

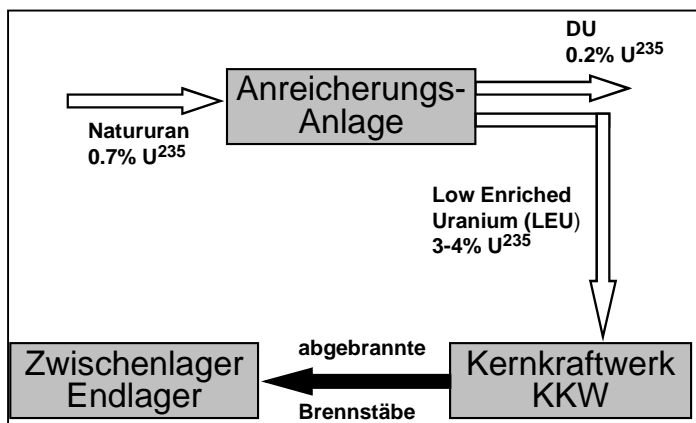
LABOR SPIEZ
CH-3700 Spiez
Tel +41 (0)33 228 14 00
Fax +41 (0)33 228 14 02
e-mail laborspiez@gr.admin.ch
internet www.vbs.admin.ch/acls

GRUPPE RÜSTUNG
GROUPEMENT DE L'ARMEMENT
AGGRUPPAMENTO DELL'ARMAMENTO
DEFENCE PROCUREMENT AGENCY



Zur Frage der Isotopenzusammensetzung des Urans und zur Frage des Plutoniums in der Munition aus abgereichertem Uran (DU: depleted uranium)

Natururan hat die Isotopenzusammensetzung: U^{238} zu 99.3%; U^{235} zu 0.7% und eine Spur U^{234} . Für die Brennstabproduktion für Leichtwasserreaktoren ist eine **Anreicherung** des U^{235} auf ca. 3-4% erforderlich. Als Abfallprodukt dieser Anreicherung entsteht abgereichertes Uran (**DU**), welches **ausschliesslich die natürlichen Uranisotope** enthält, U^{235} noch zu etwa 0.2% (vgl. Figur 1).

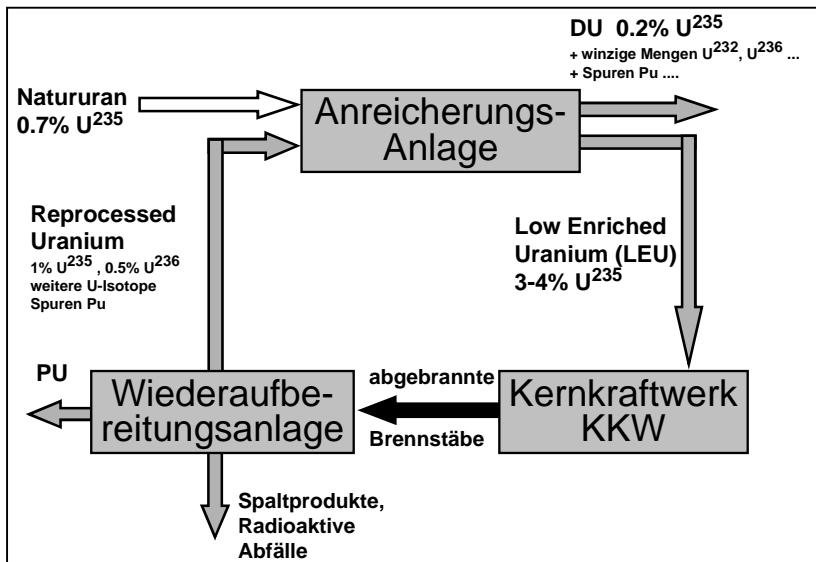


Figur 1:
Urankreislauf, falls die Anreicherungsanlage ausschliesslich mit Natururan gefüttert wird

Bei der Energieproduktion im **Kernreaktor (KKW)** wird die Isotopenzusammensetzung des Urans verändert. Unter anderem entsteht durch Neutroneneinfang aus dem U^{235} das Isotop U^{236} , auf anderen Wegen das Isotop U^{232} .

Bei der **Wiederaufbereitung** der Brennstäbe wird das Uran von allen anderen Bestandteilen **abgetrennt**. Dieses rezyklierte Uranisotopengemisch (**REPU: reprocessed Uranium**) enthält immer noch etwa 1% U^{235} , also mehr als Natururan, was das rezyklierte Uran zur Wiedereinbringung in den Anreicherungsprozess attraktiv macht. Wird aber dabei dem Natururan auch REPU beigemischt, so geht es den künstlichen Uranisotopen wie dem U^{235} : ein Teil geht mit in die angereicherte Fraktion, ein Teil landet bei der abgereicherten, so dass schliesslich das abgereicherte Uran etwa 0.2% U^{235} enthält und dazu **eben eine Spur U^{236} bzw. U^{232}** .

Der Trennprozess bei der Wiederaufbereitung ist nun zwangsläufig nie zu 100% effektiv, so dass das REPU immer auch noch Verunreinigungen enthält, darunter Spuren von ebenfalls im Reaktor durch Neutroneneinfang aus U^{238} entstandenem **Plutoniumisotop Pu^{239}** . Diese Spuren Plutonium im REPU machen sich nun im ganzen Brennstoffkreislauf bemerkbar, **unter anderem auch im aus Natururan/REPU-Gemisch entstandenen DU** (die "grauen" Pfeile in der Figur 2 auf der nächsten Seite).



Figur 2:
Urankreislauf, falls
rezykliertes Uran (REPU)
mit verwendet wird

Die Hauptfrage lautet nun: Wie viel Plutonium steckt im abgereicherten Uran ?

Hierzu nachstehend eine **Abschätzung**:

Uran besteht aus einer Mischung von Isotopen. Drei der wesentlichen Uranmischungen in diesem Kreislauf sind folgendermassen charakterisiert:

- **Natururan:** 99.3% U^{238} ; **0.7% U^{235}** ; 0.0054% U^{234}
- **Depleted Uranium:** 99.8% U^{238} ; **0.2% U^{235}** ; bis zu 0.003% U^{236} (gemäss einem Bericht des U.S. Army Environmental Policy Institutes vom Juni 1995, die UNEP gibt die Zahl von 0.0028% bekannt) eventuell Spuren von Plutonium
- **Reprocessed Uranium** (Typische Werte gemäss Uranium Information Centre): ca. 98% U^{238} ; **ca. 1% U^{235}** ; ca. 0.5% U^{236} ; wenig U^{232} ; maximales Plutonium zu Uran Verhältnis ist 10^{-8} (Angabe in Nuclear Chemical Engineering, S. 487 von Benedict, Pigford, Levi)

Das U^{236} verhält sich in der Anreicherungsanlage ähnlich wie das U^{235} . Es wird im DU weniger und im LEU (schwach angereichertes Uran) mehr davon haben als im REPU. Falls das DU allein aus REPU hergestellt worden wäre, müsste der U^{236} Anteil im DU ca. 0.1% betragen (Reduktion um Faktor 5 wie bei U^{235}). Im DU befinden sich aber nur maximal 0.003% U^{236} . Aus dem Verhältnis 0.1/0.003 schliessen wir, dass falls Reprocessed Uranium in die Aufbereitungsanlage kommt, dieses etwa mit der 33-fachen Menge Natururan vermischt wird. Diese Vermischung mit Natururan ist deshalb nötig, weil das U^{236} Neutronen absorbiert und damit für die Verwendung im Reaktor zum Störfaktor wird. Dies begrenzt den möglichen U^{236} Anteil im LEU.

Der zu erwartende Plutoniumanteil im DU beträgt somit ca. $1/33$ von 10^{-8} also etwa 3×10^{-10} oder anders gesagt **weniger als 1 Anteil Plutonium auf 1 Milliarde Anteile DU !**

Wie wirkt sich nun dieser Plutoniumanteil auf die Gesamtaktivität des DU aus ?

Ausgehend vom oben erwähnten Anteil Plutonium von etwa 10^{-9} kommt das DoE (Environmental Exposure Report http://www.gulflink.osd.mil/du_ii/) zum Schluss, dass sämtliche Transurane (Plutonium, Neptunium, Americium...) insgesamt bloss zu 0.8% zur schon vom Uran im DU herrührenden Strahlendosis beitragen.

Die Autoren: Dr. Max Keller
Dr. Christoph Wirz