



Nukleare Kette



Nukleare Kette

Atomkraft ist keine saubere Sache



Die Nukleare Kette

Alles andere als ein Kreislauf

Uranabbau

Für den Jahresbedarf eines Atomreaktors müssen circa 440 000 Tonnen Uranerz im Bergbau und Tagebau gefördert werden.

Uranerzaufbereitung

Mittels chemischer und physikalischer Verfahren wird das Uran aus dem Erz herausgelöst. Es entsteht ein pulvriges Gemisch (Yellow Cake).

Urananreicherung

Für den Einsatz in den Atomkraftwerken muss das Uran angereichert, das heißt, der Anteil an Uran-235 erhöht werden.

Brennelementfertigung

In Deutschland werden bei der ANF in Lingen Brennelemente gefertigt, über 75 Prozent für den internationalen Markt.

Atomreaktor

In 32 Atomreaktoren wurde in Deutschland Strom produziert. Am 15. April 2023 wurden die letzten Reaktoren stillgelegt.

Wiederaufarbeitung

Bei der Wiederaufarbeitung werden die bestrahlten Brennstäbe zerschnitten, aufgelöst und Plutonium und Uran abgetrennt, um sie wieder zu verwenden.

Atommüllkonditionierung

Bei der Konditionierung radioaktiver Abfälle werden diese in einen chemisch und physikalisch stabileren Zustand gebracht.

Zwischenlagerung

Der Abfall wird dezentral (in den AKW oder eigenen Zwischenlagern) und zentral (Ahaus, Gorleben, Lubmin, Mitterteich) zwischengelagert.

Endlagerung

In Deutschland wird das Konzept der tiefengeologischen Lagerung für wärmeentwickelnde und gering wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle verfolgt. Radioaktive Abfälle unterhalb der Freigabe-Grenzwerte werden aus dem Atomgesetz entlassen und auf konventionellen Mülldeponien gelagert oder wiederverwendet.

Ganzheitliche Betrachtung?

Nein Danke.



Im Zuge der Klimadiskussion erlebte die Atomkraft eine mediale Wiederauferstehung. Interessanterweise jedoch nicht durch bahnbrechende Weiterentwicklungen, sondern durch die alten Versprechen und Hoffnungen, die die Atomkraftnutzung seit Anbeginn vor sich herschob und nie einlösen konnte.

Als zuverlässige und vor allem saubere Energie wird sie noch heute verklärt. Dabei ist den meisten Menschen die „nukleare Kette“ nicht bekannt.

Zu gerne werden in der öffentlichen Wahrnehmung bedeutende Teile dieser Kette ausgeblendet.

Dabei wird bei ganzheitlicher Betrachtung der Atomkraftnutzung schnell klar, dass es sich hierbei nicht um eine saubere Energieform handelt.

Uranbergbau

Für die Gewinnung des Uranerzes müssen gewaltige Mengen Gesteins bewegt werden. Der Abbau erfolgt im Tagebau, Tiefbau und im Lösungsbergbau.

Je nach Gehalt des Urans im Gestein und Leistung des fraglichen AKW werden für den Jahresbedarf bis zu 400 000 Tonnen Uranerz benötigt. Der gewonnene Brennstoff aus dieser Menge beträgt am Ende etwa 30 Tonnen. Die übrige Menge verbleibt in den folgenden Schritten schon als problematischer Abfall in dieser Kette.

Kasachstan ist der mit Abstand größte Uranproduzent der Welt. Dahinter folgen Kanada, Namibia, Australien und Usbekistan.

Je nach Fördermethode werden Mensch und Umwelt durch radioaktive Stäube oder Flüssigkeiten belastet. Eine Renaturierung und Überwachung der ausgebeuteten Minen findet in der Regel nicht statt.



Bis 1990 wurde von der *SDAG Wismut* in Sachsen Uran für das russische Atomprogramm abgebaut. 1991 wurde die Renaturierung beschlossen. Bis 2011 fielen durch die Sanierung circa 3300 Tonnen Uran an, das an eine US-Firma verkauft wurde.

Für die Sanierung wurden bis ins Jahr 2050 rund 9 Milliarden Euro veranschlagt, die durch Steuermittel bereitgestellt werden. Bis 2023 wurden bereits 7,5 Milliarden Euro verbraucht.

Bei den Bergleuten der Wismut wurden 7693 berufsbedingte Erkrankungen aufgrund der Freisetzung ionisierender Strahlung anerkannt.

Sowohl umfangreiche Sanierungen als auch die Anerkennung berufsbedingter Erkrankungen sind weltweit in dieser Form nicht zu finden. Gesundheitliche Fürsorge und ökologische Belange werden zurückgestellt oder sind aufgrund der staatlichen Strukturen nicht vorgesehen.

Uranerzaufbereitung

Zum Herauslösen des Urans werden chemische und physikalische Prozesse angewendet, aus denen sich erhebliche Mengen radioaktiver Schlämme bilden.

Diese Schlämme werden in Sammelbecken (Tailings) unter freiem Himmel gelagert. Durch Verdunstung werden radioaktive Stoffe verweht. Dammbürche führen zu einem unkontrollierten Abfluss in die Umwelt, und Sickerwässer finden ungehindert ihren Weg in den Untergrund.

Am Ende dieses Prozesses entsteht ein gelbes Pulver, das aus Uranverbindungen besteht. Dieser „Yellow Cake“ wird dann je nach Zielort über die Weltmeere oder auf dem Landweg zum nächsten Verarbeitungsschritt transportiert.

Hamburg – bundesweite und internationale Drehscheibe für Urantransporte

Von der Öffentlichkeit kaum wahrgenommen, rollen jährlich rund 150 Urantransporte über Hamburgs Straßen. Dabei handelt es sich sowohl um Durchgangsverkehr auf den Straßen zu verschiedenen Zielorten in Europa, als auch um Transporte per Schiff über den Hamburger Hafen.

Die Palette umfasst Transporte mit „Yellow Cake“ oder Uranhexafluorid für die Anreicherungsanlagen, angereichertes Uran für die Brennelementfabriken oder Brennstäbe für Atomkraftwerke – europaweit.



Urananreicherung

Zur Verwendung des Urans in einem Atomkraftwerk muss es angereichert werden. Uran beinhaltet in natürlicher Form nur circa 0,7 Prozent des spaltbaren Isotops Uran-235. In der Anlage muss es auf 3 bis 5 Prozent angereichert werden.

Für 20 Tonnen angereichertes Uran werden 200 Tonnen Uran benötigt. Als Abfall bleibt in diesem Prozess das abgereicherte Uran, das auch gerne als Wertstoff deklariert wird.

Atomausstieg nicht komplett

In Deutschland wird Uran in der Urananreicherungsanlage in Gronau bearbeitet. Diese Anlage ist vom Atomausstieg ausgenommen und wird von *URENCO* betrieben. Sowohl wirtschaftliche als auch strategische Interessen, die ein Atomwaffenprogramm in Deutschland möglich machen würden, verhindern bis dato die Schließung dieser Anlage.

Die Deklaration als Wertstoff ermöglichte den Export des Abfalls ins Ausland. So lieferte Deutschland abgereichertes Uran nach Russland, obwohl es ein Exportverbot für Atom Müll gab, indem dieses als Wertstoff deklariert wurde. In Russland lagert das Material in flüssiger Form in Tanks unter freiem Himmel. Mittlerweile wurden diese Transporte unterbunden. Die Menge der zu lagernden Abfälle wurde bei der Endlagersuche bisher ungenügend betrachtet und stellt den Prozess vor zusätzliche Herausforderungen.

Zudem wird abgereichertes Uran in vielen Staaten im Munitionsbereich eingesetzt, sogenannte DU-Munition (depleted uranium). Aufgrund der hohen Dichte des Urans entfalten die Geschosse eine hohe Durchschlagskraft. Die Reststoffe der Munition verbleiben ungesichert in der Umwelt und sind radioaktiv.



Brennelementfertigung

Das angereicherte Uran wird in Form von Pellets in ein Rohr gefüllt, das als Brennstab bezeichnet wird. Für den Einsatz im Reaktor werden mehrere Brennstäbe zu einem Brennelement gebündelt.

In Deutschland befindet sich eine Brennelementefabrik in Lingen im Emsland, die vom Atomausstieg ausgenommen ist.



Brennstäbe in einem Brennelement

Atomkraft made in Germany

Die Firma ANF betreibt die Fabrik und gehört dem französischen Atomunternehmen *Framatome*. Für einen Aufschrei sorgten die Pläne eines joint-ventures mit dem russischen Atomkonzern *Rosatom*. Sowohl *Framatome* als auch *Rosatom* werden von den jeweiligen Staaten gelenkt.

Die Atomfabrik in Lingen produziert Brennelemente für den europäischen und den Weltmarkt.



Zentrifuge zur Urananreicherung

Atomkraftwerk

Im Kernreaktor spalten Neutronen Isotope der Elemente Uran und Plutonium. Daher der Begriff „Kernspaltung“. Durch Brennelementhülle und Wasser werden die Isotope gebremst und erzeugen Wärme. Die Wärme erzeugt Wasserdampf, der wiederum Turbinen betreibt, aus denen dann Strom gewonnen wird.

Tschernobyl und Fukushima mahnen

Menschliches Versagen oder Umweltkatastrophen können dazu führen, dass die Kettenreaktion außer Kontrolle gerät. Wird der Reaktorkern nicht gekühlt, kommt es zur Kernschmelze und Freisetzung von hochradioaktivem Material mit tödlichen Folgen für Mensch und Umwelt. Tschernobyl und Fukushima sind erschreckende Beispiele dafür.

Die ausgedienten Brennelemente stellen die Masse hochradioaktiver Abfälle in Deutschland dar. Diese Abfälle müssen über unvorstellbare Zeiträume von der Umwelt ferngehalten werden.

In Deutschland wurde in 32 Reaktoren Strom produziert. Die letzten Reaktoren wurden im April 2023 stillgelegt. Der Rückbau wird weitere Jahrzehnte in Anspruch nehmen und auch verschiedene Arten von Atommüll hinterlassen, die sicher verwahrt werden müssen.



AKW Sizewell B in Großbritannien

Wiederaufarbeitung

Bei der Wiederaufarbeitung werden wiederverwertbare Stoffe getrennt, die sich für den Einsatz in neuen Brennstäben eignen.

Durch das Verfahren und die nicht nutzbaren Stoffe entstehen schwach-, mittel- und hochradioaktive Abfälle, die sicher gelagert werden müssen. Das Volumen des Mülls erhöht sich, wobei sich das Volumen des hochradioaktiven Mülls verringert, jedoch in konzentrierter Form verglast wird. Die Idee war es nicht den Müll zu verringern, sondern ihn wiederzuverwerten.

Durch das Verfahren werden radioaktive Gase freigesetzt, die ebenso in die Umwelt gelangen wie radioaktives Abwasser, das in Teilen ins Meer geleitet wird.



WAA in La Hague

WAA für die Bombe

Bei der Wiederaufarbeitung wird auch Plutonium abgetrennt, das Verwendung in Atomwaffen finden kann. Das Prinzip der Wiederaufarbeitung diente ursprünglich militärischen Zwecken.

Die größten Wiederaufarbeitungsanlagen befinden sich im französischen La Hague und im britischen Sellafield. Bis 2005 wurden auch Brennstäbe aus Deutschland in diese Anlagen verbracht. Die Castor-Transporte nach Gorleben und der begleitende Protest machten das kleine Örtchen Gorleben bundesweit berühmt. Die Transporte resultierten fast ausschließlich aus der Rücknahme des Atom Mülls aus diesen Anlagen.

In Deutschland wurde in kleinem Maßstab eine Wiederaufarbeitung in Karlsruhe durchgeführt.

Eine große Wiederaufarbeitungsanlage sollte zwar in den 1980er Jahren in der BRD entstehen, scheiterte letztlich aber im bayerischen Wackersdorf an den intensiven Protesten der Anti-Atom-Bewegung.

Bearbeitung des Atommülls / Konditionierung

Die Unterschiedlichkeit und Menge des Atommülls erfordern verschiedene Verfahren der Bearbeitung, um ihn zu lagern.

Im Fokus der Industrie steht die Verringerung des Müllvolumens. Durch verschiedene Verfahren werden schwach- und mittelradioaktive Abfälle konzentriert. Material, das einen bestimmten Grenzwert unterschreitet, wird dann freigegeben und auf Deponien gelagert oder für Bauvorhaben verwendet.

Hochradioaktiver Müll bleibt

Hochradioaktive Abfälle, beispielsweise Brennstäbe, werden für fünf Jahre in Wasserbecken gelagert und danach in Castor-Behälter zur Trockenlagerung verbracht. Für radioaktive Abfälle gibt es kein Verfahren, das den Müll unschädlich macht.



Konditionierung des ASSE-Mülls



Zwischenlager Brokdorf

Zwischenlagerung

Der Atommüll wird in Deutschland fast über die gesamte Republik verteilt zwischengelagert. Vorwiegend gibt es Lager an den AKW Standorten, Lager an den Forschungseinrichtungen und besondere, zentrale Lager (Ahaus, Gorleben, Lubmin).

Diese Lager sollten eigentlich nur für einen bestimmten Zeitraum betrieben werden. Aufgrund fehlender oder havarierter Endlager wird sich dieser Zeitraum jedoch weit über die bisherigen Planungen hinaus erstrecken.

Die Sicherheit und Sicherung der Zwischenlager muss fortlaufend gewährleistet sein. Dies stellt besondere Ansprüche an das Konzept und die verwendeten Materialien, die für einen derart langen Zeitraum nicht betrachtet wurden.

Aus Zwischen- werden Dauerlager

Die Genehmigung für Zwischenlager von hochradioaktiven Abfällen in Deutschland ist in der Regel auf 40 Jahre befristet. Es wird aber erwartet, dass der Müll nun über 100 Jahre sicher zwischengelagert werden muss.

Ein einheitliches Regelwerk, das die Anforderungen an diese verlängerte Zwischenlagerung von staatlicher Seite beschreibt, ist bisher ausgeblieben.

Sowohl Materialermüdung als auch die Einwirkung von Terrorangriffen beinhalten Risiken, die die Sicherheit der Zwischenlagerung stark beeinträchtigen können. Klarheit besteht hingegen, dass die Sicherheit atomarer Anlagen im Kriegsfall nicht besteht.

Sofern ein Endlager für die atomaren Abfälle gefunden und gebaut wird, werden mit der Einlagerungsphase, die sich über Jahrzehnte erstrecken wird, alle atomaren Abfälle noch einmal transportiert.

Endlagerung

Zur endgültigen Lagerung des Atommülls wurde eine tiefe geologische Lagerung festgesetzt. Unter der Erde, von der Umwelt abgeschirmt, soll der Müll für eine Million Jahre sicher lagern, bis keine Gefahr mehr von den langlebigen radioaktiven Stoffen ausgeht.

Für die unterschiedlichen Arten von Atommüll – hier wird in wärmeentwickelnde Abfälle (hochradioaktiv) und Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (schwach-/mittelradioaktiv) unterschieden – soll es verschiedene Endlager geben.

Zwei gescheiterte Projekte

Bisher gibt es zwei Endlagerprojekte mit Einlagerungen von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen in den Bergwerken Morsleben und Asse II. Die Asse ist bereits durch Wasserzufluss havariert, und die eingelagerten Abfälle sollen rückgeholt werden.

Das Bergwerk Schacht KONRAD wurde vor vierzig Jahren als weiteres Endlagerprojekt benannt, jedoch bis heute nicht realisiert. Das Projekt entspricht nicht mehr den heutigen Anforderungen an ein Endlager und ein vergleichendes Suchverfahren hat nie stattgefunden.



Das Bergwerk Gorleben schied im Jahr 2020 durch den Neustart der Endlagersuche im Rahmen eines vergleichenden Verfahrens nach wissenschaftlichen Kriterien aus. Momentan läuft das Suchverfahren für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Ein genauer Zeitplan ist schwer zu bestimmen. Vermutlich wird es erst 2080 ein fertiges Endlager für diese Stoffe geben.

Unvorstellbare Menge Atommüll

Das einzulagernde Müllvolumen wird sich bis dahin auf rund 27000 Kubikmeter hochradioaktiven und 300000 bis 600000 Kubikmeter schwach- und mittelradioaktiven Müll belaufen.

In der Planung ist der Schacht KONRAD mit 303000 Kubikmeter Müll vorgesehen.

Die Rückholung der Asse-Abfälle soll weitere 220000 Kubikmeter umfassen, und die Abfälle aus der Urananreicherung werden auf rund 100000 Kubikmeter geschätzt. Für diese Abfallmenge ist bisher kein Endlager ausgewiesen. Folgerichtig muss damit gerechnet werden, dass es einen weiteren Standort für ein Endlager geben muss.

Der Salzstock Gorleben wird nicht zum Endlager



Bis in alle Ewigkeit

Es ist zu bilanzieren, dass seit der Inbetriebnahme des ersten Forschungs-Atomkraftwerks in Kahl im Jahre 1960 bis zum Abschalten des letzten Atomkraftwerks im Jahr 2023 keine Lösung für das Atommüllproblem erarbeitet werden konnte.

Verschärfend kommt hinzu, dass der Müll von der Umwelt abgeschirmt gelagert werden muss und eine Freisetzung nicht erfolgen darf.

Kein Kreislauf

Entgegen der Behauptung, dass der Betrieb von Atomkraftwerken einem nuklearen Brennstoffkreislauf folgt, kann hier durchaus von der nuklearen Kette gesprochen werden – einer Verkettung von Annahmen und Behauptungen, die bis heute keine runde Sache ergeben.

Die Abfälle aus sechzig Jahren Stromerzeugung durch Kernspaltung in Deutschland werden als Ewigkeitslast bis zu eine Million Jahre der Erde erhalten bleiben. Dies gilt auch für 31 weitere Staaten auf der Erde, die die Atommüllmenge noch einmal drastisch erhöhen.



Verstürzung von Atommüll 1975 in der ASSE

Quellen und Lesehinweis

www.bi-luechow-dannenberg.de
www.atommuellreport.de
www.urantransport.de
www.uranium-network.org
www.dont-nuke-the-climate.org
www.umweltfairaendern.de
www.anti-atom-aktuell.de
www.atommuellkonferenz.de
www.aku-gronau.de
www.atomstadt-lingen.de
www.ag-schacht-konrad.de
www.aufpassen.org

Viele Hintergrundinformationen: *Die Gorleben Rundschau*



Die *Gorleben Rundschau* erscheint viermal im Jahr und ist das Mitteilungsblatt unserer Bürgerin-

itiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg. Neben einem breiten Spektrum an Umweltthemen, Interviews und Artikeln zur Klima- und Verkehrswende, berichtet sie immer wieder auch über neue Aspekte der Zwischenlagerung – in Gorleben und an anderen Standorten. Wir senden die *Gorleben Rundschau* gerne kostenlos zu. Aktuelle und zurückliegende Ausgaben können außerdem als ePaper von unserer Website heruntergeladen werden.



Adresse

Bürgerinitiative Umweltschutz
Lüchow-Dannenberg e.V.
Rosenstraße 20 • 29439 Lüchow

Kontakt

05841 - 4684
buero@bi-luechow-dannenberg.de

Digital

Web und Blog: www.bi-luechow-dannenberg.de
Newsletter bestellen: buero@bi-luechow-dannenberg.de
Instagram: [gorleben.rundschau](https://www.instagram.com/gorleben.rundschau)
YouTube: [BiLuechowDannenberg](https://www.youtube.com/BiLuechowDannenberg)
Mastodon: [@gorleben@norden.social](https://norden.social/@gorleben)
Bluesky: [@gorleben.bsky.social](https://bsky.social/gorleben.bsky.social)

Print

Gorleben Rundschau
Fachpublikationsreihe *Zur Sache*
diverse Flyer

Spendenkonto

BI Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V.
Sparkasse Uelzen Lüchow-Dannenberg
IBAN: DE24 2585 0110 0044 0607 21
BIC: NOLADE21UEL

v.i.S.d.P.: BI Umweltschutz Lüchow-Dannenberg
Redaktion: Torben Klages
Layout: Andreas Conradt
Korrektorat: Wilma Wallat

Fotos: S. 1: shutterstock, S. 3: Kelly Michals, S. 4: James St. John, S. 5: Articulacao Antinuclear Brasileira, S. 6-7: US Dept. of Energy, S. 7: Framatome, S. 8: EDF
S. 9: Orano, S. 10: BfS, S. 11: BGZ, S. 12-13: PubliXviewinG, S. 14: BGE
S. 15: BI Lüchow-Dannenberg, S. 16: PubliXviewinG