

Atommüll – Kein Grund zur Ent-Sorgung

1954 ging weltweit das erste kommerzielle Atomkraftwerk in der Sowjetunion ans Stromnetz. Siebenundsechzig Jahre und 18.800 Reaktor-Betriebsjahre¹ später gibt es auf der Welt noch kein funktionsfähiges Endlager für den gefährlichsten Atommüll.

Die ältesten Fossilien von homo sapiens, entdeckt in Afrika, sind 300.000 Jahre alt. So lange etwa dauert es, bis das Plutonium-Isotop Pu-239 weitgehend zerfallen ist. Das Schwermetall Plutonium gibt es praktisch nicht in der Natur. Erst der Mensch hat es in größeren Mengen in die Welt gebracht.

Abbildung 1: Jebel Irhoud – Ältestes bekanntes Fossil des Menschen, in Marokko entdeckt



Quelle: Foto Wikipedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jebel_Irhoud_1._Homo_Sapiens.jpg

¹ Internationale Atomenergieorganisation (IAEO), "Power Reactor Information Service", siehe <https://pris.iaea.org/pris/>, aufgerufen am 11. Februar 2021.

Wie viele andere radioaktive Substanzen entsteht es beim Betrieb von Atomkraftwerken und dient ihnen gleichzeitig als Brennstoff. Ist der Kernbrennstoff ausgebrannt, wird er aus dem Reaktor entladen und in einem Abklingbecken unter Wasser gelagert und gekühlt. Ohne die Wasserabschirmung wäre die hochradioaktive Strahlung aus den Brennelementen für Menschen binnen einer Minute tödlich.²

Für den hochradioaktiven Atomabfall gibt es nach fast sieben Jahrzehnten Atomstrom-Produktion nirgends auf der Welt ein sicheres Endlager. Über 60.000 Tonnen verbrauchter Kernbrennstoffe warten allein in Europa auf einen Ort für die Ewigkeit.³ Aktuell liegen vier Fünftel des heißen Stoffs in schwimmbadartigen Abkühlbecken. Ein Verlust der Wasserabschirmung, etwa durch Erdbeben, Flugzeugabsturz, Sabotage oder einen terroristischen Angriff, würde zur Selbstentzündung des toxischen Mülls und der Freisetzung eines Großteils des radioaktiven Inventars führen. Die Auswirkungen in dichtbesiedelten Regionen könnten die Katastrophen von Tschernobyl oder Fukushima weit in den Schatten stellen.⁴

Radioaktive Abfälle entstehen schon beim Abbau von Uranerz, dann in den Anlagen zur Anreicherung des Schwermetalls und bei der Brennelemente-Produktion. Verstrahlte und kontaminierte Abfälle fallen in Atomkraftwerken an, sowie bei der Plutoniumproduktion, der so genannten Wiederaufarbeitung.⁵ Die weitaus höchste Radioaktivität ist in bestrahlten Brennelementen und nach deren Aufarbeitung in Glaskokillen konzentriert, in denen sich die nicht mehr für einen weiteren Reaktorbetrieb verwendbaren Abfallstoffe befinden. Bezogen auf Volumen und Gewicht dominiert dagegen der so genannte schwach- und mittelradioaktive Müll, der schon in den Uranminen anfällt.

Für den Betrieb nur eines Atomkraftwerks müssen mehr als 100.000 Tonnen Uranerz gefördert werden – jährlich. Die bis 1996 betriebene Mine Wismut auf dem Gebiet der

² Andrews GA, Auxier JA, Lushbaugh CC.: "The Importance of Dosimetry to the Medical Management of Persons Exposed to High Levels of Radiation", In *Personal Dosimetry for Radiation Accidents*, International Atomic Energy Agency, 1965.

³ Ohne Russland und die Slowakei, laut „World Nuclear Waste Report“, 2019, siehe <http://www.worldnuclearwastereport.org>, aufgerufen am 19. November 2020.

⁴ Frank von Hippel, Michael Schöppner, „Reducing the Danger from Fires in Spent Fuel Pools“, *Science & Global Security*, 2016, siehe <http://scienceandglobalsecurity.org/archive/sgs24vonhippel.pdf>, aufgerufen am 29. März 2021.

⁵ Darunter versteht man das Zerschneiden und Auflösen der hochaktiven Brennelemente in einer chemischen Fabrik und das Herausfiltern von Plutonium und Resturan. Eine Wiederaufarbeitungsanlage produziert neben Plutonium und Uran auch große Mengen Strahlenabfälle aus einem zuvor kompakten Abfallgebilde, wobei auch erhebliche Mengen Radioaktivität freigesetzt werden.

früheren DDR hinterließ über 300 Millionen Kubikmeter radioaktive Bergbauabfälle und 160 Millionen Kubikmeter kontaminierte Schlämme. Etwa 4.000 Wismut-Arbeiter starben an Lungenkrebs.⁶

Aus dem Erz wird ein Urankonzentrat gewonnen, das in mehreren Umwandlungsschritten zu Brennelementen weiterverarbeitet wird. Bei jedem Schritt entstehen Abfälle. So verursacht ein Atomkraftwerk jährlich etwa 1.400 Kubikmeter Abfall bei der Konversion des Urankonzentrats, 130 Kubikmeter bei der Anreicherung, 230 Kubikmeter bei der Brennelementherstellung, 300 Kubikmeter beim Reaktorbetrieb, also in Summe über 2.000 Kubikmeter, neben 25 Tonnen hochradioaktiver abgebrannter Brennelemente und den Bergbauabfällen zu Beginn der Kette.⁷ Durch Verbrennung oder Verdichtung wird das Abfallvolumen zwar verringert, doch bei der sicheren Verpackung vergrößert es sich erneut.

Wenige Länder, vor allem Frankreich betreiben Wiederaufarbeitungsanlagen⁸, was zu zusätzlichen Abfallströmen führt. Außerdem müssen alle diese radioaktiv belasteten Anlagen irgendwann abgerissen werden, und lösen dann zusätzliche Abfallströme aus. Von den insgesamt 189 bereits abgeschalteten Atomkraftwerken wurden nur 20 abgerissen, davon wiederum nur die Hälfte bis zur „grünen Wiese“.

Von der Entsorgung zur Endlagerung: ein ungelöstes Problem

Radionuklide sind instabile Atome, die je nach dem Grad ihrer Instabilität schneller oder langsamer zerfallen und dabei gefährliche Strahlung emittieren. Radioaktivität löst Krebs und andere schwere Krankheiten aus. Insbesondere der langlebige, hochradioaktive Atommüll muss deshalb dauerhaft und zuverlässig von der Biosphäre abgeschirmt werden. Der Begriff „Entsorgung“ bezeichnet den Umgang mit den nuklearen Hinterlassenschaften über einen gewissen Zeitraum, während mit „Endlagerung“ die

⁶ Manon Besnard et al., „Der Welt Atommüllbericht“, September 2020, siehe https://worldnuclearwastereport.org/wp-content/themes/wnwr_theme/content/WNWR-Report-deutsche-Fassung-2209.pdf.

⁷ Größenordnungen, die nach Reaktortyp und Betriebsart stark variieren, siehe IAEO, Estimation of Global Inventories of Radioactive Waste and Other Radioactive Materials, 2007.

⁸ Kleinschneiden und Auflösen der hochaktiven Brennelemente in einer atomchemischen Fabrik und Herausfiltern von Plutonium und Resturan. Eine Atommüllproduktionsanlage, die aus einem kompakten Abfallgebilde eine Vielzahl von Müllströmen schafft und dabei erhebliche Mengen Radioaktivität in Luft und Wasser freisetzt.

letzte Etappe bezeichnet wird. Auch in einem „Endlager“ für hochradioaktive Abfälle – das es als gesellschaftlich und wissenschaftlich anerkannte Anlage bislang nirgends auf der Welt gibt – bleibt der Atommüll über geologische Zeiträume von einer Million und mehr Jahren gefährlich.

Die Halbwertszeit ist die Zeitspanne, in der die Aktivität eines Radionuklids durch den Zerfall auf die Hälfte sinkt. Erst nach zehn Halbwertszeiten ist ein Radionuklid weitgehend zerfallen. Von 1.000 kg sind noch 1 kg (= 0,1 %) des Nuklids vorhanden und es muss immer noch sicher verwahrt werden.

In einem Atomkraftwerk entsteht im Normalbetrieb ein Cocktail an radioaktiven Isotopen. Manche kurzlebig, d.h. die Radioaktivität zerfällt nach relativ kurzer Zeit, z. B. ist bei Jod-131 nach 8 Tagen die Hälfte in andere meist stabilere Isotope umgewandelt. Andere radioaktive Isotope zerfallen innerhalb weniger Jahre, z. B. der schwere Wasserstoff Tritium, der mit einer Halbwertszeit von 12,3 Jahren zu Helium zerfällt. Andere Radionuklide weisen extrem lange Halbwertszeiten auf: bei Jod-129 sind es 17 Mio. Jahre, bei Plutonium-239 immerhin noch 24.000 Jahre.

Ein Atomendlager muss also eine Mischung aus vielen verschiedenen radioaktiven Abfallstoffen aufnehmen und dabei Sicherheit über viele Halbwertszeiten gewährleisten. Also über Zeiträume, die das menschliche Vorstellungsvermögen sprengen. Eine Million Jahre, das ist dreimal so lang wie homo sapiens auf der Erde existiert. Vor 5.000 Jahren bauten die Ägypter ihre Pyramiden. 200 mal länger soll die radioaktive Hinterlassenschaft unserer Generation sicher unter der Erde bleiben.