

# Atommüll – Ein generationen- übergreifendes Problem

1954 ging das weltweit erste kommerzielle Atomkraftwerk in der Sowjetunion ans Stromnetz. Exakt 70 Jahre und fast 20.000 Reaktorbetriebsjahre<sup>1</sup> später existiert nirgendwo auf der Welt ein brauchbares Endlager für den gefährlichsten Atommüll.

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

Wie viele andere radioaktive Stoffe, entsteht es beim Betrieb von Atomkraftwerken und dient ihnen gleichzeitig als Brennstoff. Ist der Kernbrennstoff ausgebrannt, wird er aus dem Reaktor in ein Abklingbecken umgeladen und unter Wasser gekühlt. Ohne die Abschirmung durch das Wasser wäre die hochradioaktive Strahlung aus den Brennelementen für Menschen binnen einer Minute tödlich.<sup>2</sup>

## Kein Endlager für hochradioaktiven Abfall in Sicht

Für hochradioaktiven Atomabfall existiert bis heute, Mitte 2024, nach sieben Jahrzehnten Atomstromproduktion nirgendwo auf der Welt ein sicheres Endlager. In den meisten Ländern, die Kernkraftwerke betreiben, wurden nur für schwach und mittel radioaktive Abfälle Endlager errichtet. Über 65.000 Tonnen hoch radioaktiver verbrauchter

---

<sup>1</sup> Internationale Atomenergieorganisation (IAEO), „Power Reactor Information Service“, siehe [pris.iaea.org/pris/](https://pris.iaea.org/pris/), aufgerufen am 9. Mai 2024.

<sup>2</sup> 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, Internationale Atomenergie-Organisation, 1965.

Kernbrennstoffe warten allein in Europa auf ihren Bestimmungsort für die Ewigkeit.<sup>3</sup> Aktuell liegen vier Fünftel des hoch radioaktiven Materials in schwimmbadartigen Abkühlbecken. Ginge die Wasserabschirmung verloren, etwa durch Erdbeben, Flugzeugabsturz oder militärische oder terroristische Angriffe, würde dies zur Selbstentzündung des toxischen Abfalls und zur Freisetzung eines Großteils des radioaktiven Inventars führen. Die Auswirkungen in dichtbesiedelten Regionen könnten die Katastrophen von Tschernobyl oder Fukushima weit in den Schatten stellen.<sup>4</sup>

Radioaktive Abfälle entstehen bereits beim Uranabbau, in der Folge in den Konversions- und Anreicherungsanlagen und schließlich bei der Herstellung der Brennelemente. Bestrahlte und kontaminierte Abfälle fallen auch in Kernreaktoren und bei der Plutoniumabtrennung in sogenannten Wiederaufarbeitungsanlagen an.<sup>5</sup> Die weitaus höchste Radioaktivität ist in bestrahlten Brennelementen und nach deren Aufarbeitung in Glaskokillen konzentriert, die zur Entsorgung bestimmt sind. In Bezug auf Volumen und Gewicht dominiert schwach radioaktives Material, das insbesondere beim Uranabbau anfällt.

## **100.000 Tonnen Bergbauabfälle pro Reaktor und Jahr**

Für den Betrieb eines einzigen 1.000-MW-Kernreaktors für ein Jahr müssen über 100.000 Tonnen Uranerz abgebaut werden. In der Wismut-Mine auf dem Gebiet der ehemaligen DDR, die bis 1996 in Betrieb war, blieben über 300 Millionen Kubikmeter radioaktiver Bergbauabfall und 160 Millionen Kubikmeter kontaminierte Schlämme zurück. Etwa 4.000 Arbeiter der Wismut-Mine starben an Lungenkrebs.<sup>6</sup>

---

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

<sup>4</sup> Frank von Hippel und Michael Schöppner, „Reducing the Danger from Fires in Spent Fuel Pools“, Science & Global Security, 2016, siehe [scienceandglobalsecurity.org/archive/sgs24vonhippel.pdf](http://scienceandglobalsecurity.org/archive/sgs24vonhippel.pdf).

<sup>5</sup> 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 an radioaktivem Abfall aus einem zuvor kompakten Abfallgebilde. Dabei werden große Mengen Radioaktivität in die Umgebung freigesetzt.

<sup>6</sup> Manon Besnard et al., „The World Nuclear Waste Report“, November 2019, siehe [worldnuclearwastereport.org/wpcontent/themes/wnwr\\_theme/content/World Nuclear Waste Report 2019 Focus Europe.pdf](http://worldnuclearwastereport.org/wpcontent/themes/wnwr_theme/content/World_Nuclear_Waste_Report_2019_Focus_Europe.pdf).

Aus dem Erz wird ein Urankonzentrat gewonnen, das in mehreren Umwandlungsschritten zu Brennelementen weiterverarbeitet wird. Bei jedem dieser Schritte wird Abfall erzeugt. So entstehen beim Betrieb eines Kernreaktors jährlich etwa 1.400 Kubikmeter Abfall bei der Umwandlung von Urankonzentrat, 130 Kubikmeter bei der Anreicherung, 230 Kubikmeter bei der Brennelementherstellung und 300 Kubikmeter beim Betrieb des Reaktors. Das ergibt insgesamt über 2.000 Kubikmeter, zusätzlich zu den 25 Tonnen hochradioaktivem abgebranntem Brennstoff und dem Bergbauabfall am Anfang der Versorgungskette.<sup>7</sup> Das Abfallvolumen wird durch Verbrennung oder Verdichtung reduziert, nimmt aber in der Regel durch die Verpackung für den Transport und die Entsorgung wieder zu.

Einige Länder, vor allem Frankreich, betreiben Wiederaufbereitungsanlagen, die zusätzliche Abfallströme verursachen. Außerdem müssen alle diese radioaktiv belasteten Anlagen irgendwann abgerissen werden und lösen dann zusätzliche Abfallströme aus. Von den insgesamt 213 abgeschalteten Kernreaktoren wurden nur 22 technisch stillgelegt. Von diesen wurden nur 10 in den Status „grüne Wiese“ zurückversetzt und daher einer beliebigen Nutzung zugeführt werden kann.

## **Von der Lagerung zur Endlagerung: Ein ungelöstes Problem**

Radionuklide sind instabile Atome. Je nach dem Grad ihrer Instabilität zerfallen sie schneller oder langsamer und emittieren dabei eine gefährliche ionisierende Strahlung. Ionisierende Strahlung kann Krebs und andere schwere Krankheiten verursachen. Langlebiger, hochradioaktiver Atommüll muss dauerhaft und zuverlässig von der Biosphäre abgeschirmt werden, und zwar für mindestens zehntausende Jahre. Der Begriff „Zwischenlagerung“ bezeichnet den Umgang mit nuklearen Altlasten über einen bestimmten Zeitraum, während mit „Endlagerung“ die Einlagerung in einer Anlage ohne Absicht einer Rückholung gemeint ist. Selbst in einem „Endlager“ für hochradioaktive Abfälle – das es als gesellschaftlich und wissenschaftlich anerkannte Einrichtung bislang nirgendwo 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 Zerfall auf die Hälfte sinkt. Erst nach zehn Halbwertszeiten ist ein Radionuklid weitgehend

---

<sup>7</sup> Diese Mengen variieren stark je nach Reaktortyp und Betriebsweise, siehe IAEA, „Estimation of Global Inventories of Radioactive Waste and Other Radioactive Materials“, 2007.

zerfallen. Nach dieser Zeitspanne sind von 1.000 kg immer noch 1 kg (= 0,1 %) des Nuklids vorhanden und es muss weiterhin sicher verwahrt werden.

## **Gesucht: Radiologische Sicherheit für die Ewigkeit**

Im Reaktor eines Atomkraftwerks entsteht im Normalbetrieb ein Cocktail an radioaktiven Isotopen. Einige von ihnen sind kurzlebig, d. h. die Radioaktivität baut sich nach relativ kurzer Zeit ab. Zum Beispiel wandelt sich die Hälfte von Jod-131 innerhalb von 8 Tagen in andere – in der Regel stabilere – Isotope um. Andere Radioisotope brauchen mehrere Jahre, um zu zerfallen. Der schwere Wasserstoff Tritium mit einer Halbwertszeit von 12,3 Jahren zerfällt z. B. in Helium. Andere Radionuklide haben extrem lange Halbwertszeiten: So zerfällt Jod-129 in 17 Millionen Jahren zur Hälfte, Plutonium-239 in 24.000 Jahren. Ein Endlager für hoch radioaktiven Atommüll 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 existiert. Vor 5.000 Jahren bauten die Ägypter ihre Pyramiden. Die radioaktive Hinterlassenschaft unserer Generation sollte mindestens 200 Generationen lang sicher gelagert sein.

Erstellt: 2024