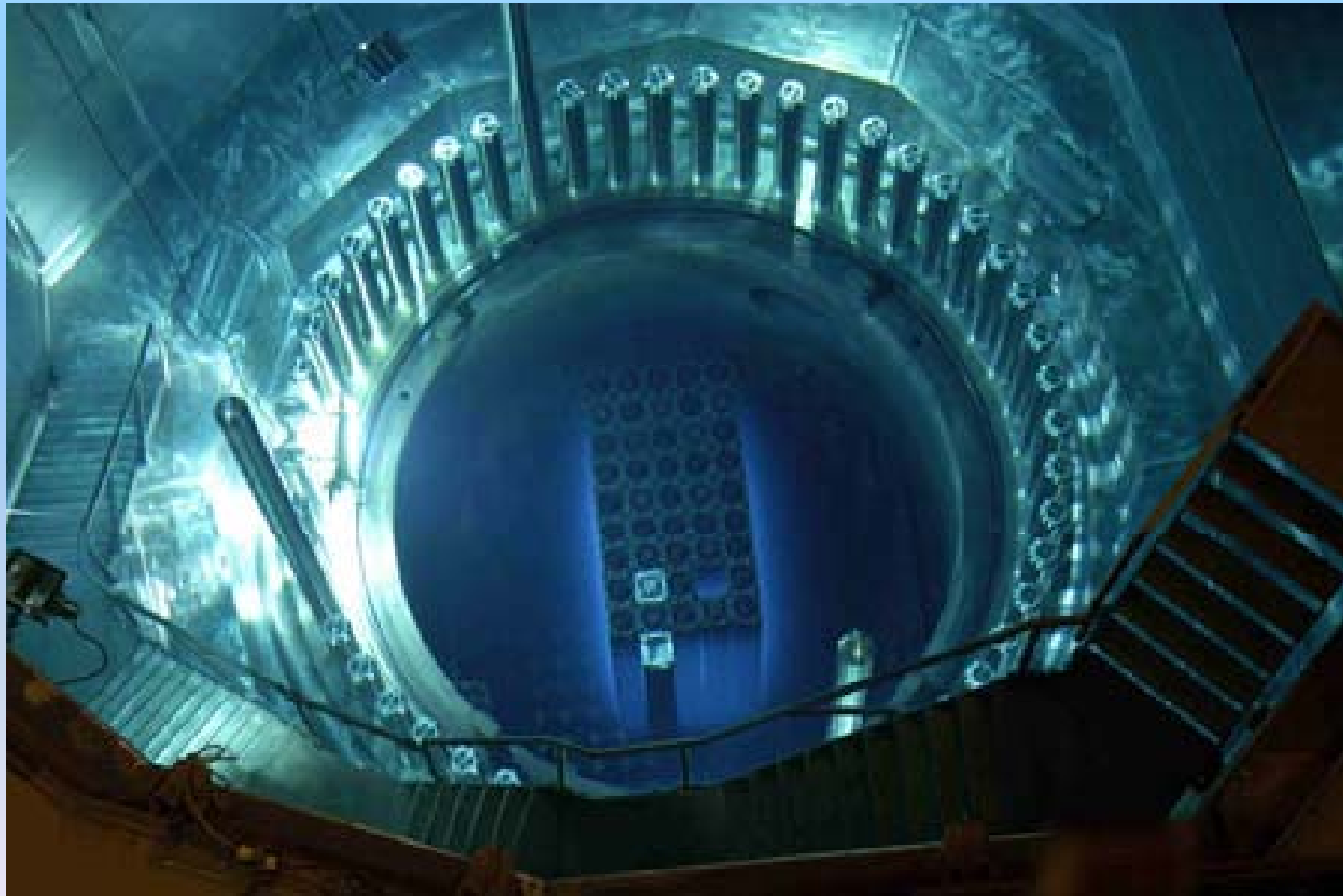


Uran: Vom Erz zum Brennelement



Gliederung

- 1. Geschichte**
- 2. Vorkommen von Uran**
- 3. Verarbeitung der Uranerze**
- 4. Anreicherung des Urans**
 - Konversion des Uran-Konzentrats**
 - Gaszentrifugenverfahren**
 - Gasdiffusionsverfahren**
- 5. Herstellung der Brennelemente**
- 6. Quellen**

1. Geschichte

- **Entdeckung von Uran 1789 durch den deutschen Chemiker Martin Heinrich Klaproth als UO_2 in der Pechblende**
- **1856 gelang es Eugene-Melchior Peligot die Herstellung von reinem Uran durch die Reduktion von Uranchlorid**
- **1896 entdeckte der Physiker Henri Becquerel die radioaktive Strahlung des Metalls**
- **1938 spalteten Otto Hahn und Fritz Straßmann erstmals Uranatome durch den Neutronenbeschuss**
- **1942 nahm man in Chicago den ersten primitiven Kernreaktor in betrieb**



2. Vorkommen von Uran

- Es gibt heute über 200 bekannte Uranminerale
- Vorkommen in der Häufigkeit wie W und Sn
- Abbau erfolgt ab 0,3-450 kg/t
- Durchschnittlich gibt es 2,7 g/t Uran in der Erdkruste
- 4. Mrd. Tonnen Uran im Meerwasser

- wichtige Uranerze:

Pechblende



Uranocircit



Uranocker (Uranopilit)



Tobernit

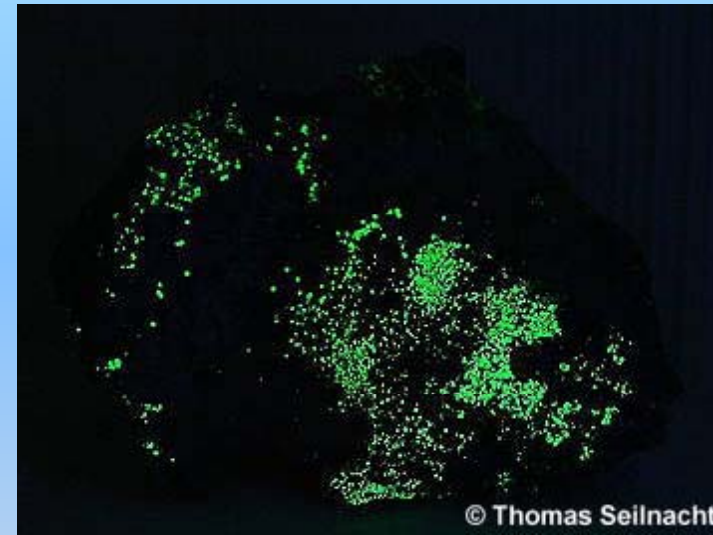


Konglomerate/ Sedimentgesteinen



Pechblende

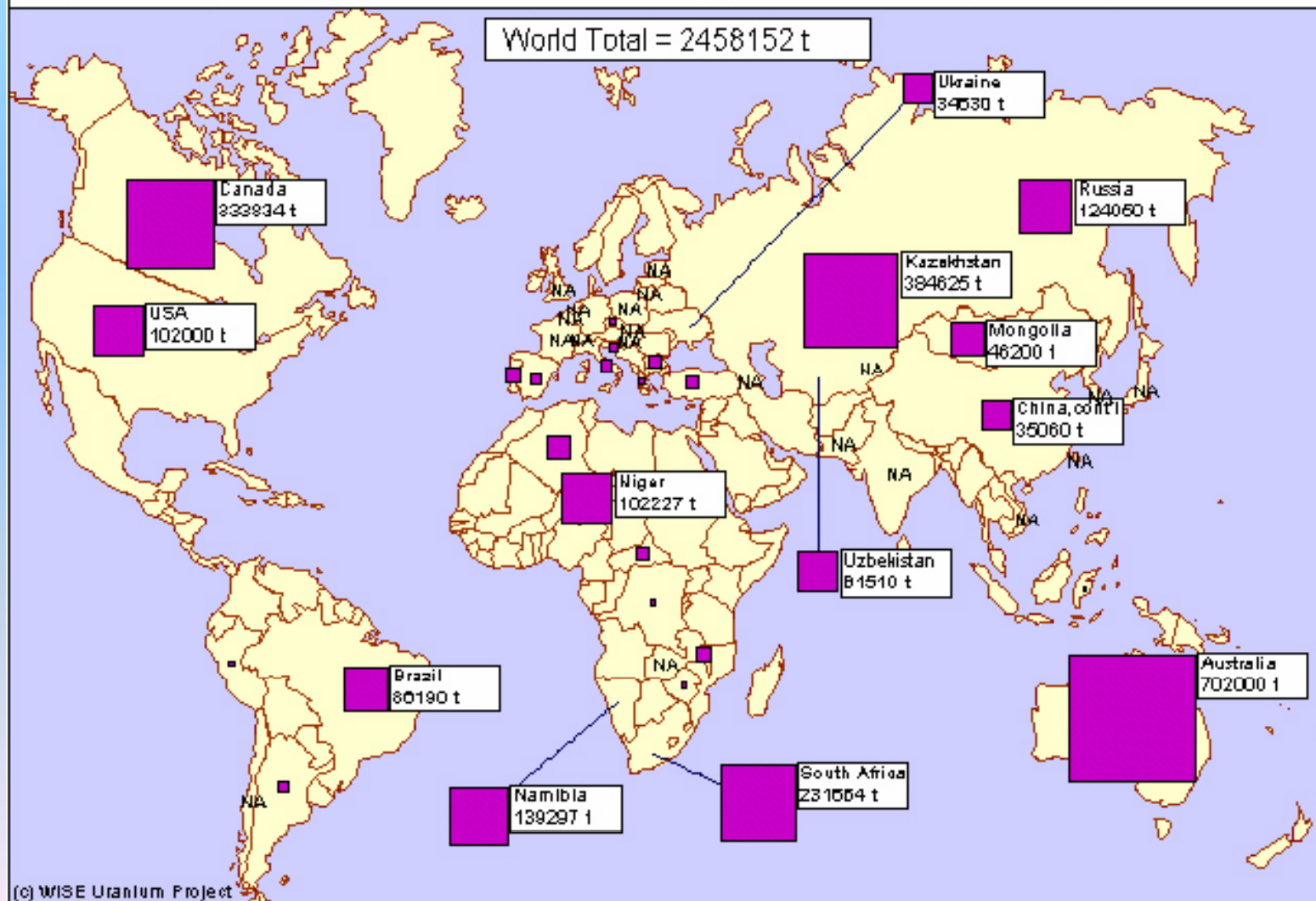




Viele Uranerze sind in der Lage unter UV-Bestrahlung grün zu leuchten, sowie die beiden oben abgebildeten Bilder von Uranopilit zeigen.

World Uranium Resources (RAR - \$80/kg U)

[t U] Reasonably Assured Resources as of 1/1/2003, Cost range US\$80/kg U or less (OECD 2004)

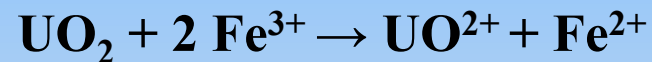
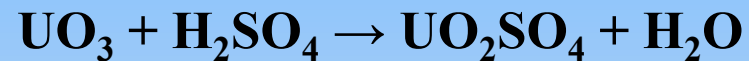


t = metric tonne · NA = Data not available

3. Verarbeitung der Erze

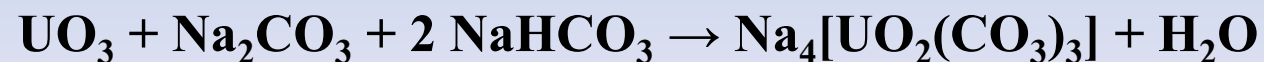
1. Als Erstes erfolgt die Laugung der Uranerze entweder alkalisch oder sauer.

Laugung im Sauren:



Laugung im Alkalischen:

**Erfolgt unter höheren Temperaturen oder höherem Druck
(5-6 bar , 95- 120°C)**



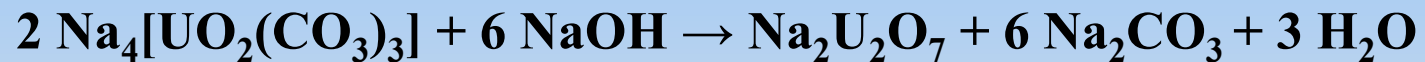
2. Herstellung des „Yellow Cake“:

Je nach angewendetem Laugungsverfahren, ob sauer oder alkalisch, wird

die Weiterverarbeitung zum Konzentrat bei unterschiedlichen Bedingungen ablaufen.

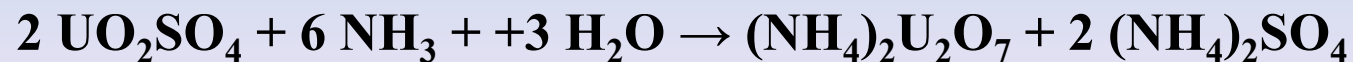
Fällung des Diuranats aus der alkalischen Lösung:

- Fällung mit Natronlauge bei pH > 12 und 80°C



Fällung des Diuranats aus der sauren Lösung:

- Fällung mit Ammoniak bei pH 5



3. Im letzten Schritt wird das Uran-Konzentrat gewaschen, um das Uran von der Salzlösung zu trennen.

Zum Schluss wird das Konzentrat getrocknet. Dies erfolgt bei ca. 750°C in Etagentrocknern, damit restliche Bestände wie Ammoniak oder Sulfit ebenfalls entfernt werden.

Übrig bleibt nach der Reinigung das verkaufsfertige Yellow cake.



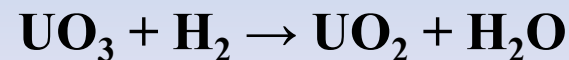
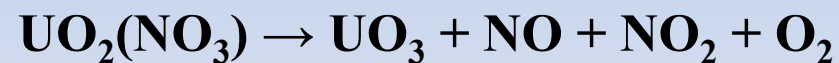
4. Anreicherung des Urans

1. Konversion von Uran-Konzentrat:

Vor der Anreicherung des ^{235}U -Isotops ist es notwendig das Uran in eine tiefsiedende Verbindung zu überführen. Vorteilhaft ist UF_6 .

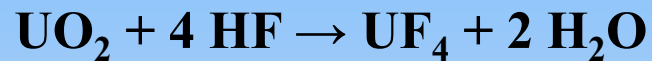
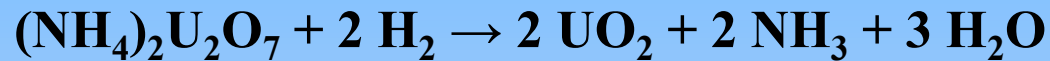
Nassverfahren:

Die letzte Reinigung erfolgt über die Solventextraktion bei der Bildung von $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$



Trockenverfahren:

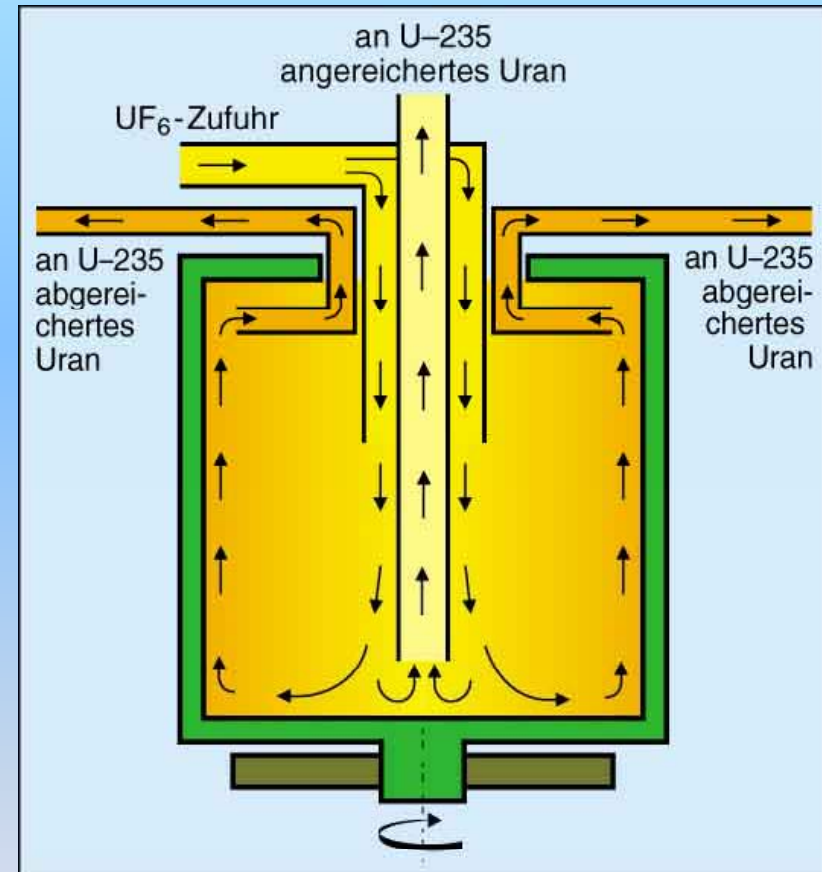
Im Trockenverfahren wird bei 540 - 650 °C unter Wasserstoffeinleitung direkt UO₂ hergestellt.



Mit Hilfe der Druckdestillation wird das UF₆ von den restlichen Verunreinigungen getrennt.

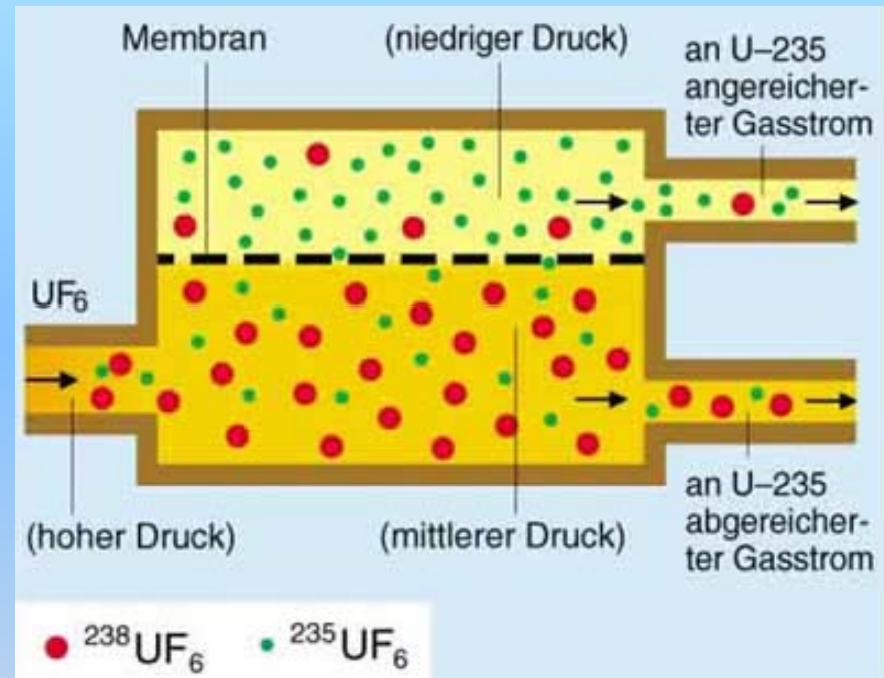
2. Gaszentrifugenverfahren:

Das Gaszentrifugenverfahren basiert auf der Grundlage, dass die Isotopen unterschiedliche Massen besitzen. Dadurch ist es möglich mit den auftretenden Zentrifugalkräfte die Isotopen aufgrund ihrer Massendifferenz voneinander zu trennen. Da die Differenz sehr gering ist, wird eine Vielzahl an Zentrifugen benötigt.



3. Gasdiffusionsverfahren:

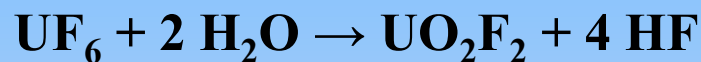
Das Gasdiffusionsverfahren nutzt ebenfalls die Massendifferenz der Isotopen aus. Da das leichtere ^{235}U -Isotop schneller durch die Membran hindurch diffundieren kann, ist es möglich die Isotopen in zwei Gasströme zu trennen.



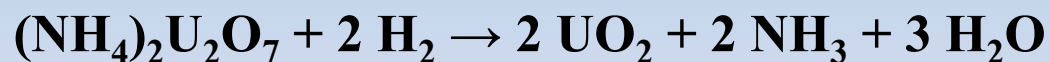
5. Herstellung der Brennelemente

Für die Herstellung der Brennelemente ist es notwendig aus UF_6 wieder UO_2 herzustellen. Dies erfolgt in der Rekonversion von UF_6 .

Nassverfahren:

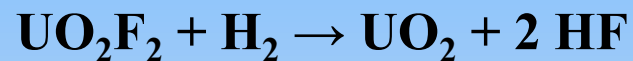


Nach dem Trocknen bei $200 \text{ }^\circ\text{C}$ mit einem $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gemisch entsteht dann UO_2 .



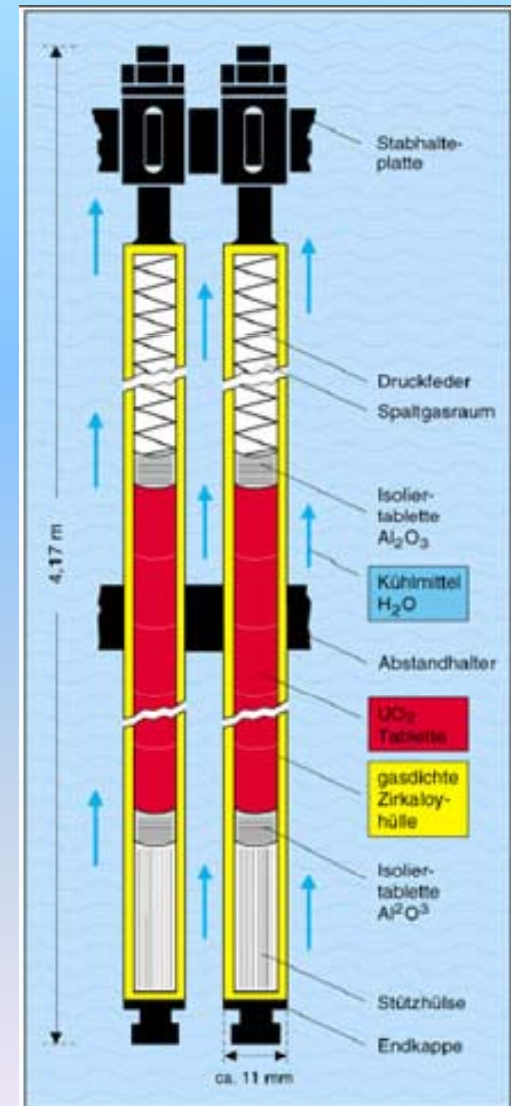
Trockenverfahren:

Im Trockenverfahren wird über die Zwischenstufe UO_2F_2 durch Einleiten von heißem Wasserdampf das benötigte UO_2 hergestellt.

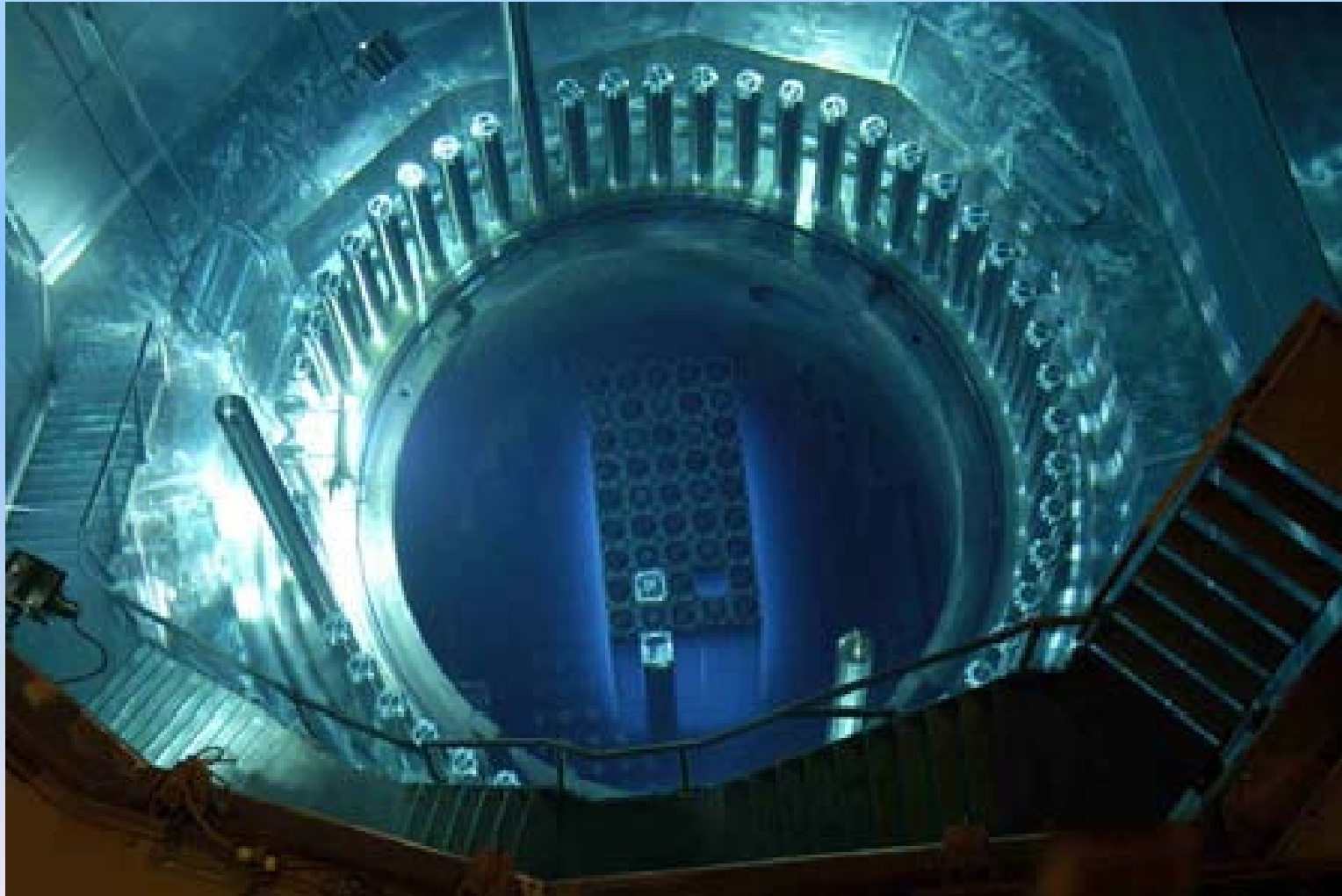


Herstellung der Brennstäbe:

Das aus dem Trocken- und Nassverfahren gewonnene UO_2 wird in Brennstofftabletten gepresst und in lange Stäbe eingesetzt.



Lagerung der Brennstäbe in Becken mit schwerem Wasser bis zu ihrem Einsatz



6. Quellen

www.kernenergie.ch/de/eigenschaften.html

<http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Uran>

<http://www.seilnacht.com/Lexikon/92Uran.html>

http://de.encarta.msn.com/encyclopedia_761557628/Uran.html

<http://www.politikcity.de/forum/showthread.php?t=7555>

http://www.kernenergie.de/r2/de/Gut_zu_wissen/Lexikon/g/gaszentrifugenverfahren.php

<http://www.chemryb.at/chemie1/radioaktivitaet/urananreicherung/uran4.htm>

Büchner/Schliebs/Winter/Büchel – Industrielle anorganische Chemie 2.Auflage