

Emissionen aus Kernkraftwerken und Strahlenbelastung



Deutsches
Atomforum e. V.

Zusammenfassung

Beim Betrieb von Kernkraftwerken entstehen radioaktive Stoffe. Emissionen mit geringen Mengen radioaktiver Stoffe erfolgen über den Fortluftkamin und das Abwasser gemäß den Bestimmungen der jeweiligen Genehmigung. Die Ableitung wird lückenlos überwacht und von Behörde und Gutachter kontrolliert. Zusätzlich wird die Umgebung der Kernkraftwerke kontinuierlich auf radioaktive Stoffe überwacht.

Die Strahlenbelastung für einzelne Personen durch Ableitungen aus Kernkraftwerken ist so gering, dass sie trotz des Einsatzes bester Messtechnik nicht gemessen werden kann. Daher wird sie rechnerisch unter Annahmen ermittelt, die eine Unterschätzung der tatsächlichen Belastung ausschließen. Die berechnete Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Kernkraftwerke liegt unterhalb von 0,01 mSv pro Jahr. Das ist weniger als 1 % der natürlichen Strahlenbelastung, der jeder Mensch unausweichlich durch Nahrungsaufnahme, Atmen und die äußere Bestrahlung aus natürlichen Strahlenquellen ausgesetzt ist.

Die im Dezember 2007 von Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) veröffentlichte epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie) hat in der Öffentlichkeit erneut die Frage aufgeworfen, ob und inwieweit die radioaktiven Emissionen aus Kernkraftwerken Krebserkrankungen bei Kindern verursachen.

Die Autoren schließen sowohl in der Studie als auch in ihren Stellungnahmen seit der Veröffentlichung einen kausalen Zusammenhang aus, da die Emissionen und daraus folgende Strahlenbelastungen „um mindestens das 1.000-fache höher sein“ [BMU 16/7900] müssten, um die beobachteten Auffälligkeiten erklären zu können.

Die vorliegende Broschüre gibt Informationen zur Emission aus Kernkraftwerken, zu den damit verbundenen maximal denkbaren Strahlenbelastungen und zu ihrer Bewertung in Bezug auf gesundheitliche Folgen für den Menschen.

Wir sind täglich von radioaktiver Strahlung umgeben. Der ganz überwiegende Teil dieser Strahlung geht auf natürliche Strahlenquellen oder medizinische Anwendungen zurück (siehe Abb. 1). Ein kleiner Teil der Strahlenbelastung hat seinen Ursprung in den Emissionen, die von den Kernkraftwerken ausgehen und die von den Betreibern intensiv überwacht und von den Aufsichtsbehörden streng kontrolliert werden.

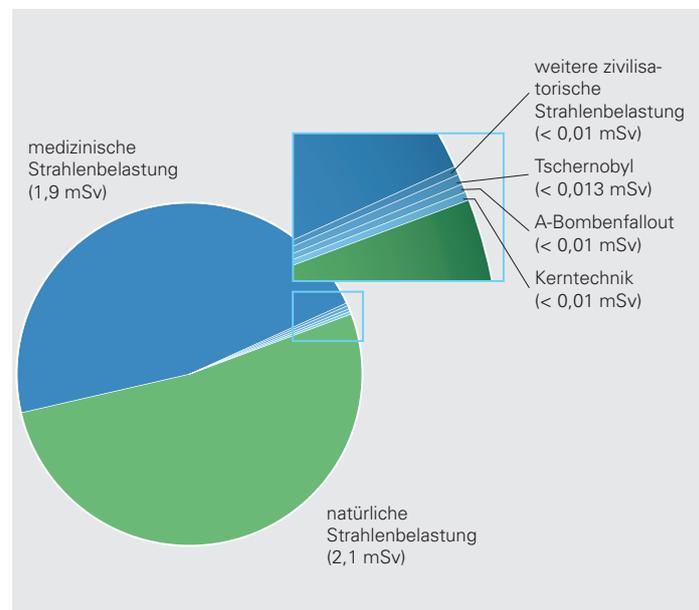


Abb. 1: Durchschnittliche Strahlenbelastung im Jahr 2006, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands (Daten aus BMU-Bericht 2006 [BMU PJB 2006])

Emissionen aus Kernkraftwerken

Welche radioaktiven Stoffe finden sich in Kernkraftwerken?

Beim Betrieb von Kernkraftwerken entsteht aufgrund der Kernspaltung im Reaktor eine Vielzahl von Radionukliden (radioaktiven Stoffen). Der weitaus größte Anteil dieser Radioaktivität wird im Brennstoff selbst und in den Brennelementhüllrohren sicher zurückgehalten. Ein geringer Anteil an Radioaktivität befindet sich auch im Reaktorkühlmittel.

Wie wird die Radioaktivität in Kernkraftwerken zurückgehalten?

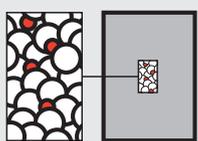
Die Rückhaltung radioaktiver Stoffe in jedem Betriebszustand ist ein wesentliches Ziel beim Betrieb von Kernkraftwerken. Zu diesem Zweck ist das Barrierenkonzept entwickelt worden. Danach ist der ganz überwiegende Teil der radioaktiven Stoffe in die sogenannte Brennstoffmatrix (das Kristallgitter, die feste Struktur des Kernbrennstoffs) eingeschlossen. Der Brennstoff

ist von den Brennstabhüllrohren umschlossen, die wiederum zusammen mit dem Kühlmittel in den Reaktordruckbehälter und die druckführende Umschließung eingeschlossen sind. Als äußere Barrieren dienen schließlich der stählerne Sicherheitsbehälter und die Stahlbetonhülle.

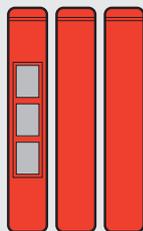
Zusätzlich zu diesen konstruktiven Elementen wird mit Hilfe einer gestaffelten Druckhaltung dafür gesorgt, dass die Luft in den Kontrollbereich, in dem mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, hineingesogen wird, sodass es nicht zu unkontrollierten Aktivitätsausbreitungen kommen kann.

Messgeräte zur Aktivitätsmessung kontrollieren kontinuierlich sowohl die Raumluft als auch alle Fortluft- und Abwasserpfade. So ist gewährleistet, dass jeder Anstieg der Aktivitätskonzentration in der Luft oder dem Abwasser sofort bemerkt wird.

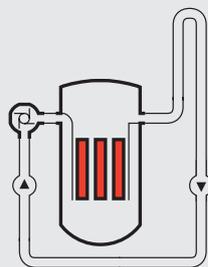
Technisch lässt es sich nicht völlig vermeiden, dass z. B. bei Wartungs- oder Reparaturarbeiten ein geringer Anteil an radioaktiven Stoffen in die Luft und das Abwasser des Kraftwerks gelangen.



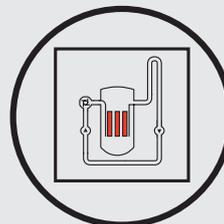
Kristallgitter des Uranoxids



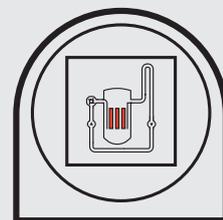
Brennstabhüllrohre aus Metall



Reaktordruckbehälter mit Kühlkreislauf

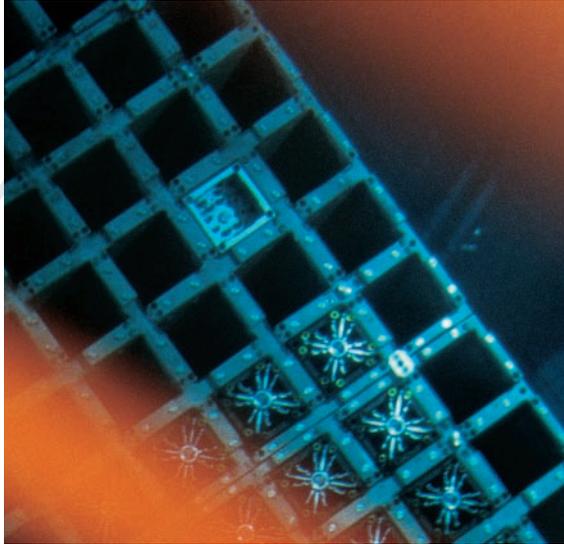


Sicherheitsbehälter aus Stahl



Stahlbetonhülle

Abb. 2: Barrieren zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe



Welche radioaktiven Stoffe werden abgegeben und wie?

Die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Fortluft erfolgt gezielt über den Fortluftkamin. Dabei handelt es sich vor allem um radioaktive Edelgase, Tritium, Kohlenstoff-14 sowie radioaktives Jod und kleinste Mengen von anderen radioaktiven Stoffen, die an Staub gebunden sind.

Das radioaktive Abwasser wird weitgehend gereinigt und kontrolliert mit dem Kühlwasser in den Fluss abgeleitet. Nach der Reinigung enthält dieses Abwasser noch Tritium und geringfügige Mengen an radioaktivem Jod und anderen radioaktiven Stoffen.

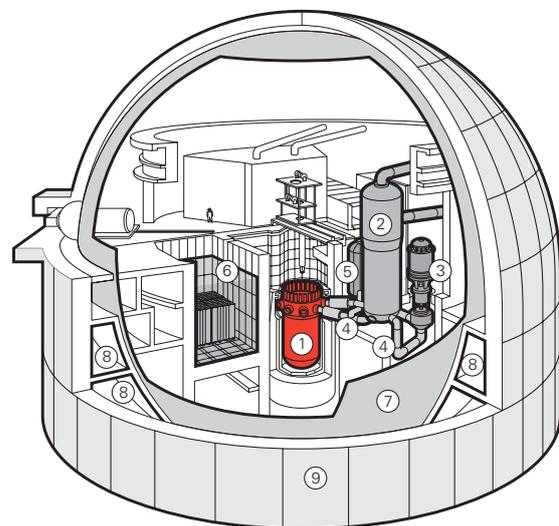
Für beide Wege der Ableitung radioaktiver Stoffe besitzt jedes Kernkraftwerk eine Genehmigung, in der die maximal zulässige Menge festgelegt ist. Diese maximal zulässigen Ableitungen sind bei Erteilung der Genehmigung so festgesetzt worden, dass die in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) für den Normalbetrieb angegebenen Grenzwerte sicher unterschritten werden.

Da unterschiedliche radioaktive Stoffe unterschiedliche Strahlenwirkungen auf den Menschen haben, werden für die genehmigten Ableitungen mit der Fortluft und mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken üblicherweise folgende Nuklidgruppen unterschieden: Edelgase, Tritium, Kohlenstoff-14, Jod, Aerosole.

Getrennt nach diesen (oder einigen dieser Gruppen, je nach Kernkraftwerk) werden Höchstwerte für das Gesamtjahr, für das halbe Jahr und für einen Tag angegeben.

Wie steht es mit der Direktstrahlung aus Kernkraftwerken?

Durch den Reaktorbetrieb und die dadurch bedingten Kernreaktionen werden auch Gamma- und Neutronenstrahlung freigesetzt. Diese Direktstrahlung kann Materie durchdringen, sie wird aber beim Durchgang durch Materie geschwächt. Eine nahezu vollständige Abschirmung der Gamma- und Neutronenstrahlung geschieht durch die ungefähr 25 cm starke Stahlwand des Reaktordruckbehälters und einen ca. 2 m dicken Schild aus Stahlbeton, der den Reaktordruckbehälter umgibt. Die Direktstrahlung ist dann auf den 1 Billionstel Teil (1/1.000.000.000.000) reduziert. Der Sicherheitsbehälter und das umgebende Gebäude bilden weitere Abschirmungen, sodass außerhalb des Kernkraftwerks diese Direktstrahlung nur noch extrem gering ist.



- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1 Reaktordruckbehälter | 6 Brennelementlagerbecken |
| 2 Dampferzeuger | 7 Sicherheitsbehälter |
| 3 Umwälzpumpe | 8 Ringraum |
| 4 Kühlmittelleitungen | 9 Äußere Stahlbetonhülle |
| 5 Druckhalter | |

Abb. 3: Druckwasserreaktor



Neben dem Brennstoff im Reaktordruckbehälter gibt es in einem Kernkraftwerk aber noch weitere Quellen für Direktstrahlung, die abgeschirmt werden müssen. Solche sind beispielsweise radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente.

Aufgrund der sehr guten Abschirmung aller Quellen für Direktstrahlung ist am Zaun des Kernkraftwerks die Strahlenbelastung so gering, dass für einen Menschen, der sich dort das ganze Jahr aufhalten würde, der Grenzwert der Strahlenschutzverordnung deutlich unterschritten wird (Emissionen radioaktiver Stoffe aus Fortluft und Abwasser mitberücksichtigt).

Bei den meisten Kernkraftwerken ist die Direktstrahlung außerhalb des Kraftwerksgeländes so gering, dass sie gar nicht messbar ist.

Welche gesetzlichen Bestimmungen regeln die Abgabe von Radioaktivität aus Kernkraftwerken?

Wesentliches Kriterium für die genehmigte Ableitung von radioaktiven Stoffen aus Kernkraftwerken ist die maximale Strahlenbelastung, die aus diesen Ableitungen unter ungünstigen („konservativen“) Randbedingungen resultieren könnte.

Die hier maßgeblichen Dosisgrenzwerte sind in der Strahlenschutzverordnung festgelegt. Diese Grenzwerte wurden vom Gesetzgeber auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse so gewählt, dass eine Gefährdung der Gesundheit auch im ungünstigen Fall sicher ausgeschlossen ist.

Wie wird die Abgabe radioaktiver Stoffe überwacht?

Die notwendige Überwachung der Ableitungen mit der Fortluft und mit dem Abwasser ist in der Strahlenschutzverordnung geregelt und in der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) sowie den Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) konkretisiert. Die radioaktiven Emissionen über die Fortluft und das Abwasser werden nach diesen Vorgaben kontinuierlich überwacht und quantitativ gemessen.

Alle für die Überwachung notwendigen Systeme und Komponenten werden regelmäßig nach einem festgelegten und von der Aufsichtsbehörde genehmigten Plan unter Beteiligung des Gutachters der Behörde geprüft.

Die Ergebnisse der Emissionsüberwachung werden dokumentiert und regelmäßig an die zuständigen Aufsichtsbehörden gemeldet.

Darüber hinaus werden die Emissionen der deutschen Kernkraftwerke zusätzlich kontinuierlich durch das sogenannte Kernreaktor-Fernüberwachungssystem (KFÜ) der zuständigen Landesbehörden kontrolliert. Die damit ermittelten Messwerte der radioaktiven Emissionen werden online an die zuständige Aufsichtsbehörde übermittelt.

Unabhängig von dieser direkten Emissionsüberwachung findet eine indirekte Prüfung im Rahmen einer umfangreichen Umgebungsüberwachung statt. Hierbei werden sämtliche Umweltmedien (Luft, Niederschlag, Boden, Pflanzen/Bewuchs, Gewässer, Grundwasser, Futtermittel, Nahrungsmittel, Ernährungsketten im Wasser, Trinkwasser) regelmäßig auf Radioaktivität untersucht. Die Nachweisgrenzen für die einzelnen Messungen sind hierbei so angesetzt, dass Immissionen im Bereich der zulässigen Dosisgrenzwerte nach Strahlenschutzverordnung erkannt werden.

Gemäß einer Kontrollrichtlinie des Bundesumweltministeriums führt außerdem das Bundesamt für Strahlenschutz an den aus der Fortluft und dem Abwasser entnommenen Proben Kontrollmessungen durch. In regelmäßigen Abständen werden zur Kontrolle der eingesetzten Messgeräte durch das Bundesamt auch Vergleichsmessungen direkt innerhalb des Kraftwerks vorgenommen. Die Ergebnisse der Kontrollmessungen werden den Aufsichtsbehörden vorgelegt.

Wie hoch sind die tatsächlichen Ableitungen aus Kernkraftwerken?

Die tatsächlichen Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser liegen in der Regel sehr deutlich unter den genehmigten Werten. Typisch sind Ableitungen im Bereich von einigen Prozent der genehmigten Werte.

Die gemessenen Ableitungen werden jährlich über die atomrechtlichen Aufsichtsbehörden an das Bundesamt für Strahlenschutz gemeldet, das diese in seinem Parlamentsbericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2006“ veröffentlicht [BMU PJB 2006]. Der Bericht ist über die Internetseite des Bundesamtes für Strahlenschutz einzusehen und steht dort auch zum Download bereit (über den Link: www.bfs.de/de/bfs/druck/uus/pb_archiv.html).

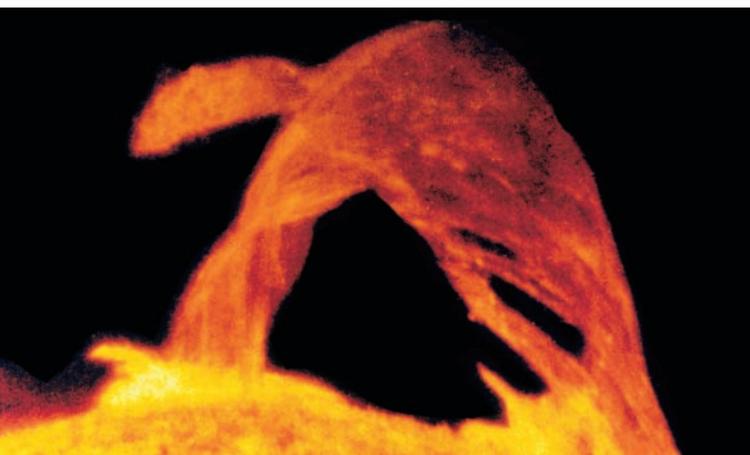


Die Höhe der radioaktiven Emission wird vom Betreiber des Kernkraftwerks und von der Kontrollbehörde erfasst und überprüft. Unabhängig davon wird zusätzlich die Umgebung der Kernkraftwerke auf radioaktive Stoffe überwacht.

Strahlung und Gesundheit

Was sind die Maßeinheiten für die Strahlenbelastung des Menschen?

Die Strahlenbelastung des Menschen wird in der Maßeinheit Sievert (Sv) angegeben. Da die im Alltagsleben auftretenden Dosiswerte sehr klein sind, bedient man sich üblicherweise der kleineren Einheiten Millisievert (mSv), $1 \text{ mSv} = 0,001 \text{ Sv}$, und Mikrosievert (μSv), $1 \mu\text{Sv} = 0,000001 \text{ Sv}$.



Wie hoch ist die natürliche Strahlenbelastung?

Die natürliche Strahlenbelastung setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Zur äußeren Strahlenbelastung trägt neben der kosmischen Strahlung die Gammastrahlung bei, die von den in Böden, Gesteinen und Baumaterialien vorkommenden Radionukliden ausgeht. Eine innere Strahlenbelastung resultiert aus der Aufnahme natürlicher Radionuklide aus Nahrung oder Atemluft.

Nach Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz beträgt die mittlere effektive Dosis aus natürlicher Strahlenbelastung ca. 2,1 mSv pro Jahr (siehe auch Abb. 1).

Daran hat die kosmische Strahlung einen Anteil von im Mittel jährlich ca. 0,3 mSv. Dieser Anteil erhöht sich durch häufiges Fliegen deutlich. So liegt die Dosis für einen Langstreckenflug (z. B. Frankfurt – San Francisco) bei 0,05 bis 0,1 mSv je nach Aktivität der Sonne zum Zeitpunkt des Fluges (vgl. [BfS StrlTh 2003]).

Die äußere Strahlenbelastung durch terrestrische Radionuklide (im Mittel ca. 0,4 mSv pro Jahr) variiert in Deutschland stark. Je nach der Art der Böden, Gesteine und Baumaterialien kann sie Werte von 0,1 mSv bis einige mSv annehmen.

Einen weiteren wesentlichen Beitrag zur natürlichen Strahlenbelastung stellt die Inhalation von Radon dar. Im Mittel beträgt die jährliche Strahlenbelastung durch Radon ca. 1,1 mSv. Auch sie ist starken regionalen Schwankungen ausgesetzt.

Insgesamt liegt die natürliche Strahlenbelastung nach Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz in Deutschland typischerweise zwischen 1 mSv und 6 mSv pro Jahr und kann vereinzelt auch höher sein ([BMU JB 2006], siehe auch den aktuellen Bericht „Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland 2004 und 2005“ [BMU UR 2007]).

Welche anderen Strahlenbelastungen gibt es?

Neben der natürlichen und der Strahlenbelastung in der Umgebung von Kernkraftwerken treten weitere, zivilisatorisch bedingte Strahlenbelastungen auf. Da ist beispielsweise die Verwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Forschung, Technik und Haushalt zu nennen. Eine besondere Rolle spielt aber vor allem die medizinische Strahlenbelastung aus Röntgendiagnostik, nuklearmedizinischer Diagnostik und Strahlentherapie.

Laut Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz liegt die Strahlenbelastung für eine Röntgenuntersuchung je nach Art der Aufnahme im Bereich von 0,01 mSv bis zu ca. 1 mSv, für eine Computertomographie im Bereich von ca. 10 mSv.

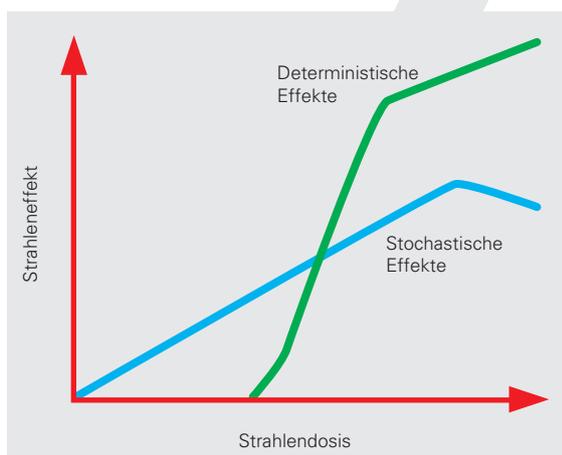


Abb. 4: Dosis-Wirkungsbeziehungen

Wie wirkt sich radioaktive Strahlung auf die menschliche Gesundheit aus?

Im Bereich der Dosiswerte, die für den Normalbetrieb von Kernkraftwerken denkbar sind, können allenfalls sogenannte „stochastische“ Strahlenwirkungen auftreten. Bei den stochastischen Effekten, wird davon ausgegangen, dass es keine Schwellendosis für Krankheitsbilder gibt und dass die Wahrscheinlichkeit des Eintretens mit steigender Strahlendosis zunimmt. Auch bei kleinen Strahlendosen können nach dieser Vorstellung noch Wirkungen auftreten, wenn auch mit geringerer Wahrscheinlichkeit als bei höheren Dosen (siehe Abb. 4). Für den Strahlenschutz sind die stochastischen Strahlenwirkungen Krebs, Leukämie und genetische Schäden von Bedeutung. Ihr Auftreten unterliegt dem Zufall. Als „Risiko“ wird im Strahlenschutz die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer stochastischen Strahlenwirkung bei Einzelpersonen bezeichnet. Der Zusammenhang zwischen Wahrscheinlichkeit der Krebsentstehung und Dosis wird als linear angesetzt. Dieser lineare Zusammenhang ist anhand umfangreicher wissenschaftlicher Untersuchungen (z. B. an den Überlebenden der Atombombenabwürfe in Japan und jahrzehntelanger Erfahrung im Bereich der Strahlenmedizin) im Bereich von Strahlendosen oberhalb einiger 10 mSv gut gesichert.

Die Wirkung von Strahlung auf den Organismus ist so umfangreich untersucht wie keine andere gesundheits-schädliche Einflussgröße oder Substanz. Trotz intensivster Forschung konnten Strahlenwirkungen auf den Menschen unterhalb einer Dosis von einigen 10 mSv bisher nicht nachgewiesen werden.



Strahlenbelastung aus Kernkraftwerken

Wie wird die Strahlenbelastung aus Kernkraftwerken bestimmt?

Die tatsächlichen Immissionen auch an den ungünstigsten, d.h. am stärksten belasteten Stellen in der Umgebung eines Kernkraftwerks liegen unter den Messgrenzen. Um dennoch die Strahlenbelastung ermitteln zu können, bedient man sich theoretischer Berechnungsmodelle. Für die Umgebung kerntechnischer Anlagen ist vor allem die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV: Ermittlung der Strahlenbelastung durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen“ (AVV) von Bedeutung. Zur Berechnung werden die gemessenen Aktivitätsableitungen aus dem Kernkraftwerk sowie Aufzeichnungen von Wetterdaten am Standort herangezogen, um mit Hilfe konservativer Ausbreitungsmodelle und konservativer Annahmen zu Lebens- und Ernährungsgewohnheiten maximale potenzielle Werte der Strahlenbelastung zu berechnen.

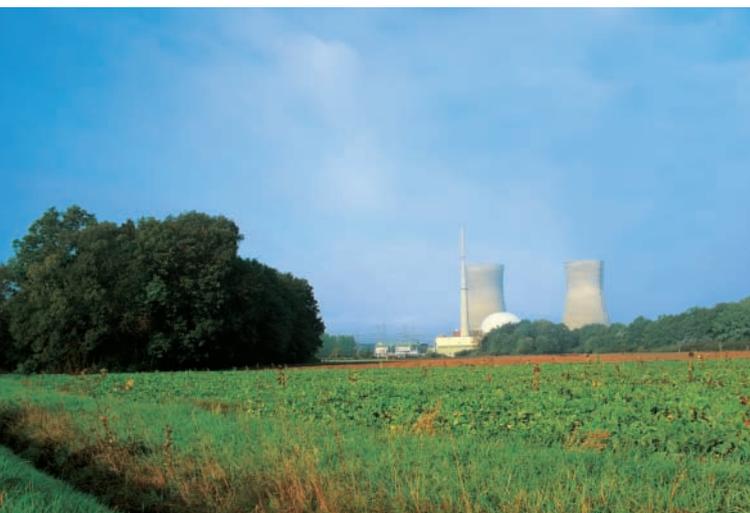
Das Berechnungsmodell der AVV ist in seinen Annahmen so konzipiert, dass selbst für Personen mit ungewöhnlichen Lebensgewohnheiten „abdeckende“, d. h. hinreichend große Dosiswerte berechnet werden.

Eine vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit beauftragte Untersuchung zeigt, dass unter Anwendung der AVV die Strahlenbelastung im Mittel um den Faktor 10 bis 20 überschätzt wird [BMU-2004-646]. Grund ist zum Beispiel die Annahme unrealistisch langer Aufenthaltszeiten in der Nähe des Kraftwerkszauns und unrealistischer Ernährungsgewohnheiten.

Wie hoch ist der Beitrag der Kernkraftwerke zur Strahlenbelastung?

Jährlich werden vom Bundesamt für Strahlenschutz die gemessenen Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser veröffentlicht. Auf dieser Basis werden mit dem oben beschriebenen Rechenmodell maximale potenzielle Strahlenbelastungen für Personen aus der Bevölkerung berechnet und im Jahresbericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des Bundesumweltministers veröffentlicht.

Die so berechneten jährlichen Dosiswerte durch Ableitungen aus dem Kernkraftwerk liegen bei 0,001 mSv bis 0,01 mSv. Im Jahresbericht für das Jahr 2006 wird als maximale effektive Dosis ein Wert von 0,008 mSv (berechnet für Kleinkinder) ausgewiesen. Das ist weniger als 3 % des zugehörigen Dosisgrenzwertes nach Strahlenschutzverordnung.



Die Strahlenbelastung durch Kernkraftwerke im Vergleich zu anderen Strahlenbelastungen:

- Die berechnete maximale Strahlenbelastung durch die Ableitungen aus Kernkraftwerken ist kleiner als 1 % der natürlichen Strahlenbelastung [BMWU 14/2130].
- Ein einziger Atlantikflug verursacht zehnmals soviel Dosis wie ein Kernkraftwerk im ungünstigsten Fall in einem Jahr.
- Eine computertomographische Untersuchung verursacht mehr Dosis, als 1.000 Jahre neben dem Kernkraftwerk zu wohnen.

Referenzen

[BMU 16/7900]

Deutscher Bundestag 16. Wahlperiode, Drucksache 16/7900, 25.01.2008, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, Drucksache 16/7627, „Erhöhte Krebsgefahr für Kinder im Umfeld von Atomkraftwerken“

[BMU JB 2006]

BMU, „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2006“, November 2007

[BMU PJB 2006]

BMU Parlamentsbericht, „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2006“, November 2007

[BMU-2004-646]

BMU, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, „Abschätzung der Konservativität der Annahmen in der AVV zur Berechnung der Strahlenbelastung über den Ingestionspfad“, 2004

[BMU UR 2007]

BMU, „Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland 2004 und 2005 – Daten und Bewertung“, 2007

[BfS StrITh 2003]

BfS, StrahlenThemen, „Höhenstrahlung beim Fliegen“, März 2003

[BWMU 14/2130]

Landtag von Baden-Württemberg, 14. Wahlperiode, Drucksache 14/2130, 12.12.2007, Antrag der Fraktion GRÜNE und Stellungnahme des Umweltministeriums „Neue Erkenntnisse über das Krebsrisiko für Kinder in der Umgebung von Kernkraftwerksstandorten“



Deutsches
Atomforum e. V.

Mai 2008

Herausgeber:
Deutsches Atomforum e. V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin
info@kernenergie.de

www.kernenergie.de

Alle Rechte vorbehalten.

Fotos: mauritius images, Getty Images, E.ON Kernkraft GmbH