

Radioaktiv: Der lange Weg vom Uranerz zum Brennelement

Flugblattreihe
gegen Atomstrom



Abraumhalden bei Ronneburg
Foto:
Andreas Lobe

Uran

Der Betrieb von Atomkraftwerken beruht auf der gezielt herbeigeführten Spaltung von Atomkernen. Zur Spaltung eignen sich nur wenige Sorten von Atomkernen. Eine davon ist Uran-235. Dieses Uranisotop ist gemeinsam mit anderen Uranisotopen im chemischen Element Uran enthalten. Bei natürlicher Zusammensetzung des Urans beträgt der Anteil von U-235 am Gesamturan 0,7 Prozent. Den größten Anteil besitzt das Isotop U-238 mit rund 99 Prozent. Uran kommt auf der Erde natürlich vor und gehört zu den Metallen.

Uran ist radioaktiv. Das heißt, auch ohne äußeren Einfluß sendet es radioaktive Strahlung aus (siehe Kasten). Dies gilt auch, wenn es nicht in reiner Form, sondern als Verbindung mit anderen Stoffen auftritt. Nicht nur das Uran, sondern auch seine Folgeprodukte zerfallen. Uran steht nämlich am Beginn einer sogenannten Zerfallsreihe, an deren Ende nach 13 radioaktiven Zwischenprodukten stabiles Blei entsteht. Eines der radiologisch bedenklichsten Zwischenprodukte ist das Gas Radon-222, das sich durch den Uranerzabbau und die weitere Bearbeitung leicht in der Umgebung ausbreitet und durch Einatmung besonders effektiv Schäden im menschlichen Körper verursachen kann. Neben seiner krankmachenden Wirkung aufgrund der Radioaktivität ist Uran für die Bevölkerung auch durch seine chemisch-toxische Giftigkeit gefährlich.

Uranabbau

Uran ist in der Erdkruste enthalten. Es kann als Erz im Tagebau bzw. aus Untertage-Bergwerken gewonnen werden. Allerdings liegt der Urangehalt des Erzes in abbaufähigen Gesteinsformationen selbst bei gutem Vorkommen in der Regel unter 0,5 Prozent, vielfach unter 0,05 Prozent. Deshalb müssen für eine kleine Menge Uran große Mengen an Erz abgebaut werden (siehe Grafik).

Mit dem brauchbaren Erz wird auch Abraum und minderwertiges Erz gefördert, das auf Halden in der Nähe des Bergwerkes gelagert wird. Das Uranerz wird in Aufbereitungsanlagen gemahlen und mit einem Lösungsmittel (meist Schwefelsäure) versetzt. Dadurch wird das Uran abgetrennt und in eine oxidische Form (U_3O_8), dem sogenannten »Yellow Cake«, überführt. Der »Yellow Cake« wird in Fässern zur weiteren Bearbeitung abtransportiert.

Diese ersten Stationen der Atomenergienutzung haben bereits schädliche Auswirkungen. Die ersten Betroffenen sind die Bergleute. Sie unterliegen neben den »normalen« bergmännischen Gesundheitsbeeinträchtigungen einer hohen Belastung durch die beim Uranabbau entstehende hohe Konzentration von Radon. Diese sorgt für eine hohe Erkrankungsrate an Lungenkrebs. Radon und Staub werden während des Uranerzabbaus – egal ob über- oder untertägig – in großen Mengen in die Umgebung freigesetzt. Dies geschieht ebenfalls durch die Arbeitsgänge in der Aufbereitungsanlage. Neben diesen direkten Freisetzungen breitet sich Radon auch von den Halden und Schlammdeponien weiter aus. Aber nicht nur die Luft wird belastet, auch das Grundwasser wird radioaktiv verseucht. Damit erfolgt die radioaktive Belastung von in der Region lebenden Menschen durch Strahlung von Außen (Luft und Boden), durch Einatmung sowie Trinken und Essen. Das Risiko für die Bevölkerung, in der Umgebung von Uranerzbergwerken an Lungenkrebs zu erkranken, ist dadurch deutlich erhöht. Außer den radiologischen Problemen werden durch den Uranerzbergbau und die Uranaufbereitung weitere schwerwiegende ökologische Schäden verursacht. Das Erz enthält weitere giftige Stoffe (z.B. Blei, Quecksilber, Cadmium und Arsen), die in die Umwelt gelangen und Grund- sowie Oberflächenwasser verseuchen, Luft, Pflanzen und Tiere belasten. Durch die riesigen (Volumen bis zu mehreren 100 Mio m³) Halden und Schlammdeponien werden Landschaft und Land-

Diese ersten Stationen der Atomenergienutzung haben bereits schädliche Auswirkungen. Die ersten Betroffenen sind die Bergleute.





Schlammabsetzungsanlage bei Seeligstädt – das größte Lager für radioaktiven Schlamm der Welt. Hier lagern etwa 120 Mill. t Schlamm – und die Deponie ist undicht.

Foto:
Andreas Lobe

schaftsbild der gesamten Gegend nachhaltig zerstört. Eine Sanierung von Uranerzabbaugebieten ist, wenn überhaupt, nur mit sehr großem Aufwand möglich. Ursprünglich war dies auch gar nicht vorgesehen. Erst in den letzten 20 Jahren wurden hierzu ernsthafte Überlegungen angestellt. Die mengenmäßig und technisch nicht mögliche Beseitigung der Folgen von Uranerzbergbau und -aufbereitung ist ein Teil des nicht gelösten Entsorgungsproblems, daß bei der Nutzung der Atomenergie entsteht.

Mit den direkten Folgen des Uranerzabbaus müssen hauptsächlich die BewohnerInnen der Abbaugebiete leben, obwohl sie selbst meist keinen Nutzen von der Atomenergie haben. Etwa 70 Prozent der weltweiten Uranvorräte befinden sich in Regionen, die von indigenen Völkern (UreinwohnerInnen) bewohnt werden. Vor allem in der alten Bundesrepublik wurde nach dem Motto verfahren »was ich nicht weiß, macht mich nicht heiß«. Das für den Betrieb der AKW notwendige Uran wurde und wird fast vollständig (99 Prozent) importiert. Die Lieferanten waren und sind Australien, Kanada, Namibia, Südafrika und USA. An der genannten Einstellung von Bundesregierung und Energieversorgungsunternehmen hat sich auch durch die beitriffsbedingte

Übernahme des Wismut-Erbes nicht viel verändert. Dabei sind die katastrophalen Auswirkungen des Uranabbaus auf Mensch und Umwelt in Sachsen und Thüringen sehr deutlich sichtbar. Für die Sanierung wurde kurzerhand die bundesdeutsche Strahlenschutzverordnung außer Kraft gesetzt und höhere Strahlenbelastungen für die dortige Bevölkerung zugelassen.

Urananreicherung

Das im Atomreaktor spaltbare Isotop Uran-235 ist nur zu 0,7 Prozent im sogenannten »Yellow Cake« enthalten. Für die Leichtwasserreaktortechnik ist aber ein 4- bis 7-facher Gehalt an spaltbarem Material notwendig. Daher muß das Uran-235 angereichert, das heißt, sein Anteil gegenüber den anderen Uranisotopen erhöht werden. Eine solche Anreicherung ist in der Form des »Yellow Cakes« (Uranoxid) technisch nicht möglich. Darum wird das Uran vorher in eine Verbindung überführt, die einen gasförmigen Zustand einnehmen kann. Mittels chemischen Reaktionen wird aus dem Uranoxid (U_3O_8) Uranhexafluorid (UF_6). Das UF_6 ist eine besonders gefährliche Verbindung, da es sich im gasförmigen Zustand

Mit den direkten Folgen des Uranerzabbaus müssen hauptsächlich die BewohnerInnen der Abbaugebiete leben, obwohl sie selbst meist keinen Nutzen von der Atomenergie haben.



Alle uns umgebenden organischen und anorganischen Stoffe sind aus Atomen und Molekülen zusammengesetzt. Radioaktivität ist die Eigenschaft einiger Atomsorten, unter Aussendung von Strahlung zu anderen Atomsorten zu zerfallen. Dies ist ein physikalischer Prozeß, der in der Natur abläuft. Radioaktivität kann aber auch künstlich erzeugt werden. Zum Beispiel durch von Menschen verursachte Kernspaltung. Dabei werden Atomsorten erzeugt, die in der Natur nicht vorkommen, aber ebenfalls zerfallen und dabei Strahlung abgeben. Sowohl die natürliche als auch die künstliche radioaktive Strahlung tritt in drei unterschiedlichen Formen auf: (α -Strahlung, (β -Strahlung und (γ -Strahlung. Ihnen ist gemeinsam, daß sie ohne Hilfsmittel weder zu sehen,

noch zu riechen oder zu hören sind. Gefühlt werden kann radioaktive Strahlung nur, wenn sie in hoher Dosis auftritt. In diesem Fall wird das Gewebe erwärmt bzw. kann verbrennen. Strahlendosen, die dies verursachen, treten allerdings nur nach Störfällen in Atomanlagen oder nach der Explosion von Atomwaffen auf. Das bedeutet jedoch nicht, daß nicht zu unmittelbaren Gewebeschäden führende Strahlendosen ungefährlich sind. Auch die sogenannte Niedrigstrahlung ruft Schäden bei Mensch und Umwelt hervor. Da es keinen Schwellenwert gibt, können auch sehr kleine Strahlendosen Krebs auslösen oder das menschliche Erbgut schädigen. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Strahlenschäden steigt mit zunehmender Dosis.

Jährlicher Nachladebedarf für einen 1300 MWe-Reaktor: ca. 33 t Uran. Das bedeutet für ein mittleres Uranvorkommen:

Uranerzförderung	440 000 t	
	400 000 t	Abraum und Erz mit niedr. U-Gehalt → Halde
Erzaufbereitung	40 000 t	
	39 600 t	Schlämme → Deponie
Konversion	400 t	
	180 t	Abfall → Zwischenlager
Anreicherung	220 t	
	187 t	abgereichertes Uranhexafluorid → Zwischenlager
Brennelemente	33 t	
	↓	
	AKW	

leicht ausbreiten kann und der sich dabei bildende Fluorwasserstoff bereits in kleinsten Mengen tödliche Vergiftungen verursacht. Anlagen, in denen dieser Konversion genannte Prozeß durchgeführt werden kann, sind in der Bundesrepublik nicht vorhanden. Anlagen in Frankreich, Rußland und Großbritannien sind die größten Zulieferer für UF_6 in die Bundesrepublik.

Die Anreicherung des Urans ist der erste Bearbeitungsschritt im Rahmen der Atomenergienutzung, der in der BRD in nennenswertem Umfang durchgeführt wird. Einziger Standort ist die Urananreicherungsanlage (UAA) in Gronau/Westfalen. Das gasförmige UF_6 wird in große Zylinder eingespeist und dort in Rotation versetzt. Da die Uranisotope ein unterschiedliches Gewicht besitzen – Uran-238 ist schwerer als Uran-235 – werden sie durch die wirkende Zentrifugalkraft »sortiert«. In einem bestimmten Bereich des Zylinders sammelt sich UF_6 an, das einen höheren U-235-Anteil besitzt als das eingespeiste Ausgangsmaterial. Dieses wird aus der Zentrifuge abgezogen. Um auf den notwendigen Anteil von drei bis fünf Prozent U-235 zu kommen, muß dieser physikalische Vorgang viele Male in hintereinandergeschalteten Zylindern wiederholt werden. Die Verarbeitungskapazität der Anreicherungsanlage betrug Mitte 1998 1000 t Uran pro Jahr. Das entspricht dem jährlichen Bedarf von ca. acht großen AKW. Zur Zeit läuft ein, schon teilweise abgeschlossenes, Genehmigungsverfahren für eine Erweiterung der Anlage auf 1800 t Verarbeitungskapazität.

Neben dem UF_6 mit dem gewünschten Anreicherungsgrad entsteht eine erheblich größere Menge UF_6 , das einen Anteil von U-235 unter den natürlichen von 0,7 Prozent hat (siehe Grafik). Der endgültige Verbleib dieses abgereicherten UF_6 ist bisher ungeklärt. In Gronau wurde es ursprünglich in Fässern neben der UAA – unter freiem Himmel – gelagert. Seit einiger Zeit wird ein großer Teil des abgereicherten Urans von Gronau zur »Weiterverarbeitung« nach Rußland gebracht.

Brennelementherstellung

Das angereicherte UF_6 wird nach einer eventuellen Zwischenlagerung zur Brennelementfabrik transportiert. Dort erfolgt wieder eine Umwandlung. Aus dem UF_6 wird festes UO_2 (Urandoxid) gemacht. Dieses UO_2 hat zunächst Pulverform und wird dann zu den sogenannten Pellets verarbeitet. Pellets sind kleine Zylinder (Länge und Durchmesser ca. 1 cm), die sehr widerstandsfähig gegen mechanische und thermische Einwirkungen sind. Die Uranpellets werden in lange Rohrhülsen aus einer Zirkonlegierung geschoben und die Hülsen an den Enden verschlossen. Bei den fertigen Gebilden handelt es sich um die sogenannten Brennstäbe. Zwischen 80 und 350 solcher Brennstäbe werden schließlich mittels Strukturteilen zu Brennelementen zusammengefügt. Die fertigen Brennelemente werden dann zum Einsatz in ein AKW abtransportiert.

Nach Aufgabe der Standorte Karlstein und Hanau gibt es in der Bundesrepublik nur noch eine Anlage, in der Brennelemente hergestellt werden, nämlich bei der Siemens-Tochter ANF in Lingen. Die Verarbeitungskapazität für eine durchgehende Fertigung vom angereicherten UF_6 bis zum Brennelement beträgt gegenwärtig 400 t Uran pro Jahr. Zusätzlich können 250 t Uran pro Jahr nach Anlieferung in Pelletform zu Brennelementen verarbeitet werden. Etwa 75 Prozent der Produktion wird im Inland verkauft. Bundesdeutsche AKW-Betreiber beziehen darüber hinaus fertige Uran-Brennelemente aus Schweden und Frankreich.

Als Folge einer maßlosen Technikgläubigkeit in den 70er Jahren, man dachte Spaltmaterial in sogenannten Brütern selbst herstellen zu können, werden heute neben den hier beschriebenen Uran-Brennelementen auch Mischoxid-(MOX-)Brennelemente in einigen Atomkraftwerken eingesetzt. Letztere enthalten außer Uran als spaltbaren Stoff Plutonium, das bei der Wiederaufarbeitung bereits verbrauchter Brennelemente gewonnen wurde. (Näheres zu MOX-Brennelementen siehe im Flugblatt zur Wiederaufarbeitung in dieser Serie.)

Als Folge einer maßlosen Technikgläubigkeit in den 70er Jahren werden heute neben den hier beschriebenen Uran-Brennelementen auch Mischoxid-(MOX-)Brennelemente in einigen Atomkraftwerken eingesetzt.



Transporte und Lagerung

Das Uran hat zum Zeitpunkt der Anlieferung in der Bundesrepublik schon viele Transportkilometer hinter sich. Es ist jedoch keinesfalls so, daß nur Uran für die hiesige Verarbeitung angeliefert wird. Uran wird in allen möglichen Verarbeitungszuständen (vom »Yellow Cake« bis zum fertigen Brennelement) transportiert und zwischengelagert. Da es keinerlei Reglementierungen bzgl. des Zweckes von Ein- und Ausfuhr sowie des Transportes von Uran gibt, sondern die Betreiber frei entscheiden können wann und warum sie Uran wohin transportieren wollen, ist die Zahl der Transporte in der BRD sehr groß. Zur Illustration sollen hier Transporte, die innerhalb eines Jahres jeweils vielfach stattfanden kurz dargestellt werden:

U₃O₈:	Übersee Zwischenlager	Zwischenlager (BRD) Konversion in F o. GB
UF₆ nat:	Konversion in F und GB Konversion in F und GB Konversion in F und GB Kanada Zwischenlager (BRD) Zwischenlager (BRD)	UAA Gronau Zwischenlager (BRD) Anreicherung in der UdSSR Zwischenlager (BRD) UAA Gronau Anreicherung in der Russland
UF₆ ang:	Russland Russland Zwischenlager (BRD) UAA Gronau	Zwischenlager oder Brennelementfabrik (BRD) via BRD nach Schweden Brennelementfabrik (BRD, S oder F) Brennelementfabrik (BRD oder S)
UF₆ abg:	UAA Gronau	Russland (Neuanreicherung)
UO₂:	USA Brennelementfabrik (BRD) Brennelementfabrik (BRD) Zwischenlager (BRD) Brennelementfabrik (S)	Zwischenlager oder Brennelementfabrik (BRD) Zwischenlager (BRD) USA, Japan o. Korea Brennelementfabrik (S) Zwischenlager oder Brennelementfabrik (BRD)
Pellets:	Brennelementfabrik (BRD) Brennelementfabrik (S)	USA oder Schweden Zwischenlager (BRD)
uBE:	Brennelementfabrik (BRD) Brennelementfabrik (S) Brennelementfabrik (F)	AKW (BRD, S, F, SF) AKW (BRD) AKW (BRD)

Besonders bemerkenswert ist ein in der Vergangenheit häufig benutzter Transportweg von angereichertem UF₆ mit dem Zug aus Sibirien nach Riga, von dort mit dem Schiff über die Ostsee und durch den Nord-Ostsee-Kanal nach Hamburg, von dort mit dem LKW nach Traßlünde und dann mit der Fähre nach Schweden. Dieses Beispiel und die Liste zeigen, daß die Entscheidung über Transporte allein den wirtschaftlichen Interessen der AKW-Betreiber unterworfen sind und Transportrisiken keine Rolle spielen.



Forderungen der Anti-AKW-Bewegung

Die Anti-AKW-Bewegung fordert die sofortige Stilllegung aller Atomanlagen!

- Weil es jederzeit auch in einem deutschen Atomkraftwerk zu einer Kernschmelzkatastrophe mit verheerenden Folgen kommen kann.
- Weil die durch Störfälle und im Normalbetrieb freiwerdenden radioaktiven Stoffe, die Wahrscheinlichkeit von Krebserkrankungen erhöhen.
- Weil der für die Brennelementherstellung notwendige Uranabbau, Menschen aus ihren Lebensräumen vertreibt und diese zerstört.
- Weil durch die Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen in La Hague und Sellafield riesige Mengen radioaktiver Stoffe unkontrolliert ins Meer geleitet werden.
- Weil die zur Aufrechterhaltung des AKW-Betrieb notwendigen Atomtransporte sicherheitstechnisch nicht zu verantworten sind.
- Weil bei der Atomenergienutzung anfallendes Plutonium zur Herstellung von Atombomben verwendet werden kann.
- Weil es keine Möglichkeit gibt, die bei der Atomenergienutzung entstehenden radioaktiven Abfälle für Jahrzehntausende sicher zu lagern.
- Weil jede weitere Nutzung der Atomenergie ein Hindernis für die dringend notwendige Energiewende ist.
- Weil die Nutzung der Atomenergie einen Atom- und Polizeistaat nach sich zieht.

Impressum

Herausgeberin: Verdener Umweltwerkstatt e.V., Herrlichkeit 1, 27283 Verden, Tel.: 0 42 31/810 46, Fax: 0 42 31/810 48, eMail: umweltwerkstatt@oekozentrum.org
Ab 1.12.98 neue Anschrift: Artilleriestraße 6, 27283 Verden, Tel.: 0 42 31/957-571, Fax: 0 42 31/957-573
Diese Flugblattreihe wurde gefördert mit Mitteln aus den Ökofonds von Bündnis 90/Die Grünen Bremen, Rheinland-Pfalz, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt und der Deutschen Umwelthilfe e.V. – L.V. Niedersachsen.
Verlag: Tolstefanz – Wendländisches Verlagsprojekt, 29439 Jeetzel 41, Tel. und Fax: 0 58 41/45 21, eMail: Tolstefanz@jpberlin.de
Autor dieses Flugblattes: Wolfgang Neumann (Gruppe Ökologie, Hannover)
V.i.S.d.P.: Felix Kolb, Herrlichkeit 1, 27283 Verden 1
Auflage, 10/98: 5000
Satz und Layout: Graphisches Atelier Sternstein, Stuttgart
Druck: aktiv Druck, Göttingen