ums und der Uranisotope stellen diese Tailings ein dauerhaftes Umweltproblem dar.
Das Uranerzkonzentrat wird als nächstes in Uranhexafluorid (UF_6) umgewandelt (Konversion). In Ekaterinburg (RUS) und Pierrelatte (F) sind derartige Konversionsanlagen ebenso wie in Lancashire (UK) in Betrieb. In verschiedenen anderen Staaten werden auch solche Anlagen betrieben.

Urananreicherung

Die Konzentration des spaltbaren Uran-235 in natürlichem Uranerz ist nicht hoch genug für die Nutzung als Brennstoff in Atomkraftwerken. Der Anteil von Uran-235 beträgt 0,7 % im Natururan, während etwa 99 % aus dem nicht-spaltbaren Uran-238 bestehen. Daher muss der Uran-235-Anteil erhöht werden, um eine atomare Kettenreaktion in den sogenannten Leichtwasserreaktoren zu ermöglichen – das Uran muss angereichert werden. Es gibt verschiedene technische Methoden der Urananreicherung. Eine der gebräuchlichsten Technologien ist die Trennung der Uranisotope in Gaszentrifugen. In Gronau (D) ist die einzige deutsche Urananreicherungsanlage (UAA) mit Gaszentrifugen in Betrieb und produziert Brennstoff mit einer Kapazität von 4.500 Tonnen Urantrennarbeit pro Jahr für etwa 35 Atomreaktoren in aller Welt. Weitere Urananreicherungsanlagen befinden sich u.a. in Tricastin (F) und Almelo (NL). In Gronau soll ein „Zwischenlager“ für 60.000 Tonnen Uranmüll gebaut werden.

Brennelemente-Herstellung

Das UF_6 wird in UO_2 dekonvertiert, und als Uranpulver zu Tabletten von 10–15 mm Länge und 8–15 mm Durchmesser gepresst. Unter hohen Temperaturen von mehr als 1.700 °C werden diese gesintert, um ein keramisches Material zu formen, mechanisch aufbereitet und in Hüllrohre aus einer Zirkoniumlegierung gefüllt, deren Enden zugeschweißt werden. Eine größere Zahl einzelner Stäbe (bis zu 250) werden gebündelt und formen ein Brennelement. Beispiele für Brennelementefabriken sind die Anlagen in Lingen (D) und Dessel (B).

Atomkraftwerk

Der Einsatz von Uran als Brennstoff im Atomreaktor ist lediglich eine von mehreren Stufen der Urankette. Die Kernspaltung im Reaktor erzeugt heißen Dampf, der genutzt wird, um in den Turbinen elektrischen Strom zu produzieren. Beim Betrieb eines Atomkraftwerks werden radioaktive Partikel und Strahlung an die Umwelt abgegeben. Zusätzlich entstehen mit den abgebrannten Brennelementen im Atomkraftwerk große Mengen radioaktiven Mülls, der endgelagert oder „wiederaufbereitet“ werden muss. Unfälle wie 1986 die Katastrophe in Tschernobyl stellen ein inakzeptables Risiko für Menschen und die Umwelt dar. Prinzipiell kann kein Reaktor sicher betrieben werden. 437 Atomreaktoren waren am 1. April 2011 weltweit in Betrieb.
Unabhängig von der Frage, ob der Atommüll in ein Endlager gebracht oder in einer Wiederaufarbeitungsanlage behandelt wird, ist zunächst die Zwischenlagerung des abgebrannten Brennstoffs notwendig. Aus diesem Grund verfügt jedes Atomkraftwerk über ein eigenes Zwischenlager. Die abgebrannten Brennelemente werden für einige Jahre im Abklingbecken gelagert. Viele Atomreaktoren haben außerdem ein Trockenlager, um die Brennelemente für weitere Jahre aufzubewahren. Diese Zwischenlager erhöhen das Gefahrenpotenzial – wie inzwischen auch der Super-GAU im japanischen Fukushima zeigt –, da der Umfang des radioaktiven Inventars erhöht wird und bei Störfällen die Auswirkungen und Folgen enorm steigen.

Entsorgung

In jedem Glied der Uranspirale wird Atommüll produziert. Ein durchschnittliches Atomkraftwerk mit einer Kapazität von etwa 1.300 Megawatt braucht im Volllastbetrieb ungefähr 33 Tonnen angereichertes Uran pro Jahr. Um diese Menge Brennstoff zu produzieren, müssen über 740.000 Tonnen Gestein bewegt werden, von denen fast 620.000 Tonnen als radioaktiver Abfall in Halden in den Abbaugebieten verbleiben. Nur etwa 120.000 Tonnen Uranerz können im nächsten Schritt weiter verarbeitet werden. Hier fallen etwa 123.000 Tonnen radioaktiver und giftiger Schlick an, die in den Tailing Ponds abgelagert werden. Ca. 280 Tonnen Uranerzkonzentrate werden in etwa 348 Tonnen Uranhexafluorid umgewandelt, wobei wiederum 165 Tonnen festen bzw. 153 m³ flüssigen Atommülls entstehen. Die Urananreicherung hinterlässt weitere 305 Tonnen abgereichertes UF_6, das entsorgt werden muss oder für militärische Zwecke verwendet wird. Lediglich 43 Tonnen angereichertes UF_6 werden nun zu 33 Tonnen UO_2 in Brennelementen für den Reaktoreinsatz verarbeitet. Während des Betriebs eines Atomkraftwerks entsteht daraus hochradioaktiver Müll und weitere strahlende Abfälle werden erzeugt, die entsorgt werden müssen.
Nach dem Durchlaufen all dieser Abschnitte der Uranspirale hat sich die Menge des Atommülls verdoppelt, denn ein Großteil der Materialien, die in Kontakt mit den radioaktiven Substanzen kommen, werden auch radioaktiv und müssen als niedrig- oder mittelradioaktiver Abfall entsorgt werden. Nirgendwo in der Welt existiert ein sicheres Endlager für den langlebigen Atommüll, und wahrscheinlich wird es niemals eine sichere Lösung für dieses gefährliche Problem geben, da es unmöglich ist präzise Entwürfe einer für Millionen von Jahren sicheren Endlagerstätte zu formulieren. Niemand kann detaillierte Berechnungen der geologischen oder gar sozialen Entwicklungen über einen derart langen Zeitraum leisten.
Bis heute wird der Uranabfall in riesigen radioaktiven Abraumhalden und in großen sowohl giftigen als auch radioaktiven Tailing Ponds in den Abbaugebieten sowie in Zwischenlagern nahe den Verarbeitungsanlagen gelagert, in bestimmte Gebiete der Erde entsorgt (beispielsweise wurde deutscher Uranmüll lange Zeit nach Russland geschickt) oder wurde in bekanntermaßen unsichere Atommüll-Endlager verbracht.

Tailing Ponds mit gelbem Atommüll bei der Olympic Dam Mine

Behandlung des Atommülls: „Wiederaufarbeitung“

Das chemische Verfahren zur Abtrennung von Plutonium oder spaltbarem Uran aus abgebrannten Brennstäben wird „Wiederaufarbeitung“ genannt. Weltweit werden etwa 10 % des abgebrannten Brennstoffs wiederaufbereitet. Wiederaufarbeitungsanlagen (WAA) haben überall auf der Welt – z.B. in La Hague (F) oder Sellafield (UK) – ärmliche Zeugnisse beim Arbeitsschutz, beim Immissionsschutz, bei der Abfallbehandlung und in Sachen Sicherheit an den Tag gelegt.
Die Wiederaufarbeitung wurde vor Jahrzehnten entwickelt, als die Atomindustrie