

## Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland

Pro Jahr werden in deutschen Kernkraftwerken 150.000 Gigawattstunden elektrische Energie erzeugt. Dabei entstehen ca. 450 Tonnen hochradioaktive z.T. abgebrannte Brennelemente, bestehend aus Uran 238 (nicht spaltbar), unverbrauchtem Uran 235 (spaltbar), ca. 1% Plutonium, etwa 3% radioaktiven Spaltprodukten und einem geringen Prozentsatz von aktiviertem Brennstabmaterial. Diese abgebrannten Brennelemente enthalten also ca. 96% wertvolle Substanzen, die zur Energieerzeugung verwendet werden können - z.B. das noch nicht verbrauchte Uran 235 und das aus Uran durch Neutroneneinfang erbrütete Plutonium 239 - und solche radioaktiven Substanzen, die für medizinische und technischen Anwendungen nutzbar sind. In einer sogenannten Wiederaufbereitungsanlage werden diese wertvollen Substanzen vom Abfall getrennt. Die übrig bleibenden radioaktiven Spaltprodukte (ca. 20 Tonnen Caesium, Jod, Krypton, Barium usw.) werden in geeigneter Weise außerhalb der Biosphäre endgelagert. Nach ca. 150 Jahren ist die Radioaktivität des Abfalls so weit abgeklungen, dass keine Radiotoxizität mehr gegeben ist. Pro Reaktor fallen also ca. 50 m<sup>3</sup> abgebrannte Brennelemente jährlich an, nach der Wiederaufbereitung sind es etwa 7 m<sup>3</sup> hochradioaktive Abfälle.

Aus dem bisher gesagten ist ersichtlich, dass die Kernreaktionen im Kernreaktor, die Wiederaufbereitung der abgebrannten Brennelemente und die Endlagerung Prozesse darstellen, die eng miteinander verwoben sind.

Um die Vorgänge bei der Kernspaltung im Kernreaktor und bei der Wiederaufbereitung der abgebrannten Brennelemente plausibel zu machen, sind im folgenden einige Grundtatsachen über den Aufbau der Materie vereinfacht beschrieben.

Nach einer klassischen Vorstellung besteht das einfachste Atom - das Wasserstoffatom - aus einem positiv geladenen Kern, der von einem negativ geladenen Elektron umkreist wird (Bohrsches Atom-Modell). Der Kern ist sehr klein, er hat einen Durchmesser von 10<sup>-15</sup> m, der Durchmesser der Elektronenbahn liegt bei 10<sup>-10</sup> m. Der Kern des Wasserstoffatoms besteht aus einem Proton (positiv geladen), bei allen anderen Elementen aus einer bestimmten Anzahl von Protonen und Neutronen (tragen keine elektrische Ladung). Abb. 1 zeigt schematisch die Verhältnisse beim Wasserstoffatom.

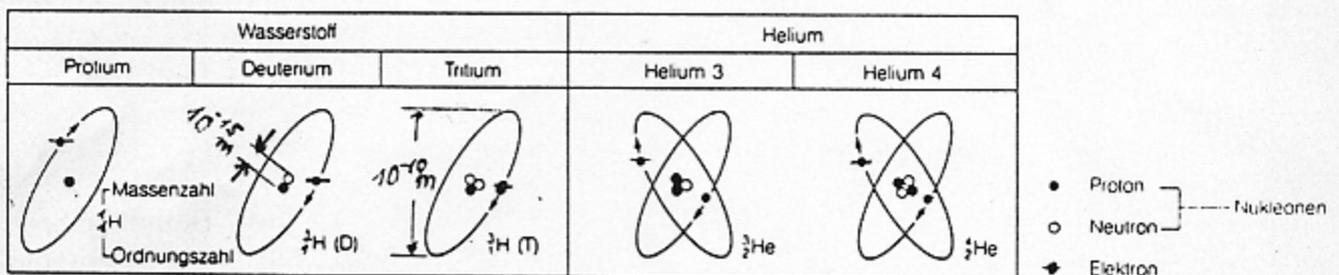


Abb. 1 Vereinfachte Darstellung von Atomen, bestehend aus Elektronenhülle und Atomkern, der Protonen und Neutronen enthält

Wasserstoff kommt in der Natur vor als eine Mischung Protium (99,99 % des Wasserstoffanteils) und Deuterium (schwerer Wasserstoff, 0,01 %). Der Deuterium-Kern besteht aus einem Proton und einem Neutron. Dieser Kern wird von einem Elektron umkreist. Protium und Deuterium haben fast identische chemische und physikalische Eigenschaften, die hauptsächlich durch das umlaufende Elektron

bewirkt werden (Ausnahmen sind die Masse und die Radioaktivität, die durch den Kern bewirkt werden). Es gibt noch ein künstliches Isotop des Wasserstoffs, das Tritium, dessen Kern aus zwei Neutronen und einem Proton besteht. Ein derartiger Kern ist nicht stabil, er emittiert Partikel (z.B. Elektronen), wobei sich ein stabiles Element bildet. Nur solche Kerne sind stabil, in denen ein bestimmtes Verhältnis von Neutronenzahl zur Protonenzahl herrscht. Wenn z.B. zu viele Neutronen im Kern sind, zerfällt der Kern so lange unter Emission von negativ geladenen Partikeln (Beta-Strahlen), bis ein stabiler Kern erreicht ist - hierbei zerfällt ein Neutron in ein Proton und ein Elektron. Die Vorgänge bei der Spaltung des Kerns Uran 235 sind in Abb. 2 schematisch dargestellt. Ein Neutron trifft auf einen U-235-Kern. Dabei entsteht der extrem kurzlebige Zwischenkern Uran 236. Dieser gerät durch die Neutronenaufnahme in heftige Schwingungen und zerplatzt dabei.

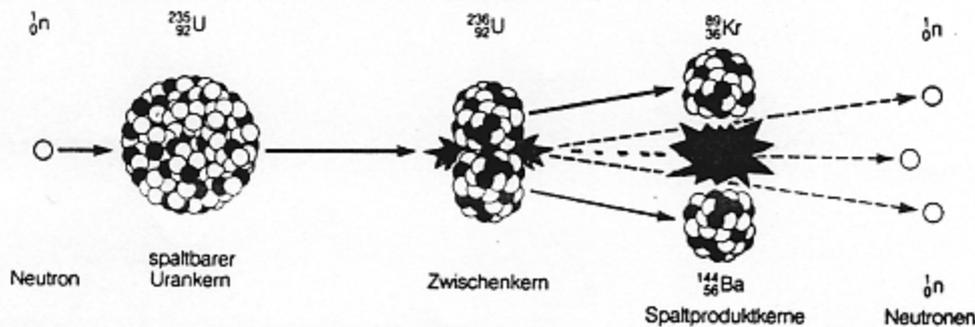


Abb. 2 Spaltung eines Uran-235-Kerns durch ein Neutron (Neutron weiß, Proton schwarz)

Im dargestellten Beispiel sind die Zerfallsprodukte Krypton 89, Barium 144 und drei Neutronen. Beim Zerplatzen des Kerns in diese Bruchstücke werden erhebliche Energiemengen frei, die zur Elektrizitätserzeugung verwendet werden können. Die Spaltprodukte sind in der Regel radioaktiv. Die bei der Kernspaltung freigesetzten Neutronen können nun weitere Uran-235-Kerne spalten (Kettenreaktion). Oft treffen sie auf einen Uran 238-Kern - natürliches Uran besteht zu 0,7% aus Uran 235 und zu 99,3% aus Uran 238 (nicht spaltbar). Dieser Kern wird normalerweise durch das eingedrungene Neutron nicht gespalten, sondern es bildet sich Uran 239, das nicht stabil ist, sondern zwei negativ geladene Teilchen emittiert. Dadurch entsteht Plutonium 239, welches wie Uran 235 leicht spaltbar durch Neutronen ist. Dieses Plutonium 239 wird nach der Wiederaufbereitung der Brennelemente zur Energiegewinnung in Kernreaktoren verwendet oder zum Bau von Atombomben.

### Wiederaufbereitung

Die Brennelemente des Kernreaktors werden nach ca. drei Betriebsjahren ausgewechselt, da sie durch die dauernden Kernspaltungen viele Elemente enthalten, die Neutronen absorbieren, welche für die Spaltung von Uran 235 verloren sind. Dadurch sinkt die Energieerzeugung. Die abgebrannten Brennelemente enthalten etwa 95% Uranisotope und 1% Plutoniumisotope, die z.T. für die Energiegewinnung nutzbar sind. Diese wertvollen Elemente werden in einer Wiederaufbereitungsanlage von den Spaltprodukten (ca. 3%) getrennt. Die radioaktiven Spaltprodukte werden verglast und in geeigneten Behältern zu ihren Endlagern in Salzkavernen gebracht.

## **Transmutation**

Eine andere Möglichkeit, die Spaltprodukte zu beseitigen, wäre, die radioaktiven Substanzen einem intensiven Bombardement mit Neutronen auszusetzen. Wie oben angedeutet, entstehen dabei neue Kerne (Transmutation), die stabil sind. Die Forschungen auf dem Gebiet der Transmutation und der Endlagerung sind in Deutschland aus politischen Gründen eingestellt worden.

## **Endlager**

Seit einiger Zeit berichten die Medien wieder über Probleme in Endlagerstätten für radioaktive Abfälle. So sollen im Salzbergwerk Asse die Stollen Lecks haben, Uran und Plutonium sollen ganze Regionen gefährden, radioaktives Material soll in die Umwelt gelangen [1]. Was ist der Sinn dieser Horrormeldungen?

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle erfolgt weltweit in tiefen geologischen Schichten in ca. 300-1000 m Tiefe, z.B. in stillgelegten Salzbergwerken, die durch eine wasserdichte Tonschicht von einigen hundert Metern Dicke von der Biosphäre getrennt sind.

In Deutschland laufen an vier Stellen im Raum Braunschweig-Uelzen Versuchsprogramme zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, nämlich

1. im Forschungsbergwerk Asse (stillgelegtes Salzbergwerk) seit 1967,
2. im Salzstock Gorleben seit 1977,
3. im Schacht Konrad (ehemaliges Eisenerzbergwerk) seit 1975,
4. im stillgelegten Salzbergwerk Morsleben (seit 1979 DDR-Endlagerstätte).

### **Asse**

Das Salzbergwerk Asse wurde 1964 nach jahrzehntelangem Abbau-Betrieb stillgelegt und vom Bund übernommen, um als Forschungsbergwerk verschiedene Einlagerungstechniken für schwach- und mittelaktive radioaktive Abfälle aus Medizin, Forschung und Kernkraftwerken zu erforschen. Es war nie als Endlager geplant. Beim Abbau des Salzes während der industriellen Nutzungsphase ist man sehr nahe an wasserführende Erdschichten gegangen. Die Tonschicht über dem ehemaligen Bergwerk weist Lücken auf, so dass allmählich Wasser eindringen kann. Zwischen 1967 und 1978 wurden in verschiedenen Versuchsprogrammen ca. 124.000 Behälter mit schwachaktiven Abfällen eingebracht und ca. 1.300 Behälter mit mittelaktiven Abfällen. Seit 1988 ist bekannt, dass in die sehr weiträumige Anlage mit kilometerlangen Stollen ca. 12m<sup>3</sup>/Tag Wasser einsickert. Die entstandene Lauge ist kaum radioaktiv belastet. Sie enthält geringe Spuren von Caesium und Tritium, weit unterhalb der Freigrenzen. Es gibt keinen Hinweis auf Gefahren für Mensch und Umwelt. Die Schließung der Schachanlage ist geplant.

### **Gorleben**

Der Salzstock Gorleben wurde 1977 nach vielem politischen Gerangel als Erkundungsbergwerk für ein Endlager für alle Arten radioaktiven Abfalls (niedrig-, mittel-, hochaktiv) eingerichtet. Für diesen Zweck standen zur Auswahl 140 Salzstöcke. Der Salzstock Gorleben ist nie industriell genutzt worden. Er enthält keine großen Hohlräume und Kavernen, die Bergbewegungen verursachen könnten. Er wurde ausschließlich zum Zweck der Endlagerung ausgewählt. Eine durchgehende dicke Tonschicht über dem Salzstock verhindert das Eindringen von Wasser. Der Salzstock Gorleben ist weltweit der am gründlichsten untersuchte Standort für die Endlagerung radioaktiven Abfalls [3]. Aus Sicht der Geowissenschaft ist dieser Salzstock hervorragend geeignet für die Endlagerung des radioaktiven Abfalls aus Deutschland. Die Erkundung wurde im Jahr 2000 durch die rot-grüne Bundesregierung aus politischen Gründen unterbrochen, vermutlich um die Nutzung

der Kernenergie in Deutschland unmöglich zu machen. Sie ist im Jahre 2008 wiederaufgenommen worden.

### **Schacht Konrad**

Im stillgelegten Erzbergwerk Schacht Konrad sollen von 2013 an bis zum Jahr 2080 ca. 300.000 m<sup>3</sup> schwach wärmeproduzierende Abfälle endgelagert werden. Durch eine 400 m dicke und dichte Tonschicht dringt kein Wasser in den Schacht. Die Langzeitsicherheit ist nachgewiesen. Die Stollen sind insgesamt 40 km lang, 5m breit, 6 m hoch, mit Beton ausgegossen.

### **Morsleben**

Das stillgelegte Salzbergwerk Morsleben diente der DDR seit 1979 für die Endlagerung schwach- und mittelaktiver Abfälle. Nach der Wiedervereinigung wurden bis 1998 auch radioaktive Abfälle aus Westdeutschland eingelagert. Es lagern dort z.Z. ca 37.000 m<sup>3</sup> schwach- und mittelaktive Abfälle. Die Stilllegung ist beantragt, was viele Experten in Erstaunen versetzt hat.

### **Zwischenlager**

In den vergangenen Jahren wurden in allen Kernkraftwerken aufwendige Zwischenlager geplant und teilweise auch gebaut, die wegen der stockenden Endlagerung notwendig wurden.

Zu diesem Tatbestand ist folgendes zu sagen: Die Schwierigkeiten wegen der defekten Müllfässer und dem Wassereintritt in dem Forschungsbergwerk Asse sind beherrschbar. Durch die sehr große Verdünnung der Abfälle wird keine Gefahr für die Bevölkerung entstehen.

Allerdings ist es eine infame Lüge, das Forschungsbergwerk Asse als ein Musterbeispiel für ein Endlager darzustellen und mit dieser Behauptung gegen die Nutzung der Kernenergie zu polemisieren. Das Forschungsbergwerk Asse diente von Anfang an nur zur Erprobung von Einlagerungstechniken für schwach- und mittelaktive radioaktive Abfälle. Es sollte dort nur vorläufig eingelagert werden. Die Einlagerung von ca. 126.000 Fässern mit radioaktivem Müll erfolgte nach bergrechtlichen Grundsätzen und nicht nach den viel strengeren atomrechtlichen wie z.B. bei Schacht Konrad vorgesehen.

Die Erfahrungen von Asse führten zum Vorschlag, Schacht Konrad ab 2013 bis 2080 als Endlager für schwach wärmeproduzierende Abfälle zu verwenden. Außerdem ist der Salzstock Gorleben für die sichere Endlagerung radioaktiven Abfalls geeignet.

Bei der Frage der Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland wurde immer eher nach politischen und ideologischen als nach technischen Kriterien gehandelt, verfahren und entschieden. Argumente der Geowissenschaftler wurden beiseite geschoben, vermutlich aus unlauteren Gründen, weil man keine Lösungen anstrebte sondern Probleme produzieren wollte, um die deutsche Nuklearindustrie zu kippen [2]. Die Forschung über Endlagerung ( sowie Kernphysik und Kerntechnik) wurde systematisch behindert, eine Ausbildung in Kernphysik findet seit über 20 Jahren an deutschen Hochschulen kaum mehr statt, weil die Politik das so arrangierte.

[1] M. Frühlingsdorf                      Der Spiegel Nr.17, 23.4.2007

[2] R. Melisch, H. Schröcke              Energiepolitik als Überlebensstrategie der Nation  
S. Schulien, W. Thüne                  ADEW- Postfach 100 133 63- 63701 Aschaffenburg

[3] [www.buerger-fuer-technik.de](http://www.buerger-fuer-technik.de)