Uran – Ein tödlicher Stoff

Vom Uranabbau über Verarbeitung bis zu Atommüll + CO_2

Mit jedem Schritt der Uran-Verarbeitung sind Gefahren verbunden. Auf den Abbau des Uranerzes folgt die Umwandlung des gemahlenen „Yellow Cake“ zu UF_6, dann wird es angereichert und im nächsten Schritt Brennelemente hergestellt. Es folgt der Einsatz im Reaktor oder als Waffenmaterial – langlebiger radioaktiver Müll bleibt zurück. **Jedes Stadium der Uranspirale ist mit gefährlichen Transporten und Freisetzung gewaltiger Mengen CO_2 verbunden.**

Stationen der Uranspirale

1. Uranabbau
2. Umwandlung: Yellow Cake
3. Urananreicherung
4. Brennelemente-Herstellung
5. Atomkraftwerk
6. Entsorgung
7. Behandlung des Atommülls: „Wiederaufarbeitung“
8. Militärische Verwendung
9. Klimaveränderung
10. Transporte
11. (Weitere Informationen)

Grundlagen

- 92 natürlich vorkommende Elemente – **Uran: Schlüssel der Atomindustrie**
  - → Spaltbarkeit des Isotopes U-235
- **Gesundheits- & Sicherheitsprobleme** für Mensch + Umwelt: hochradioaktive Stoffe & Gase freigesetzt; Brennstoff wird radioaktiver
- U-235-Kern: 143 Neutronen + 92 Protonen
  U-238-Kern: 146 Neutronen + 92 Protonen

- **Halbwertzeiten**:
  U-235: 713.000.000 Jahre
  U-238: 4.500.000.000 Jahre
- U-238 kaum spaltbar; kann Neutronen einfangen -> Pu-239
  - geringere Mengen Pu-238, Pu-240 + Pu-242
  - **Plutonium: für Menschen gefährlichstes radioaktives Element**, wenn im Körper

Uranabbau

- **Abbau** je nach Lagerstätte im Tagebau, tiefen Bergwerken oder per In-Situ-Laugung

- **Urangehalt** zwischen 0,1 bis 1 %; manchmal nur 0,01 %; Ausnahme: 20 %-Lagerstätte in Kanada
- üblich: zwischen 100 bis 10.000 t Erz zu lösen, extrahieren & verarbeiten für 1 t Uran

- Folgen:
  - **Zerstörung riesiger Gebiete**, oft kaum berührte Natur & Land indigener Menschen
  - Hinterlassenschaft: riesige **Halden** unbrauchbaren Uranerzes + **Absatzbecken** (Tailing Ponds) mit giftigen Abwässern -> überwiegender Teil der Radioaktivität bleibt oberirdisch
  - **Gesundheit** von Arbeiter*innen beeinträchtigt
  - **Lebensgrundlage** dauerhaft gefährdet

- **Rn-222 – giftigstes U-238-Zerfallsprodukt**
  - entsteht natürlicherweise
  - Halbwertzeit: 3,824 Tage
  - durch Abbau & Verarbeitung des Erzes freigesetzt
- **größte Uranproduzenten** *(2012)*:
  - Kasachstan, Kanada, Australien
  - gefolgt von Niger, Namibia, Russland

Umwandlung: Yellow Cake

- **Zermahlung & Auslaugung** von Erz aus Tagebauen & Bergwerken in Uranmühlen meist nahe dem Abbau
- dann **hydrometallurgische Extraktion** des Urans
- Endprodukt Uranmühle:
  Uranerzkonzentrat (U_3O_8)
  = Mischung verschiedener Uranbestandteile

- „**Yellow Cake**“ = Bezeichnung eines Uranerzkonzentrats gelber Farbe
- 2 t Erz -> 1 kg U_3O_8
- Rückstände Uranextraktion: **Tailings**
  - → radioaktiv, große Mengen
  - → enthalten Thorium, Radium + Uranisotope mit langen Halbwertzeiten

- Umwandlung U_3O_8 in UF_6: **Konversion**
- Konversionsanlage u.a. in Ekaterinburg (RUS), Pierrelatte (F), Lancashire (UK)

Urananreicherung

- **Konzentration** spaltbares U-235 in Uranerz zu gering: ~0,7 %; U-238-Konzentration ca. 99 %
- **U-235-Anreicherung** -> Leichtwasserreaktoren
- Technologien u.a. Trennung der Uranisotope per Gaszentrifuge – z.B. Gronau (D), Tricastin (F), Almelo (NL)
- Gronau: Kapazität 4.500 t Urantrennarbeit/a; Zwischenlager geplant für 60.000 t Uranmüll

Brennelemente-Herstellung

- UF_6 wird in $\mathbf{UO_2}$ dekonvertiert
- zu Uranpulver in Tablettenform verpresst
  - → Länge 10-15 mm, Durchmesser 8-15 mm
- Sinterung bei >1.700 °C
- mechanische Aufbereitung + Füllung in Hüllrohre aus Zirkoniumlegierung

- Bündelung bis 250 Stäbe zu **Brennelementen**
- Brennelementefabriken u.a. in Lingen (D), Dessel (B)

Atomkraftwerk

- Reaktor lediglich ein Schritt der Uranspirale
- Kernspaltung erzeugt Dampf, der Turbinen antreibt -> **elektrischer Strom**
- Normalbetrieb: Freisetzung **radioaktiver Partikel** + **Strahlung** an Umwelt -> Gesundheitsrisiko

- **abgebrannte Brennelemente**: hochradioaktiver Atommüll, der „end“gelagert oder „wiederaufbereitet“ werden muss
- Unfallrisiko: **Tschernobyl + Fukushima**
- hundertprozentige Sicherheit unmöglich
- weltweit in Betrieb: 438 *(IAEA 2014)* bzw. 388 Reaktoren *(WNISR 2014)*

- zunächst **Zwischenlagerung** notwendig
  - → jedes AKW hat eigenes Zwischenlager
  - → erst Abklingbecken, dann Trockenlagerung
  - → Risikokonzentration – siehe Fukushima

Entsorgung

- **Atommüll** entsteht in jedem Stadium der Uranspirale
- **Uranbedarf** ca. 33 t pro Jahr/AKW *(1.300 MW)*
  - → 740.000 t Gestein abzubauen
  - → 620.000 t radioaktive Abfallhalden in Abbauregion
  - → nur 120.000 t Uranerz zur Weiterverarbeitung
    - 123.000 t radioaktiver & giftiger Schlick (Tailings)

- 280 t Uranerzkonzentrate zur Umwandlung in 348 t UF_6
  - → 165 t fester + 153 m³ flüssiger Atommüll
- Urananreicherung: 305 t abgereichertes Uran
  - → militärisch nutzbar (DU-Geschosse/Panzerung)
- 43 t angereichertes UF_6 werden zu 33 t UO_2 in Brennelementen verarbeitet

- nach AKW-Einsatz sind abgebrannte Brennstäbe **hochradioaktiver Atommüll**
- durch **Kontamination** entstehen weitere niedrig- und mittelradioaktive Abfälle
  - → Verdoppelung des Atommüll-Volumens

- **sicheres Endlager nirgendwo in der Welt**
  - Lösung unwahrscheinlich:
    - Prognosen über Millionen Jahre unmöglich
    - vollständige Ermittlung aller geologischer/ sozialer Faktoren unmöglich
- **Status quo**:
  - Uranabbau-Müll bleibt (Halden, Tailing Ponds)
  - Zwischenlager an Fabriken & zentral
  - Atommüll-Verkippung an unsicheren Standorten

Behandlung des Atommülls: „Wiederaufarbeitung“

- chemisches Verfahren zur **Abtrennung Plutoniums bzw. spaltbaren Urans** aus abgebrannten Brennstäben
- Wiederaufarbeitungsrate weltweit ca. 10 %
- hohe Emissionen, Gesundheitsrisiko, Sicherheitsprobleme

- vor Jahrzehnten entwickelt -> Plutonium für „**Schnelle Brüter**“ gewinnen *(Perpetuum mobile der Atomindustrie)*
- Brütertechnologie scheiterte an Sicherheit, Wirtschaftlichkeit & technischen Problemen
- gewonnenes Plutonium nur geringfügig für MOX genutzt
  - → **Atombombenmaterial** übrig

- MOX erhöht **Proliferationsgefahr**
  - → Plutonium kann extrahiert werden
- MOX **erhöht Strahlung** im Reaktor & produziert gefährlicheren Atommüll
- **Sicherheitsrisiko**: Spaltungen steigen mit Temperatur -> Kontrollverlust im Reaktor
- Theorie: 95 % des WAA-Urans sollen neu angereichert & Plutonium in Reaktoren wiederverwertet werden – Realität: minimal

Militärische Verwendung

- **UAAs** wie Gronau können auf von 3-6 % „zivile“ U-235-Anteile umgestellt werden: 70-90 % U-235 = atombombenfähig
- **WAAs** produzieren Plutonium
  - → Ursprünglicher Zweck der Anlagen in La Hague, Sellafield etc.

- seit 1990ern: NATO verwendet **DU** für Panzerungen & Geschosse
  - feiner Uranstaub freigesetzt bei Detonation
  - schwerwiegende Gesundheitsschäden

Klimaveränderung

- **Atomkraft ≠ klimaneutral**
- **Verbrennung fossiler Energieträger**: Konversion „Yellow Cake“->UF_6, Urananreicherung, Rekonversion UF_6->UO_2, Brennelementefabrik
- geringerer Urangehalt -> höherer Energiebedarf
- 1 kWh Atomstrom = 32-65 g CO_2

(andere Quelle: 159 g CO_2)

- CO_2-Emissionen der meisten **erneuerbaren Energiequellen** vergleichbar bzw. niedriger
- moderne **KWK** hat bessere Klimabilanz
- AKW-Bau & Transporte setzen zusätzliche Treibhausgase frei
- Uranspirale produziert auch **FKW** – z.B. WAA
  - → tausendfach klimawirksamer als CO_2

Transporte

- jeder Verarbeitungsschritt bedeutet Transporte
  - → teils über tausende km, da Anlagen weit entfernt
  - → Transport von Zwischenprodukten, Atommüll und Brennstäben
- jeder Transport bringt Strahlung & Unfallrisiko
- per LKW, Schiff & Zug
- **hauptverantwortlich für schlechte Klimabilanz**

Weitere Informationen

- **WISE Uranium Project**:
  Peter Diehl, Am Schwedenteich 4,
  D-01477 Arnsdorf; uranium@t-online.de
  http://www.wise-uranium.org
- **Uranium Network**:
  http://uranium-network.org
- **Uranium Watch**:
  http://uraniumwatch.org

- **Sustainable Energy & Anti-Uranium Service**: http://www.sea-us.org.au
- **Nuking the Climate** (Film über Uranabbau): http://nukingtheclimate.com
- **Nuclear Heritage Network - Uranium**: http://uranium.nuclear-heritage.net
- **AKU Gronau**:
  Siedlerweg 7, D-48599 Gronau; +49 256223125
  mail@aku-gronau.de

Vielen Dank
für die Aufmerksamkeit!

Referenzen

- http://nuclear-heritage.net
- http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Uran/Tabellen_und_Grafiken&oldid=133498558
- http://www.iaea.org/pris/
- Flyer „Uran – Ein tödlicher Stoff“: http://www.nuclear-heritage.net/images/5/54/EuropasAtomerbe_Infoflyer_Uran_600dpi.pdf
- IAEA Power Reactor Information System (PRIS): http://www.iaea.org/pris/
- World Nuclear Industry Status Report 2014: http://www.worldnuclearreport.org/The-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2014.html