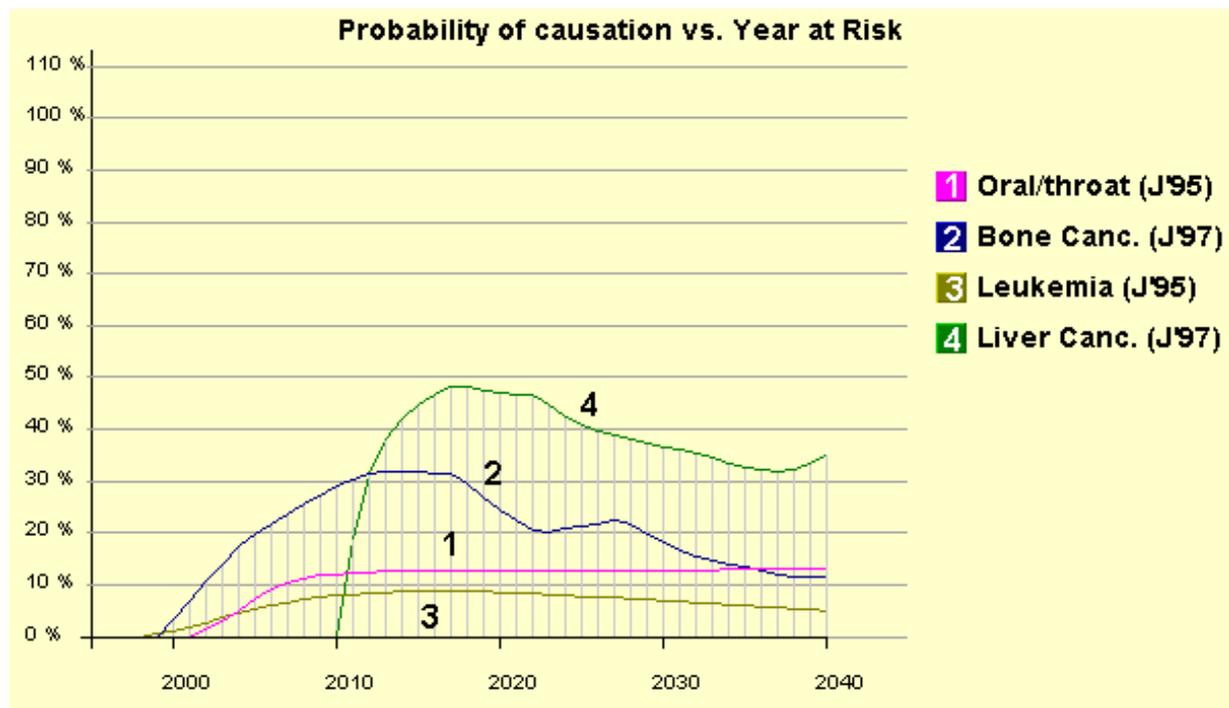
Es müßten also unter den gegebenen Bedingungen 57 Leukämiefälle auftreten, damit einer davon der Inhalation von Uran zuzurechnen wäre.

Wenn der Soldat stattdessen Knochenkrebs bekommen hätte, wäre die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das Uran der Auslöser ist, schon 6,9%.

Wenn der Soldat erst 1999 im Kosovo-Krieg eingesetzt gewesen wäre, ergäbe sich nach dem Modell eine Wahrscheinlichkeit von Null für das Uran als Verursacher, da es bei Leukämie von einer Latenzzeit von 2 Jahren ausgeht.

Andere Krebserkrankungen, insbesondere Leberkrebs, werden erst in späteren Jahren, dafür aber mit höheren Verursachungswahrscheinlichkeiten, relevant.

Den zeitlichen Verlauf für die Verursachungswahrscheinlichkeit (also die Wahrscheinlichkeit dafür, daß für eine in einem bestimmten Jahr aufgetretene Krebserkrankung die Inhalation von Uran ursächlich ist) zeigt die folgende Grafik für das genannte Beispiel:



Man beachte, daß das mit Abstand höchste Krebsrisiko, nämlich Lungenkrebs, in dieser Grafik fehlt, da das Modell hier einen anderen Rechenansatz benutzt.

Alle diese Rechenergebnisse müssen mit Vorsicht betrachtet werden, da sie auf einer Reihe von Annahmen beruhen, die für die spezifische Situation auf dem Balkan nicht zutreffen müssen.

Eine detailliertere Dosisberechnung ergibt, daß das Leukämie-Risiko fast gänzlich von Zerfallsprodukten des Urans verursacht wird, die zwar im Uranbergwerk, nicht aber im abgereicherten Uran vorhanden sind.

	Inhalation von	
	1 g Unat (mit Zerfallsprodukten)	1 g DU (0,2% U-235)
Effektive Dosis *)	700 mSv	120 mSv
Lebenszeit-Risiko	3,5% (1 : 29)	0,6% (1 : 167)
Beitrag zur effektiven Dosis von:		
- Lunge	88%	99,7%
- Knochenoberfläche	6,2%	0,057%
- Rotes Knochenmark	3,4%	0,072%
- Leber	1,0%	0,038%
- Keimdrüsen	0,96%	0,037%

*) Inhalationsdosis ICRP 72, Bevölkerung, Erwachsene, 1 µm AMAD, Class S

Mit dem roten Knochenmark als maßgebendem Organ für die Entstehung von Leukämie ergibt sich gemäß ICRP bei Inhalation von 1 g ein Leukämie-Risiko von 0,12% (1 : 830) für Natururan mit Zerfallsprodukten und von 0,00043% (1 : 230 000) für angereichertes Uran.

WISE Uranium Project, Peter Diehl
<http://www.wise-uranium.org>

Literaturangaben und weiterführende Texte finden Sie auf der angegebenen Homepage.
Stand: 8.2.2001