



Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle
in Deutschland



Zwischenlagerung – ein wichtiges Glied in der Kette

Bei der Stromerzeugung aus Kernenergie, bei industriellen Prozessen sowie in Forschung und Medizin fallen radioaktive Abfälle an, die bis zur Einrichtung von Endlagern in sogenannten Zwischenlagern aufbewahrt werden. Bei der Art der Abfälle wird zwischen hochradioaktivem Material mit Wärmeentwicklung – beispielsweise den verbrauchten Brennelementen aus der Kernenergiestromerzeugung – und mittel- oder schwachradioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung unterschieden. Für die hochradioaktiven Abfälle gibt es zentrale Zwischenlager und Zwischenlager an den Standorten der Kernkraftwerke. An diesen Standorten befinden sich auch Abfalllager für die schwach- und mittelaktiven Abfälle. Hinzu kommen für schwach- und mittelaktive Abfälle Zwischenlager von Industrie und Forschungseinrichtungen

sowie die Landessammelstellen, die hauptsächlich Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung annehmen.

Die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen ist in Deutschland ein wichtiges Glied in der Entsorgungskette. Bis zur Abgabe an das Endlager Konrad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, das bis 2027 baulich fertiggestellt sein soll, sowie bis zur Verfügbarkeit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle wird das radioaktive Material in den Zwischenlagern sicher aufbewahrt. Mit den Behälterkonzepten sowie den baulichen Maßnahmen an den jeweiligen Standorten erfüllt Deutschland zum Schutz von Mensch und Umwelt nicht nur internationale Standards, sondern ist in vielen Bereichen Vorreiter in der Sicherheitstechnik.

Art der Abfälle

Die verbrauchten Brennelemente und die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung zählen zu den hochradioaktiven Stoffen. Sie machen einen Anteil von rund 10 Prozent¹ am Abfallvolumen aus, enthalten jedoch mehr als 99 Prozent des gesamten Radioaktivitätsinventars.

Über 90 Prozent¹ des in Deutschland anfallenden Volumens radioaktiver Abfälle sind schwach- und mittelradioaktiv. Rund 60 Prozent dieser Abfälle stammen aus Betrieb und Rückbau von Kernkraftwerken sowie aus der kerntechnischen Industrie. Der übrige Anteil stammt

¹⁾ bezogen auf die bislang in Deutschland entwickelten Endlager- und Behälterkonzepte

Titel

CASTOR®-Behälter
im Zwischenlager Gorleben
Quelle: GNS Gesellschaft
für Nuklear-Service mbH

aus der Forschung, industriellen Prozessen etwa bei Messverfahren, der Sterilisation oder der Härtung von Plastik und Gummi sowie der medizinischen Anwendung von Radionukliden

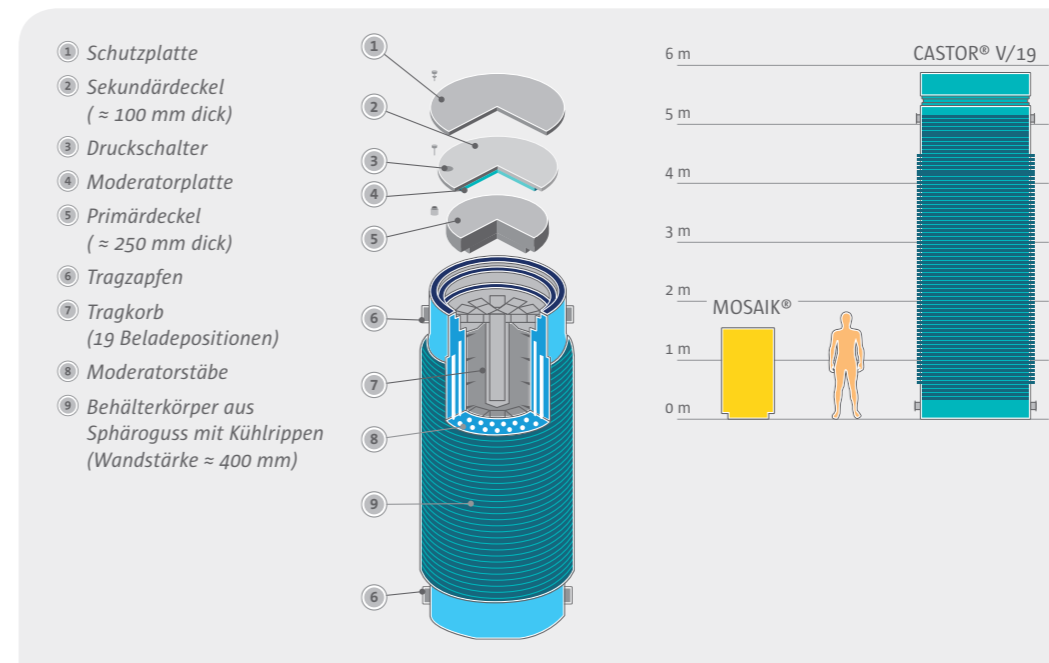
z. B. als Kontrastmittel oder in der Strahlentherapie. Auch die Abfälle aus Betrieb und Stilllegung der Kernkraftwerke der ehemaligen DDR werden hierzu gerechnet.

Aufbewahrung der Abfälle

Für die **verbrauchten Brennelemente** ist die erste Station auf dem Weg der Entsorgung die Lagerung im Brennelementlagerbecken im Reaktorgebäude. Hier werden sie aufbewahrt, bis ihre Radioaktivität und Wärmeproduktion so weit abgeklungen sind, dass sie in Transport- und Lagerbehälter umgeladen werden können. Anschließend werden sie im Zwischenlager an den Standorten gelagert. Die Behälter sorgen dabei für den sicheren Einschluss der radioaktiven Stoffe.

Diese sind so ausgelegt, dass sie selbst extremen Einwirkungen von außen, wie zum Beispiel bei Transportunfällen, Feuer oder einem Flugzeugabsturz, standhalten. Sie erfüllen damit die hohen Anforderungen der weltweit gültigen Gefahrgutkriterien der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA).

Schwach- und mittlerradioaktive Abfälle wie etwa kontaminierte Anlagenteile, Werkzeuge oder Laborgeräte, Schutzkleidung aus Kernkraftwerken, verbrauchte Filter, Strahlenquellen aus der Medizin und anderen technischen Anwendungen oder radioaktive Chemikalien werden bis zu ihrer Abgabe an das Endlager Konrad in den zentralen Zwischenlagern, in Abfalllagern an den Standorten und in Landessammelstellen gelagert. Je nach Aktivität und Volumen geschieht dies in unterschiedlichen Behältern und Containern.



CASTOR®

Die Bezeichnungen für die CASTOR®-Behälter des Typs V und HAW machen die unterschiedliche Art der im Behälter transportierten und gelagerten Abfälle deutlich. So kann der CASTOR® V/19 19 Brennelemente aus Druckwasserreaktoren und der V/52 52 Brennelemente aus Siedewasserreaktoren aufnehmen. Speziell für die hochradioaktiven Wiederaufarbeitungsabfälle (High Active Waste, HAW) wurde der CASTOR® HAW28M entwickelt, der 28 Glasokillen aufnehmen kann.

MOSAIK®

Ein Beispiel für einen Transport- und Lagerbehälter insbesondere für mittlerradioaktive Abfälle. Mit verschiedenen Wandstärken und bei Bedarf einsetzbaren Bleieinsätzen zur Verstärkung der Abschirmung kann der MOSAIK®-Behälter für Abfälle mit unterschiedlichen Anforderungen an die Abschirmung der Strahlung verwendet werden.

Abb. 1 (oben)

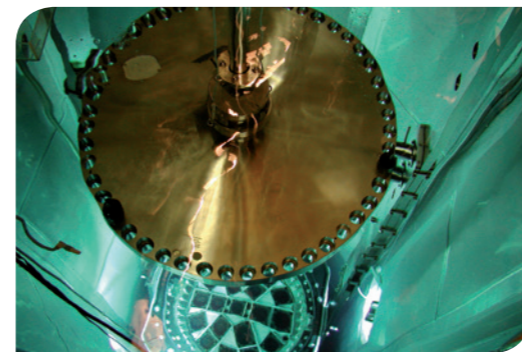
CASTOR® V/19 (links)
 Verschiedene Arten von Lagerbehältern (rechts)

Abb. 2 (unten links)

Unterwasserbeladung eines CASTOR®-Behälters mit verbrauchten Brennelementen

Abb. 3 (unten rechts)

Konrad-Container in einem Lager für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle
 Quelle: GNS



Zuständigkeiten

Grundsätzlich geregelt ist der Umgang mit radioaktivem Material im Atomgesetz (AtG) und im Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) sowie in den zugehörigen Verordnungen. Hierüber sind Grundsätze und Anforderungen für Vorsorge- und Schutzmaßnahmen geregelt, die bei der Nutzung und Einwirkung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung zivilisatorischen und natürlichen Ursprungs Anwendung finden. Die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist gesetzlich geregelt. Bei der Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle müssen die Zwischenlager und die Behälter vom Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) sowie die Einlagerung von der Atomaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes gesondert genehmigt werden.

Im Gesetz über die Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung wurde geregelt, dass die zentralen und dezentralen Zwischenlager sowie die Abfalllager der Kernkraftwerke von der BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH übernommen und geführt werden. Der Bund ist dann für die sichere Lagerung der Abfälle und den Transport in die vorgesehenen Endlager des Bundes zuständig.

Die radioaktiven Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung von Kernkraftwerken werden nach ihrer Konditionierung und fachgerechten Verpackung an die Standortzwischenlager und die Abfalllager abgegeben. Sie gehen künftig damit endgültig in das Eigentum und die Verantwortung des Bundes über.

Finanzierung

Die Finanzierung der Zwischenlagerung erfolgt durch die Verursacher der Abfälle. Im Fall radioaktiver Abfallstoffe aus Kernkraftwerken geschieht dies durch die bundeseigene Stiftung „Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung“, die die Gelder verwaltet und ihre Verwendung kontrolliert. Sie

hat ihre Mittel Anfang Juli 2017 durch eine Einzahlung der Betreiber von Kernkraftwerken in Höhe von 24,1 Milliarden Euro für die Aufgaben der Endlagerung und der Zwischenlagerung erhalten. Die vorhandene Infrastruktur für die Zwischenlagerung dieser Abfälle wurde von den Betreibern der Kernkraftwerke bezahlt und aufgebaut.

Die Finanzierung der Konditionierung und Verpackung radioaktiver Abfälle verbleiben bei den Betreibern, die diese Aufgaben ausführen und sie aus den dafür während des Betriebs gebildeten Rückstellungen finanzieren.

Die Höhe der für Rückbau und Konditionierung benötigten Rückstellungen wird von den Betreibern auf Basis bestehender Verträge sowie externer Expertisen und Gutachten ermittelt, von unabhängigen Wirtschaftsprüfern testiert sowie von den Finanzbehörden geprüft. Die Rückstellungen werden jährlich überprüft und aktualisiert.

Die meisten der übrigen privaten und öffentlichen Institutionen bei denen radioaktive Abfälle entstehen, müssen diese an Landessammelstellen abgeben. Die Abfälle gehen damit in das Eigentum und die Verantwortung der Länder über, die dann für Zwischenlagerung und endlagergerechte Konditionierung sowie den Transport zu Endlagern des Bundes verantwortlich sind. Dafür müssen die Anlieferer der Abfälle Gebühren entrichten, die abschließenden Charakter haben.

Zentrale Zwischenlager

In den drei zentralen Zwischenlagern in Gorleben (Niedersachsen), Ahaus (Nordrhein-Westfalen) und Lubmin (Mecklenburg-Vorpommern) werden unter anderem verbrauchte Brennelemente und hochradioaktiver Abfall zwischengelagert. Am 1. August 2017 hat die bundeseigene BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung die zentralen Zwischenlager in Gorleben und Ahaus übernommen, die zuvor von der GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH betrieben wurden, einem Unternehmen der in Deutschland Kernkraftwerke betreibenden Unternehmen.

Zwischenlager Gorleben

Neben dem weitaus bekannteren Salzstock Gorleben, der von 1979 bis 2000 und von 2010 bis 2012 als Endlager für hochradioaktive Abfälle erkundet wurde, beherbergt die Gemeinde auch ein Zwischenlager zur Aufbewahrung von verbrauchten Brennelementen aus Kernkraftwerken sowie hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung.

Ebenfalls am Standort wird das Abfalllager Gorleben betrieben. Hier werden Abfälle mit

vernachlässigbarer Wärmeentwicklung zwischen- gelagert, die vor allem aus dem Betrieb deutscher Kernkraftwerke stammen.

Zwischenlager Ahaus

Das Zwischenlager Ahaus befindet sich auf dem Gebiet der Stadt Ahaus im westlichen Münsterland. Neben verbrauchten Brennelementen werden in Ahaus auch schwach- und mittelradioaktive Abfälle aufbewahrt.

Dezentrale Zwischenlager

Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle an Kernkraftwerksstandorten

Seit 2005 ist die Abgabe von verbrauchten Brennelementen ins Ausland zur Wiederaufarbeitung untersagt. Gleichzeitig wurden die Kernkraftwerksbetreiber verpflichtet, an den Standorten der Kernkraftwerke Brennelement-Zwischenlager zu errichten. Ihrer Verpflichtung

Zwischenlager Nord bei Lubmin

Das Zwischenlager Nord der staatlichen Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH bei Lubmin in Mecklenburg-Vorpommern diente ursprünglich zur Aufnahme von radioaktiven Abfällen aller Art aus den stillgelegten Kernkraftwerken der DDR. Heute werden direkt am Gelände des ehemaligen Kernkraftwerks Greifswald Brennelemente aus Kernkraftwerken der DDR und Forschungseinrichtungen, sowie dem Forschungsschiff „Otto Hahn“ und verglaste Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe gelagert. Zudem dient das Zwischenlager Nord als Notfall-lager. Würden beispielsweise bei Grenzkontrollen nicht genehmigte Kernbrennstoffe gefunden, würden sie zur Zwischenlagerung nach Lubmin kommen.

kamen die Betreiber nach umfangreichen Genehmigungsverfahren nach. Die Standort-zwischenlager für abgebrannte Brennelemente wurden am 1. Januar 2019 an die BGZ übergeben.

In Zusammenhang mit dem Beschluss des Standortauswahlgesetzes (StandAG) 2013 dürfen keine Wiederaufarbeitungsabfälle mehr im zentralen Zwischenlager Gorleben angeliefert werden.



Abb. 4 Standorte in Deutschland

- Kernkraftwerk
- Forschungsreaktor
- Kernbrennstoffversorgung
- Wiederaufarbeitungsanlage
- Zwischenlager
- Konditionierung
- Endlager
- Landessammelstelle
- In Betrieb
- Abgeschaltet/Stilllegung
- Rückbau
- «Grüne Wiese»
- Errichtung
- Bergwerk in Erkundung (seit 2013 eingestellt)

¹⁾ Pilot-Konditionierungsanlage
²⁾ Fertigstellung 2027
³⁾ AVR-Behälterlager

Stand: April 2018

Quellen: BfS; eigene Angaben

Diese Abfälle müssen stattdessen in Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten verbracht werden. Die mittlerradioaktiven Abfälle aus der französischen Wiederaufarbeitungsanlage La Hague sollen am Standort Philippsburg (Baden-Württemberg) gelagert werden, die 20 Behälter mit hochradioaktiven Abfällen aus der britischen Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield werden auf die Zwischenlager an den Standorten Biblis (Hessen), Brokdorf (Schleswig-Holstein) und Isar (Bayern) aufgeteilt.

Abfalllager für schwach- und mittelaktive Abfälle

Zusätzlich zu den Brennelement-Zwischenlagern gibt es an den Standorten auch Abfalllager für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle, die für betriebliche Abfälle sowie die geplanten oder bereits laufenden Rückbauprojekte vorgesehen sind. Für die Abwicklung des Rückbaus der Kernkraftwerke auch ohne Verfügbarkeit des Endlagers

Sicherheit

Der Schutz von Mensch und Umwelt ist für die Betreiber kerntechnischer Anlagen und die Aufsichtsbehörden oberstes Gebot. Das Konzept der Zwischenlagerung sieht deshalb vor, den

Konrad, das nach aktuellem Stand bis 2027 fertiggestellt sein soll und dessen Fertigstellung ursprünglich für 2013 geplant war, werden an einigen Standorten Erweiterungen oder Neubauten von Abfalllagern errichtet. Die Abfalllager werden am 1. Januar 2020 an die BGZ übergeben.

Weitere Zwischenlager und Landessammelstellen

Neben den Zwischenlagern der kerntechnischen Industrie betreiben auch Forschungseinrichtungen Zwischenlager für radioaktive Stoffe aus der Forschung. Die Bundesländer sind verpflichtet, für die in ihrem Gebiet anfallenden schwach- und mittlerradioaktiven Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie Sammelstellen einzurichten. Dies erfolgt entweder durch die einzelnen Länder selbst, im Verbund oder von privaten Unternehmen im Auftrag des jeweiligen Landes. Die Bundesländer bleiben aber in jedem Fall uneingeschränkt rechtlich verantwortlich.

sicheren Einschluss und die Rückhaltung der radioaktiven Stoffe sowie die erforderliche Abschirmung der ionisierenden Strahlung jederzeit zu gewährleisten. Im Fall der Zwischenlagerung

von abgebrannten Brennelementen und hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung sind dabei die Transport- und Lagerbehälter der zentrale Baustein.

Darüber hinaus gewährleisten die Auslegung der Lagergebäude und deren technische Einrichtungen Sicherheit bei der Zwischenlagerung. Ergänzt wird das Sicherheitskonzept um administrative Vorkehrungen. Die Zwischenlagerung wird vorschriftsmäßig und ständig von den Betreibern überwacht und von den

Aufsichtsbehörden kontrolliert – die Sicherheit ist somit jederzeit gewährleistet. Im Fall der Zwischenlager für Kernbrennstoffe ist sicherzustellen, dass gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik Vorsorge gegen Schäden durch den Betrieb der Anlage getroffen sowie der erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) z. B. durch Terrorismus gewährleistet sind. Entsprechend finden an den Zwischenlagern so genannte SEWD-Maßnahmen zur Härtung der Anlagen statt oder werden vorbereitet.

Auch im Fall von auslegungsüberschreitenden Ereignissen greift das Schutzkonzept:

Im Rahmen eines Stresstests für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland kam die vom Bundesumweltministerium eingesetzte Enstorgungskommission (ESK) in ihrer Stellungnahme vom 14. März 2013 zu diesem Fazit:

„...Die Zwischenlagerung der bestrahlten Brennelemente und Wärme entwickelnden Abfälle erfolgt auf Basis eines robusten Schutzkonzeptes, bei dem die Einhaltung der grundlegenden Schutzziele während der Lagerung im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen primär durch die dickwandigen

metallischen Behälter sichergestellt wird. Die Auslegung der Behälter stellt weiterhin sicher, dass auch bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen keine einschneidenden Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich werden.

Die auf Basis der vorgelegten Unterlagen durchgeführten Untersuchungen und Bewertungen der ESK haben gezeigt, dass die Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde Abfälle in fast allen Lastfällen das höchste Stresslevel erfüllen bzw. den höchsten Schutzgrad erreichen...“

Transporte von hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung

Bis zum Jahr 2005 wurden Brennelemente nach der Lagerung im Brennelementlagerbecken (ca. 5 Jahre) in Transportbehältern zur Wiederaufarbeitung nach Frankreich und ins Vereinigte Königreich transportiert. Die Rücknahme der bei der Aufarbeitung anfallenden hochradioaktiven Abfälle, zu der sich die Bundesrepublik vertraglich verpflichtet hat, ist fast vollständig abgeschlossen. Es wird in den kommenden Jahren nur noch wenige Rücktransporte aus dem Ausland nach Deutschland geben. Die Sicherheit von Mensch und Umwelt ist bei den Transporten gemäß den Bestimmungen der Behälter- und Transportgenehmigungen gewährleistet. Diese Bestimmungen entsprechen internationalen Standards und werden regelmäßig weiter entwickelt.

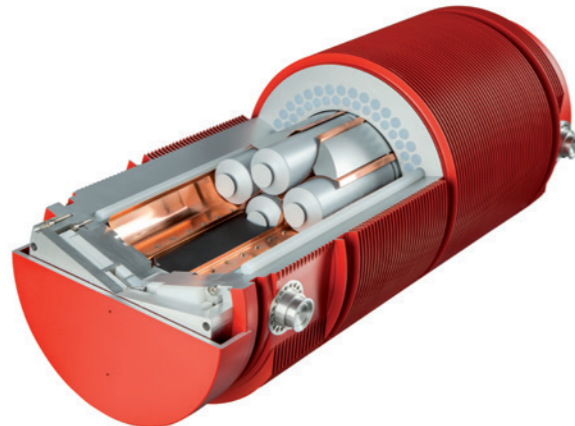


Abb. 5 (links)

Schnittbild CASTOR® HAW28M für Transport und Lagerung hochradioaktiver Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung

Quelle: GNS

Abb. 6 (rechts)

Eine HAW-Kokille wird automatisch verschweißt

Quelle: Orano S.A.

Hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sind bei Transport und Lagerung nicht nur durch die Behälter geschützt. Glaskokillen, in denen die Abfälle eingeschmolzen sind, schließen die radioaktiven Stoffe sicher ein. Dabei werden die hochradioaktiven Stoffe mit Spezialglasgranulat zu einer homogenen Masse verschmolzen und dann in Edelstahlbehälter gefüllt, die danach verschweißt werden.



Strahlenexposition

Für alle kerntechnischen Anlagen gilt: Die zusätzliche effektive Strahlendosis für die Bevölkerung darf mit den ungünstigsten Annahmen den in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Grenzwert von 1 Millisievert (1 mSv = ein Tausendstel Sievert) im Kalenderjahr nicht überschreiten. Das entspricht weniger als der Hälfte der durchschnittlichen natürlichen Strahlungsexposition in Deutschland.

Die Strahlungseinwirkung auf einen Menschen aus allen Strahlenquellen beträgt in Deutschland durchschnittlich knapp 4 Millisievert

pro Jahr (siehe Abb. 7). Dabei wird zwischen der natürlichen und der zivilisatorischen Strahlenexposition unterschieden. Zur natürlichen Strahlung zählen die kosmische Strahlung, also die energiereiche Strahlung aus dem Weltall, sowie die terrestrische Strahlung, also die Strahlung, welche beim Zerfall natürlicher radioaktiver Stoffe in der Erdkruste frei wird. Ferner nimmt der Mensch radioaktive Stoffe, insbesondere das Isotop Kalium-40 sowie Isotope der Zerfallsreihen von Uran und Thorium, die natürlich vorkommen, mit der Nahrung und dem Trinkwasser auf.

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in Deutschland

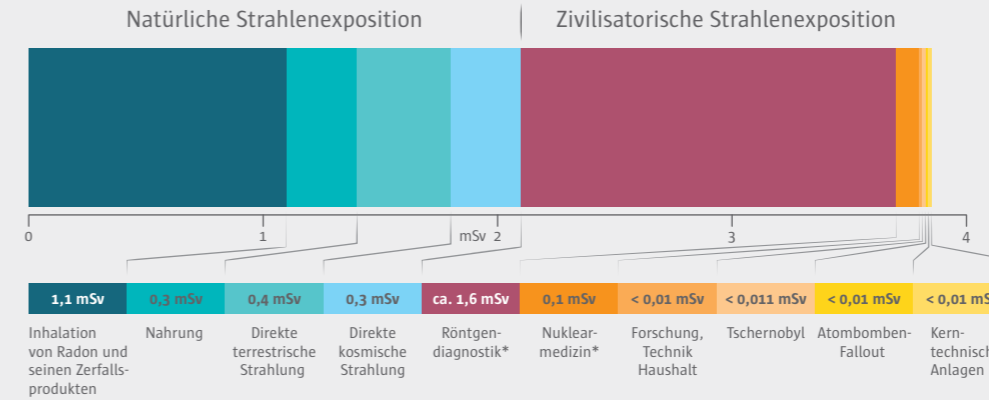


Abb. 7

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in mSv im Jahr 2016, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands und aufgeschlüsselt nach Strahlungsursprung

* Daten für das Jahr 2014

Quelle: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2016: Unterrichtung durch die Bundesregierung; BfS, BMU

Veränderungen der Umwelt durch technische Entwicklungen führen zu einer Erhöhung der natürlichen Strahlenexposition. Insbesondere Radon in Gebäuden und natürliche radioaktive Stoffe aus Bergbau- und Verarbeitungsprozessen können dazu beitragen. Die effektive Dosis der natürlichen Strahlung beträgt in Deutschland durchschnittlich rund 2,1 Millisievert im Jahr.

Auf den Menschen wirkt auch radioaktive Strahlung aus medizinischer und technischer

Anwendung. Allein aus der Röntgendiagnostik beträgt die durchschnittliche effektive Dosis rund 1,6 Millisievert im Jahr.

Die Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Betrieb von Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen in Deutschland macht im Vergleich einen deutlich geringeren Anteil aus: weniger als 0,01 Millisievert im Jahr, also weniger als 1 % des vom Gesetzgeber festgelegten Grenzwertes.

Quellen und weiterführende Informationen:

- BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH
| www.bgz.de
- Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE)
| www.bfe.bund.de
- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
| www.bfs.de
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorsicherheit (BMUB)
| www.bmub.bund.de
- DATF
| www.kernenergie.de
| www.kernfragen.de
- Entsorgungskommission (ESK)
| www.entsorgungskommission.de
- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)
| www.grs.de
- GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH
| www.gns.de



DAAtF | Kernenergie
im Dialog

Herausgeber:

DAAtF

Deutsches Atomforum e.V.

Robert-Koch-Platz 4

10115 Berlin

info@

www. kernenergie.de

Januar 2019

Alle Rechte vorbehalten.

