Deutscher Bundestag

Drucksache 19/18500

19. Wahlperiode 08.04.2020

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2017

Inhaltsverzeichnis

	Seite
suordnung des Strahlenschutzrechts 5 edizin und beruflicher Strahlenschutz 5 don und natürlich radioaktive Materialien 7 otfallschutz 8 eratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK) 8 duktion benigner Tumoren durch ionisierende Strahlung 8 don-Dosiskoeffizienten 9 nzuziehung eines Medizinphysik-Experten bei medizinisch- diologischen Tätigkeiten – Umsetzung der Anforderungen der chtlinie 2013/59/Euratom 9 forderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und etreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall 10 forderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und etreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall 10 forderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und etreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall 10 forderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und etreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall 10 forderlicher medizinische Kapazitäten für die Versorgung und etreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall 10 forderlicher medizinische Kapazitäten für die Versorgung und etreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall 10 forderlicher medizinische Kapazitäten für die Versorgung und etreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall 10 forderlicher medizinische Kapazitäten für die Versorgung und etreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall 10 forderlicher medizinische Kapazitäten für die Versorgung und etreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall 10 forderlicher medizinische Kapazitäten für die Versorgung und	
Ausgewählte Themen im Strahlenschutz im Berichtsjahr	. 5
Neuordnung des Strahlenschutzrechts	. 5
Medizin und beruflicher Strahlenschutz	. 5
Radon und natürlich radioaktive Materialien	. 7
Notfallschutz	. 8
Beratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK)	. 8
Induktion benigner Tumoren durch ionisierende Strahlung	. 8
Radon-Dosiskoeffizienten	. 9
Hinzuziehung eines Medizinphysik-Experten bei medizinisch- radiologischen Tätigkeiten – Umsetzung der Anforderungen der Richtlinie 2013/59/Euratom	. 9
Erforderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und Betreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall	10
Erforderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und Betreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall – Ausbildungsqualifikation	10
CONCERT: gemeinsames Europäisches Forschungsprogramm zum Strahlenschutz	10
Freisetzung von Ruthenium-106	11
Digitalisierung (5G-Strategie der Bundesregierung)	11
	12
r	Ausgewählte Themen im Strahlenschutz im Berichtsjahr Neuordnung des Strahlenschutzrechts Medizin und beruflicher Strahlenschutz Radon und natürlich radioaktive Materialien Notfallschutz Beratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK) Induktion benigner Tumoren durch ionisierende Strahlung Radon-Dosiskoeffizienten Hinzuziehung eines Medizinphysik-Experten bei medizinischradiologischen Tätigkeiten – Umsetzung der Anforderungen der Richtlinie 2013/59/Euratom Erforderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und Betreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall Erforderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und Betreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall – Ausbildungsqualifikation CONCERT: gemeinsames Europäisches Forschungsprogramm

		Seite		
II.	Natürliche Strahlenexposition	12		
1.	Arten natürlicher Strahlenquellen	12		
2.	Beiträge zur Strahlenexposition	13		
2.1	Kosmische und terrestrische Strahlung	13		
2.2	Radioaktive Stoffe in Baumaterialien, Industrieprodukten und im Bergbau	15		
2.3	Nahrungsmittel und Trinkwasser	15		
2.4	Radon in Gebäuden			
3.	Bewertung der Komponenten der natürlichen Strahlenexposition			
3.1	Äußere und innere Strahlenexposition	16		
3.2	Baumaterialien	16		
3.3	Radon	17		
III.	Zivilisatorische Strahlenexposition	17		
1.	Kernkraftwerke, Forschungszentren, Kernbrennstoff			
	verarbeitende Betriebe	17		
1.1	Jahresableitungen radioaktiver Stoffe			
1.2	Berechnete obere Werte der Strahlenexposition	19		
2.	Sonstige kerntechnische Anlagen	23		
2.1	Zentrale und dezentrale Zwischenlager			
2.2	Endlager	25		
3.	Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen	27		
4.	Umweltradioaktivität aus Bergbau und Sanierung durch die Wismut	27		
5.	Rückstände aus Industrie und Bergbau mit erhöhter natürlicher	20		
	Radioaktivität	29		
6.	Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung in Industrie und Technik sowie im Haushalt	29		
6.1	Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen	29		
6.2	Hochradioaktive Strahlenquellen			
6.3	Störstrahler			
6.4	Konsumgüter und sonstige Anwendungen			
7.	Fall-out durch Kernkraftwerksunfälle und durch Kernwaffenversuche	30		
7.1	Tschernobyl	30		
7.2	Fukushima			
7.3	Kernwaffenversuche	31		
IV.	Berufliche Strahlenexposition	32		
1.	Zivilisatorische Strahlenquellen	32		
1.1	Personendosisüberwachung			
1.2	Beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen	34		
1.3	Inkorporationsüberwachung	34		

		Seite		
 2. 2.1 2.2 	Natürliche Strahlenquellen	35 35		
2.2	(Wasserwerke, Schauhöhlen, Heilbäder und Sanierungsbetriebe)	35		
3.	Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse	36		
V.	Medizinische Strahlenexposition	36		
1.	Röntgendiagnostik	37		
2.	Nuklearmedizinische Diagnostik	39		
3.	Strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition	41		
VI.	Nichtionisierende Strahlung	41		
1.	Elektromagnetische Felder	41		
2.	Optische Strahlung	45		
2.1	Solares UV-Monitoring	45		
2.2	Forschung	46		
2.3	Rechtliche Regelungen von Solarienbetrieben	47		
2.4	Hautkrebspräventionsmaßnahmen	47		
Anha	ang			
Verw	Verwendete Abkürzungen			
Erläut	Erläuterung wichtiger Fachausdrücke			
Stichy	Stichwortverzeichnis 5			

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2017 (Berichtsjahr: 1. Januar bis 31. Dezember 2017)

Wesentliche Ergebnisse im Berichtsjahr bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland

Gesamtbewertung der ionisierenden Strahlung:

• Die berechnete Gesamtexposition beträgt 3,8 mSv pro Person und Jahr wie im Vorjahr.

Medizinische Strahlenexposition:

- Die mittlere Anzahl der Computertomographien pro Einwohner und Jahr hat zwischen 2007 und 2015 um 40 % zugenommen. Die Anzahl der Magnetresonanztomographie-Untersuchungen (MRT), bei der keine ionisierende Strahlung verwendet wird, nahm im gleichen Zeitraum um etwa 60 % zu.
- Die mittlere effektive Dosis der Bevölkerung durch medizinische Strahlenexposition bildgebender Verfahren beträgt ca. 1,6 mSv (Daten für das Jahr 2015).

Berufliche Strahlenexposition:

• Die mittlere Jahresdosis exponierter Personen liegt bei 0,45 mSv (Vorjahr: 0,47 mSv).

Strahlenexposition des Flugpersonals:

- Die mittlere Jahresdosis beträgt 2,1 mSv (Vorjahr: 2,0 mSv).
- Die höchste Jahresdosis des fliegenden Personals liegt bei 5,9 mSv (Vorjahr: 6,0 mSv).

Register hochradioaktiver Strahlenguellen:

 Inzwischen sind 702 Genehmigungsinhaber (Vorjahr: 693) zu verzeichnen. 73 Bundes- und Landesbehörden haben Zugang zum Register.

Schachtanlage Asse:

Bei der Ermittlung der Strahlenexposition ergeben sich für das Berichtsjahr effektive Jahresdosen von 0,2 μSv für Erwachsene und 1 μSv für Säuglinge (Vorjahr 0,05 μSv bzw. 0,2 μSv).

Kernkraftwerksunfälle:

- Tschernobyl: Jährlich nehmen die Cäsium-137-Inventare aus dem Unfall um 2 bis 3 % in Boden und Nahrungsmitteln ab; die Kontamination von Wild und Pilzen ist jedoch immer noch vergleichsweise hoch, Überschreitungen der Grenzwerte gibt es bei Wildschweinfleisch in Einzelfällen.
- Fukushima: Im Berichtsjahr wurden in Deutschland keine Radionuklidaktivitäten aus dem Unfall gemessen.

Elektromagnetische Felder:

• Ein Schwerpunkt der Forschungs- und Kommunikationsaktivitäten von BMU und BfS liegt aktuell beim Ausbau der Stromnetze. Um bestehende wissenschaftliche Unsicherheiten in der Risikobewertung zu verringern und offene Fragen beantworten zu können, werden BMU und BfS ein begleitendes Forschungsprogramm zum "Strahlenschutz beim Stromnetzausbau" mit insgesamt acht Themenfeldern und 36 einzelnen Forschungsvorhaben durchführen.

Optische Strahlung:

- Die Verwendung optischer Strahlung zu kosmetischen Zwecken und im Wellnessbereich sowie die deutliche Zunahme von Hautkrebserkrankungen sind Grund für weitere Forschung und für weitere Optimierung der Risikokommunikation und Informationsmaßnahmen.
- Der UV-Index erreichte im Juni im Norden, in der Mitte und im Süden Deutschlands wie bereits 2016 sehr hohe Werte.

Alle im Text verwendeten Abkürzungen und Fachausdrücke sind im Anhang erklärt. Grundsätzliche Zusammenhänge von Strahlendosis und Strahlenwirkung sowie die Definition nichtionisierender Strahlung und ihrer Wirkungsmechanismen finden sich in den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, und nukleare Sicherheit über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

Auftrag

Das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) vom 27. Juni 2017 sieht in § 164 Absatz 2 die jährliche Berichterstattung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)¹ an den Deutschen Bundestag und den Bundesrat über die Entwicklung der Radioaktivität in der Umwelt vor. Der vorliegende Bericht enthält die wichtigsten Informationen und Änderungen in diesem Bereich gegenüber den Vorjahren. Dazu werden die erhobenen Daten im Bereich Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) als Zentralstelle des Bundes (ZdB) nach § 163 Absatz 1 StrSchG zusammengefasst, aufbereitet und dokumentiert (§ 164 Absatz 1 StrlSchG). Die §§ 161 bis 165 StrlSchG sind am 1. Oktober 2017 in Kraft getreten (Artikel 32 Absatz 1 Satz 2 des Gesetzes zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung vom 27. Juni 2017). Für die Überwachung der Umweltradioaktivität wurden deshalb 2017 bis zum Inkrafttreten dieser Paragrafen auch noch Daten nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) erhoben (§ 5 Absatz 1 und § 11 Absatz 7 StrVG). Zusätzlich enthält dieser Bericht Informationen über den Bereich "nichtionisierende Strahlung" (NIR).

Alle Angaben beziehen sich auf das Berichtsjahr 1. Januar bis 31. Dezember 2017, sofern nichts anderes angegeben ist. Ausführlicheres Datenmaterial ist den Jahresberichten des BMU über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" zu entnehmen (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020041421601 bzw. www.bfs.de/DE/mediathek/berichte/umweltradioaktivitaet/umweltradioaktivitaet.html).

I. Ausgewählte Themen im Strahlenschutz im Berichtsjahr

1. Neuordnung des Strahlenschutzrechts

Mit der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom wurde das Strahlenschutzrecht neu geordnet und modernisiert. Im Jahr 2017 wurde das Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung im Bundesgesetzblatt verkündet. Das Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz - StrlSchG), das als Artikel 1 des Gesetzes zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung vom 27. Juni 2017 erlassen wurde, regelt den Strahlenschutz erstmals in einem förmlichen Gesetz.

Die Regelungen des Strahlenschutzgesetzes zum radiologischen Notfallschutz und zur Überwachung der Umweltradioaktivität, die das bisherige Strahlenschutzvorsorgegesetz ersetzen, sowie die Verordnungsermächtigungen sind am 1. Oktober 2017 in Kraft getreten. Die übrigen Regelungen des Strahlenschutzgesetzes sind am 31. Dezember 2018 in Kraft getreten.

Am 31. Dezember 2018 ist auch die – insbesondere auf Verordnungsermächtigungen des Strahlenschutzgesetzes gestützte – Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) in Kraft getreten. Die neue Strahlenschutzverordnung ist Artikel 1 der Verordnung der Bundesregierung zur weiteren Modernisierung des Strahlenschutzrechts vom 29. November 2018. Die neue Strahlenschutzverordnung enthält Regelungen, die die Vorschriften des Strahlenschutzgesetzes ergänzen und konkretisieren. Inhalte der bisherigen Röntgenverordnung sind in das Strahlenschutzgesetz und in die neue Strahlenschutzverordnung eingeflossen. Das Strahlenschutzgesetz und die neue Strahlenschutzverordnung zusammen gewährleisten einen umfassenden Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung. Die bisherige Strahlenschutzverordnung und Röntgenverordnung sind am 31. Dezember 2018 außer Kraft getreten.

Den Kapiteln II bis VI liegt das im Berichtszeitraum 1. Januar bis 31. Dezember 2017 geltende Atom- und Strahlenschutzrecht (insbesondere Strahlenschutzverordnung 2001, Röntgenverordnung) zu Grunde.

1.1 Medizin und beruflicher Strahlenschutz

Prüfung der Rechtfertigung von Tätigkeitsarten

Mit Wirkung zum 31. Dezember 2018 hat das neue StrlSchG im § 7 das Verfahren zur Prüfung der Rechtfertigung einer Tätigkeitsart erstmals konkret geregelt. Eine Liste nicht-gerechtfertigter Tätigkeitsarten gab es bereits in der alten StrlSchV bzw. RöV. Ziel ist es nun, diese Liste nach einem klar umrissenen Prüfverfahren zu erstellen bzw. zu aktualisieren. Bei der Rechtfertigungsprüfung von Strahlenanwendungen am Menschen sind die Maßgaben des § 83 Absatz 2 zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind berufliche Expositionen und Expositionen der Bevölkerung zu berücksichtigen.

im Gesetz noch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Das § 7-Verfahren setzt ein bei Anzeige- oder Genehmigungsverfahren nach den §§ 10, 12, 17, 19 Absatz 1 Satz 1 Nummer 1, § 56 oder § 59. Liegen der zuständigen Behörde Zweifel an der Rechtfertigung einer Tätigkeit vor, so wendet sie sich – ggf. über die oberste Landesbehörde – an das BMU. Erscheinen dem BMU die geäußerten Zweifel berechtigt, so veranlasst es eine Prüfung nach § 7 StrlSchG durch das BfS. Das BfS prüft innerhalb von zwölf Monaten den Sachverhalt und erstellt einen wissenschaftlichen Bericht.

Nach § 6 Absatz 3 StrlSchG wurde die Bundesregierung ermächtigt, durch Rechtsverordnung zu bestimmen, welche Tätigkeitsarten nicht gerechtfertigt sind. Eine nicht gerechtfertigte Tätigkeitsart ist im Rahmen der o. g. Genehmigungs- oder Anzeigeverfahren, ohne Ausnahme, nicht genehmigungs- oder anzeigefähig, so dass damit insbesondere auch eine Nutzung im Rahmen der Forschung ausgeschlossen ist.

Das o. g. Verfahren ist gemäß § 38 StrlSchG sinngemäß auch auf Tätigkeitsarten mit Konsumgütern oder bauartzugelassenen Vorrichtungen anzuwenden.

Melde- und Informationssystem für bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin

Mit Wirkung zum 31. Dezember 2018 hat das neue StrlSchG in § 90 die Pflichten, Aufgaben und Befugnisse bei Vorkommnissen neu geregelt.

Durch die zunehmende und immer komplexer werdende Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in der medizinischen Diagnostik und Therapie steigt nicht nur die Strahlenexposition der Bevölkerung insgesamt, sondern es nimmt gleichzeitig auch das Risiko von unbeabsichtigten oder unfallbedingten Expositionen zu. Diese können auf Grund technischer Mängel, aber auch auf Grund menschlichen Versagens vorkommen.

Damit aus solchen Fällen Lehren für die Zukunft gezogen werden können, sieht das neue Strahlenschutzgesetz zukünftig ein zentrales Meldesystem für bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin vor. Ziel ist es, Meldungen über bedeutsame Vorkommnisse bundeseinheitlich zu sammeln, auszuwerten und an andere Anwender weiterzugegeben, um vergleichbare Vorkommnisse in anderen Einrichtungen zu vermeiden.

Früherkennung von Erkrankungen bei asymptomatischen Personen

Im Berichtsjahr war die Mammographie-Untersuchung zur Früherkennung von Brustkrebs bei Frauen zwischen 50 und 69 Jahren die einzige Reihenuntersuchung zur Früherkennung in Deutschland, bei der Röntgenstrahlung eingesetzt werden darf. Nach dem neuen Strahlenschutzgesetz (§ 84) können mit Wirkung vom 31. Dezember 2018 künftig auch andere Früherkennungsmaßnahmen per Rechtsverordnung durch das BMU zugelassen werden. Dazu könnten unter anderem Verfahren zur Früherkennung von Lungenkrebs bei Rauchern gehören. Dabei sind bei nachgewiesenem Nutzen hohe Anforderungen an die Rechtfertigung und die Umsetzung zu stellen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz wird daher künftig – unter Beteiligung von Fachkreisen – Früherkennungsuntersuchungen daraufhin wissenschaftlich bewerten, ob der Nutzen einer solchen Untersuchung das Risiko überwiegt. Das Bewertungsverfahren ist in der allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur wissenschaftlichen Bewertung von Früherkennungsuntersuchungen geregelt.

Anzeige- und Genehmigungsverfahren in der medizinischen Forschung

Zum Schutz der an medizinischen Studien teilnehmenden Personen prüft das Bundesamt für Strahlenschutz, ob die im Rahmen medizinischer Forschungsvorhaben vorgesehenen diagnostischen oder therapeutischen Anwendungen radioaktiver Stoffe und/oder ionisierender Strahlung gerechtfertigt sind. Das Strahlenschutzgesetz und die neue Strahlenschutzverordnung bringen hier ab dem 31. Dezember 2018 neben zahlreichen Detailregelungen vor allem die wesentliche Neuerung, dass neben ein dann fristgebundenes Genehmigungsverfahren (§ 31 StrlSchG) ein fristgebundenes Anzeigeverfahren (§ 32 StrlSchG) tritt. Die Einführung von Fristen soll die Studieninitiierung durch Erhöhung der Planungssicherheit für die Studienverantwortlichen erleichtern. Hierdurch wird Deutschland als wichtiger Standort der medizinischen Forschung gestärkt und den Patienten hierzulande der Zugang zu innovativen Behandlungsmöglichkeiten erleichtert.

Strahlenschutzregister

Das Strahlenschutzregister erfasst nach § 170 StrlSchG Daten über berufliche Strahlenexpositionen zum Zweck der Grenzwertüberwachung und der dauerhaften Nachvollziehbarkeit beruflicher Expositionen. Weitere Aufgaben sind die systematische Auswertung der Expositionsdaten für wissenschaftliche Zwecke und die Erteilung von Auskünften über die erfassten Daten an zuständige Behörden, Unfallversicherungen, Strahlenschutzverantwortli-

che und an die Betroffenen selbst. Im Rahmen dieser Aufgaben werden jährlich ca. 3,5 Millionen Dosis- und Strahlenpassmeldungen von insgesamt ca. 100 verschiedenen Messstellen und Behörden aus ganz Deutschland im Strahlenschutzregister des BfS zentral und personenbezogen zusammengefasst.

Um Zuordnungsfehler auf Grund von Personenverwechslungen zu vermeiden, sieht das neue Strahlenschutzgesetz in § 170 StrlSchG unter anderem die Einführung eindeutiger Personenkennzeichen im Strahlenschutzregister vor, die über die gesamte Berufslebensdauer, auch bei einem Namens- oder Arbeitgeberwechsel, erhalten bleiben. Die neue Strahlenschutzverordnung regelt dabei in § 173 StrlSchVdie Details zur Verwendung des Personenkennzeichens und dessen Beantragung beim BfS. Alle wichtigen Informationen hierzu sind auf folgender Internetseite zusammengefasst: www.bfs.de/ssr.

1.2 Radon und natürlich radioaktive Materialien

Schutz vor Radon

Das neue Strahlenschutzgesetz sieht verschiedene Maßnahmen vor, um die Gesundheit von Menschen bei hohen Radonaktivitätskonzentrationen in Innenräumen (im Weiteren Radon-Konzentrationen) zu schützen.

Im Strahlenschutzgesetz wurde jeweils ein Referenzwert von 300 Becquerel pro Kubikmeter für Aufenthaltsräume und für Arbeitsplätze in Innenräumen festgelegt.

Bis Ende 2020 müssen die Bundesländer ermitteln und bekanntgeben, in welchen Gebieten der Referenzwert von 300 Becquerel pro Kubikmeter in einer beträchtlichen Zahl von Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen überschritten wird (sogenannte Radonvorsorgegebiete). In diesen Gebieten gelten unterschiedliche Regelungen zum Schutz vor Radon – je nachdem, ob es sich um ein Wohngebäude oder einen Arbeitsplatz handelt.

Für private, bereits bestehende Wohngebäude können Eigentümer und Bewohner freiwillig Maßnahmen ergreifen, um die Radon-Konzentration im Gebäude zu senken. Die zuständigen Behörden auf Bundes- und Landesebene haben die Aufgabe, Bürgerinnen und Bürger über Gesundheitsrisiken durch Radon zu informieren und sie für Schutzmaßnahmen zu gewinnen.

Für private Neubauten besteht für Bauherren die Pflicht, durch bauliche Maßnahmen weitgehend zu verhindern, dass Radon in das Gebäude eindringen kann. Das Strahlenschutzgesetz und die neue Strahlenschutzverordnung führen Maßnahmen auf, die zur Erfüllung dieser Pflicht herangezogen werden können. Es können aber auch andere Maßnahmen herangezogen werden, wenn diese sicherstellen, dass die Pflicht nach § 123 Absatz 1 Satz 1 des Strahlenschutzgesetzes erfüllt wird. In einem DIN-Normungsausschuss wird darüber hinaus derzeit eine DIN SPEC erarbeitet, welche geeignete Maßnahmen zum Schutz vor Radon bei Neubauten konkretisiert.

Werden Gebäude zum Arbeiten genutzt, sind in den Radonvorsorgegebieten die für die jeweiligen Arbeitsplätze Verantwortlichen verpflichtet, die Radon-Konzentration an Arbeitsplätzen im Keller und im Erdgeschoss zu messen. Beträgt die Konzentration von Radon an diesen Arbeitsplätzen mehr als 300 Becquerel pro Kubikmeter, müssen Maßnahmen eingeleitet werden, um dort die Radon-Konzentration zu senken. Dies gilt auch für besondere Arbeitsplätze, an denen hohe Radon-Konzentrationen häufig vorkommen können, wie zum Beispiel in Bergwerken und in bestimmten Wasserwerken. Für diese besonderen Arbeitsplätze gilt die Mess- und Maßnahmenpflicht unabhängig davon, ob sie in einem Gebiet liegen, in denen in vielen Gebäuden eine hohe Radon-Konzentration zu erwarten ist oder nicht. Ergibt die Abschätzung, dass die effektive Dosis 6 Millisievert im Kalenderjahr überschreiten kann, so sind Anforderungen des beruflichen Strahlenschutzes zu erfüllen.

Radioaktivität in Baustoffen

Im Strahlenschutzgesetz wurde erstmalig ein umfassender Schutz der Bevölkerung vor unverhältnismäßig hoher Strahlenexposition aus Baumaterialien formuliert. Der Referenzwert von 1 mSv im Kalenderjahr zusätzlich zu dem natürlichen Hintergrund, verursacht durch die verwendeten Baustoffe, soll nicht überschritten werden. Eine Liste von Primär- und Sekundärrohstoffen, die bei der Verwendung dazu führen, dass das fertige Baumaterial einer expliziten Bewertung unterliegt, ist im Anhang des Strahlenschutzgesetzes aufgenommen worden. Die neue Strahlenschutzverordnung konkretisiert die Bewertung. Zeitgleich wird im Rahmen der Bauproduktenverordnung eine europäische Harmonisierung der Prüfung und Bewertung angestrebt.

Bewältigung radioaktiver Altlasten

Das Strahlenschutzgesetz beinhaltet erstmalig bundeseinheitliche Regelungen zum Schutz vor radioaktiven Altlasten. Wenn sich auf einer Fläche aus früherer menschlicher Tätigkeit Strahlenexpositionen über 1 Millisievert

pro Jahr für die Bevölkerung ergeben können, ist von einer Altlast auszugehen. Der Verantwortliche (Verursacher oder derzeitiger Eigentümer) muss bei entsprechendem Verdacht Untersuchungen vornehmen lassen, die zu möglichen Sanierungs- oder Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der möglichen Grundstücksnutzung führen können. Dazu ist eine Sanierungsplanung – auch unter Beachtung des Bodenschutzgesetzes – vorzunehmen, bei der die zuständige Behörde Auflagen erteilen oder die Planung selbst in Auftrag geben kann. Während der Sanierung müssen Maßnahmen zum Schutz der Arbeitskräfte und der Bevölkerung getroffen werden. Die Sanierungskosten sind vom Verantwortlichen zu tragen.

Es werden im untergesetzlichen Regelwerk Prüfwerte behördlich festgelegt, bei deren Unterschreitung unter Beachtung der bestehenden Expositionspfade nicht von einer Altlast auszugehen ist. In der neuen Strahlenschutzverordnung werden insbesondere für bergbaulich geprägte radioaktive Altlasten Vorgaben gemacht.

1.3 Notfallschutz

Kommt es in Deutschland oder im benachbarten Ausland zu einer Notfallsituation, bei der große Mengen von radioaktiven Stoffen in die Umwelt gelangen, sollen die Behörden und Organisationen in Bund und Ländern ihre Schutzmaßnahmen künftig enger aufeinander abstimmen.

Das neue Strahlenschutzgesetz sieht daher abgestimmte Notfallpläne zwischen Bund und Ländern vor, die auf sogenannten Referenzszenarien basieren. Diese decken sowohl Kernkraftwerksunfälle als auch Ereignisse mit eher regionalen Auswirkungen ab, etwa Transportunfälle.

Vorgesehen ist darüber hinaus die Einrichtung eines radiologischen Lagezentrums, das vom BMU eingerichtet und für dessen operationelle Umsetzung das BfS in wesentlichen Teilen zuständig sein wird. Im Notfall soll dieses Lagezentrum eine deutschlandweit gültige Lagebewertung vornehmen, die zum einen die aktuelle Situation und die vermutete künftige Entwicklung beschreibt und zum anderen Empfehlungen für Schutzmaßnahmen vorschlägt.

Bislang mussten die Länder für die Zwecke des Katastrophenschutzes und der Bund für überregionale Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge jeweils eigene Lagebilder erstellen.

2. Beratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK)

2.1 Induktion benigner Tumoren durch ionisierende Strahlung

In der wissenschaftlichen Stellungnahme zur Berufskrankheit Nr. 2402 der Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung "Erkrankungen durch ionisierende Strahlen", veröffentlicht im Gemeinsamen Ministerialblatt Nr. 49-51, 2011, wird festgestellt, dass "... ggf. auch benigne Tumoren als strahlenbedingte Spätschäden bedeutsam ..." sind. Vor diesem Hintergrund wurde die SSK durch das BMUB am 31. März 2014 um eine Stellungnahme zu den Voraussetzungen gebeten, unter denen bestimmte benigne Tumoren in der Begutachtung von Berufskrankheit Nr. 2402 berücksichtigt und welche benignen Tumorentitäten betrachtet werden sollten.

Die SSK stellt fest, dass einige gutartige Tumoren mit einer stark eingeschränkten Lebensqualität oder sogar mit lebensbedrohenden Konsequenzen einhergehen. Dies gilt vor allem für gutartige intrakranielle Tumoren. Strahlenbedingte gutartige Tumoren sollten daher im Strahlenschutz allgemein in der Bewertung von Gesundheitsrisiken durch Strahlenexpositionen berücksichtigt werden. Eine Ablehnung der Anerkennung einer Erkrankung als berufsbedingt gemäß BK 2402 mit der alleinigen Begründung, dass gutartige Tumoren durch ionisierende Strahlung nicht auslösbar seien, ist nicht angebracht. Die derzeitige sehr limitierte Datenlage wird es jedoch nur in seltenen Fällen erlauben, eine Zusammenhangswahrscheinlichkeit zwischen ionisierender Strahlung und einem gutartigen Tumor im individuellen Fall herzustellen. Es besteht erheblicher Forschungsbedarf, um ein besseres Verständnis zu erlangen.

Außerdem konstatiert das Gremium, dass es Hinweise (insbesondere für Schilddrüsenadenome und Meningeome) gibt, über welche Mechanismen ionisierende Strahlung gutartige Tumoren auslöst. Darüber hinaus gibt es Evidenz für die Erhöhung der Inzidenz von großen Schilddrüsenknoten nach Expositionen in der Kindheit mit Schilddrüsendosen im Bereich von einigen hundert Milligray bis zu einigen Gray. Über lange Zeiträume gemittelt ist die zusätzliche relative Inzidenzrate vergleichbar zum Schilddrüsenkrebs, die zusätzliche absolute Rate ist höher. Ebenfalls im Bereich einiger hundert Milligray bis zu einigen Gray gibt es Evidenz für eine Erhöhung der Anzahl von Meningeomen. Die Stellungnahme wurde in der 290. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 4./5. Dezember 2017 verabschiedet.²

veröffentlicht im BAnz AT 17.4.2018 B4, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201804238518

2.2 Radon-Dosiskoeffizienten

Der Schutz vor den schädigenden Wirkungen von Radon ist seit einigen Jahren verstärkt in den Fokus von Strahlenschutzbetrachtungen gerückt. Auch das neue Strahlenschutzgesetz sieht umfangreiche Regelungen zum Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen und in Aufenthaltsräumen vor.

Ein bisher nur unzureichend gelöstes Problem im Zusammenhang mit Radon-Expositionen ist die Konversion bzw. Umrechnung von Expositionsgrößen in Dosisgrößen. Hierzu liegen zwar eine Reihe von Vorschlägen und Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) vor; eine abschließende internationale Abstimmung hierzu ist jedoch noch nicht erfolgt.

Vor diesem Hintergrund hat das BMU die SSK um eine Empfehlung gebeten, welche Dosiskonversion für die Exposition der Bevölkerung und die berufliche Exposition durch Radon in Deutschland in den nächsten Jahren unter den gegebenen Randbedingungen genutzt werden sollte.

Die SSK empfiehlt, solange keine quantitative Änderung der Radon-Dosiskoeffizienten in Deutschland vorzunehmen, bis abschließende Empfehlungen der ICRP zu dieser Thematik vorliegen und nach einer weitergehenden wissenschaftlichen Diskussion eine internationale regulatorische Abstimmung erfolgt ist. Bis dies erreicht ist, sollen die in der im Berichtszeitraum gültigen Strahlenschutzverordnung in § 95 Absatz 13 festgelegten Radon-Dosiskoeffizienten in den laufenden einschlägigen Rechtsetzungsvorhaben Gültigkeit behalten, da sie innerhalb eines Unsicherheits- und Fehlerbereichs liegen, der sich sowohl aus dem epidemiologischen als auch aus dem dosimetrischen Ansatz ergibt.

Der Stichtag zur Berücksichtigung einschlägiger Empfehlungen und Literatur ist der 13. November 2017. Empfehlungen und Literatur, die nach diesem Datum erschienen sind, finden keine Berücksichtigung.³

2.3 Hinzuziehung eines Medizinphysik-Experten bei medizinischradiologischen Tätigkeiten – Umsetzung der Anforderungen der Richtlinie 2013/59/Euratom

Nach Artikel 58 Buchstabe d der Richtlinie 2013/59/Euratom haben die Mitgliedstaaten sicherzustellen, dass bei medizinisch-radiologischen Tätigkeiten ein Medizinphysik-Experte in angemessener Weise und in dem Umfang hinzugezogen wird, wie es dem radiologischen Risiko der Tätigkeit entspricht. Voraussetzung für die Erarbeitung von Regelungen sind Kenntnisse darüber, bei welchen Verfahren hohe Patientendosen auftreten können und was eine angemessene Einbeziehung eines Medizinphysik-Experten darstellt.

Die SSK empfiehlt, dass ein Medizinphysik-Experte im Bereich der Computertomographie, der interventionellen fluoroskopischen Verfahren und der nuklearmedizinischen Diagnostik in Zusammenarbeit und in Abstimmung mit den fachkundigen Ärzten und dem in die technische Durchführung eingebundenen Personal die Etablierung und Anwendung sinnvoller und optimierter Untersuchungsprotokolle vornehmen soll. Dabei ist die Strahlenexposition des Patienten so gering zu halten, wie dies zur Gewinnung der benötigten medizinischen Informationen sinnvoll möglich ist. Dafür übernimmt der Medizinphysik-Experte die Verantwortung für die ihm übertragenen Aufgabenbereiche.

Ferner empfiehlt die SSK, in welchem Grad die Hinzuziehung eines Medizinphysik-Experten bei den verschiedenen medizinisch-radiologischen Tätigkeiten erfolgen soll und welche Aufgaben vom Medizinphysik-Experten zu übernehmen sind. Insbesondere bei dosisintensiven Verfahren sollen Optimierungen des Strahlenschutzes durch Medizinphysik-Experten durchgeführt werden. Hierunter sind die Untersuchungen, Interventionen und Röntgentherapien zu verstehen, bei denen höhere Dosen als bei röntgendiagnostischen Projektionsaufnahmen üblicherweise auftreten. Dies sind interventionelle fluoroskopische Verfahren, die Computertomographie, die nuklearmedizinische Diagnostik mit tomographischer Bildgebung und die Röntgentherapie. Für die dosisintensiven Verfahren soll ein Medizinphysik-Experte als Strahlenschutzbeauftragter für die physikalisch-technischen Aspekte des Strahlenschutzes bestellt werden.⁴

veröffentlicht im BAnz AT 24.05.2018 B3, nbn-resolving.org/html/urn:nbn:de:101:1-2018103111265357503494

⁴ veröffentlicht im BAnz AT 17.4.2018 B3, nbn-resolving.org/html/urn:nbn:de:101:1-201804238506

2.4 Erforderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und Betreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall

Auf Grund der Vorgaben für Notfallexpositionssituationen in der Richtlinie 2013/59/Euratom (Euratom 2014) und den Empfehlungen der SSK basierend auf den Erfahrungen nach dem Reaktorunfall in Fukushima hat das BMU die SSK gebeten,

- die existierende Literatur und die vorliegenden Konzepte für medizinische Notfallschutzmaßnahmen bezüglich ihrer Aktualität und Plausibilität zu bewerten,
- die zur Bewältigung aller Ereignisse und Szenarien des aktuellen Ereignis- und Szenarienkatalogs notwendigen medizinischen Kapazitäten abzuschätzen,
- dem BMU Vorschläge für eine sach- und fachgerechte Umsetzung zur Erreichung dieser notwendigen medizinischen Kapazitäten zu unterbreiten sowie festzustellen, inwieweit bezüglich der Thematik Forschungsbedarf besteht.

Mit der vorliegenden Empfehlung hat die SSK ihre Empfehlung zu Notfallstationen (SSK 2014) ergänzt und um die benötigten Kapazitäten für ein integriertes Beratungs- und Versorgungskonzept unter Einbeziehung nicht kerntechnischer Unfälle erweitert.⁵

2.5 Erforderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und Betreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall – Ausbildungsqualifikation

In ihrer Empfehlung "Erforderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und Betreuung der Bevölkerung im radiologischen und nuklearen Notfall" betont die SSK, dass die zertifizierte Zusatzqualifikation des im radiologischen und nuklearen Notfall benötigten, im medizinischen Bereich tätigen Personals ein wesentlicher Bestandteil eines abgestuften, integrierten Vorsorge- und Versorgungskonzepts ist.

In der vorliegenden ergänzenden Empfehlung führt die SSK die aus deutscher Sicht notwendigen Lehrinhalte einer Aus-, Weiter- und Fortbildung im Strahlennotfallmanagement auf.⁶

3. CONCERT: gemeinsames Europäisches Forschungsprogramm zum Strahlenschutz

Das "European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research" wird als europäisches Forschungsprogramm unter der Bezeichnung CONCERT durchgeführt. CONCERT koordiniert die Forschung im Bereich Strahlenschutz in Europa und in den Mitgliedstaaten der EU über ein gemeinsames Forschungsprogramm. Die Finanzierung erfolgt durch EU und Mitgliedstaaten gemeinsam (Co-Funding 70/30 Prozent).

Partnerinstitutionen aus nahezu allen EU-Ländern sowie Norwegen und der Schweiz haben sich zusammengefunden, um ihre Kompetenzen und Forschungsaktivitäten zu bündeln und so den Strahlenschutz in allen Anwendungsbereichen ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in Medizin, Industrie und Forschung zu verbessern. Die EU unterstützt das bisher größte Strahlenschutz-Forschungsprogramm in Europa mit knapp 20 Millionen Euro, verteilt über 5 Jahre (1. Juni 2015 bis 31. Mai 2020).

Im Berichtsjahr wurde von CONCERT eine zweite öffentliche Ausschreibung durchgeführt, um die wissenschaftliche Forschung in strategischen Schwerpunktbereichen des Strahlenschutzes zu stärken, die von den europäischen Forschungsplattformen gemeinsam definiert wurden. Auch diese Ausschreibung hatte zwei Hauptthemen:

- Bewertung und Steuerung von Gesundheitsrisiken bei niedrigen Strahlenexpositionen
- Risikobewertung und Entscheidungsfindung in Notfällen und bestehenden Expositionssituationen.

Im Rahmen der Ausschreibung hatten Universitäten und Forschungsinstitutionen sowie kleine/mittelständige Unternehmen aus ganz Europa die Gelegenheit, sich zu Konsortien zusammenzuschließen und Vorschläge für Forschungsarbeiten einzureichen. Die für diese Ausschreibung verfügbaren Mittel beliefen sich auf 6,98 Mio Euro. Die Ausschreibung zur Einreichung von Vorschlägen im Frühsommer 2017 zog 25 Konsortien an. Die Vorschläge wurden von 166 Partnern aus 89 Instituten in 24 Ländern eingereicht. Mit dem verfügbaren Budget konnten sechs Projekte finanziert werden.

Veröffentlicht im BAnz AT 10.4.2018 B4, nbn-resolving.org/html/urn:nbn:de:101:1-201804238529

veröffentlicht im BAnz AT 27.06.2018 B2, nbn-resolving.org/html/urn:nbn:de:101:1-2018071613312276553270

Ziel von CONCERT ist es, basierend auf den aktuellen strategischen Forschungsprogrammen der europäischen Forschungsplattformen MELODI (Strahlenwirkungen und -risiken), ALLIANCE (Radioökologie), NERIS (nuklearer und radiologischer Notfallschutz), EURADOS (Strahlendosimetrie) und EURAMED (medizinischer Strahlenschutz) ein gemeinsames europäisches Programm für Strahlenschutzforschung in Europa zu etablieren. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS sind an den Arbeiten dieser Forschungsplattformen seit vielen Jahren aktiv beteiligt und haben insbesondere durch Leitung und Mitarbeit in den entsprechenden Arbeitsgruppen die strategische Ausrichtung der Forschungsprogramme entscheidend mitgeprägt.

CONCERT führt die erforderlichen wissenschaftlichen Expertisen unter anderem aus den Gebieten Strahlenbiologie, Biophysik, Epidemiologie, Radioökologie, Dosimetrie und Modell-/Prognoseentwicklung auf europäischem Niveau zusammen und integriert sie in gemeinsamen Forschungsvorhaben. Die Forschung muss darauf ausgerichtet sein, den Strahlenschutz in Europa zu verbessern, offene Fragen zu beantworten, Unsicherheiten zu verringern und die Umsetzung der Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz in nationale gesetzliche Regelungen wissenschaftlich zu unterstützen sowie die Grundlagen für zukünftige gesetzliche Regelungen im Strahlenschutz zu erarbeiten.

Durch CONCERT wird die Zusammenarbeit mit anderen europäischen Institutionen im Bereich der Forschungsförderung vertieft und Deutschland nimmt entscheidenden Einfluss auf die inhaltliche Gestaltung der zukünftigen europäischen Forschungslandschaft im Bereich Strahlenschutz. Das BfS koordiniert CONCERT.

4. Freisetzung von Ruthenium-106

Ende September 2017 wurden an verschiedenen Spurenmessstellen in Europa leicht erhöhte Radioaktivitätswerte in der Luft nachgewiesen. An insgesamt sieben Stationen in Deutschland sowie an zahlreichen Stationen in anderen europäischen Ländern (unter anderem in Österreich und Italien) wurden geringe Mengen an Ruthenium-106 gemessen. Die Konzentration des radioaktiven Stoffs in Deutschland lag in einem sehr niedrigen Bereich zwischen wenigen Mikrobecquerel und wenigen Millibecquerel pro Kubikmeter.

Berechnungen des BfS zur Ausbreitung von radioaktiven Stoffen in der Atmosphäre deuteten auf einen Ursprung im südlichen Ural hin, auch ein Ursprungsort im südlichen Russland konnte zunächst nicht ausgeschlossen werden. Daten des russischen Wetterdienstes Roshydromet von Ende November 2017 legen jedoch nahe, dass Gebiete westlich und südlich des Urals auf Grund der zu dieser Zeit vorherrschenden Windrichtung nicht in Frage kommen.

Ruthenium-106 ist ein Beta-Strahler, das entstehende Tochternuklid Rhodium-106 ist sehr kurzlebig und ist ein Gamma-Strahler, so dass bei dem Zerfall von Ruthenium-106 immer Beta- und Gammastrahlen gemeinsam auftreten. Ruthenium-106 hat eine Halbwertszeit von etwas mehr als einem Jahr (372 Tage). Ruthenium-106 ist ein Spaltprodukt, welches bei der Spaltung von Uran in einem Kernkraftwerk entsteht.

Ruthenium-106 wird unter anderem als Strahlenquelle für die Krebstherapie zur Behandlung von Tumoren am Auge eingesetzt. Auch bei der Wiederaufarbeitung von nuklearen Brennelementen kann Ruthenium auftreten.

5. Digitalisierung (5G-Strategie der Bundesregierung)

Die Einführung des neuen Mobilfunkstandards 5G wird den Trend zur Vernetzung technischer Geräte fortsetzen und weiter beschleunigen. Auch die Zahl der Sendeanlagen und Geräte, die elektromagnetische Felder erzeugen, nimmt damit zu. Die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder auf den Menschen sind laut Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) auch für 5G weitestgehend aussagekräftig.

Grundsätzlich zu berücksichtigen sind zwei Aspekte: die technischen Voraussetzungen – wie zum Beispiel Mobilfunksendeanlagen und Endgeräte – sowie die steigenden Datenübertragungsmengen. Viele technische Aspekte von 5G sind mit denen bisheriger Mobilfunkstandards vergleichbar. Erkenntnisse aus Studien, in denen mögliche Gesundheitswirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks untersucht wurden, können daher zu einem großen Teil auf 5G übertragen werden.

Dort hat sich gezeigt: Wenn die Grenzwerte eingehalten werden, sind nach dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand keine gesundheitsrelevanten Wirkungen zu erwarten. In Bezug auf die mit 5G geplante Nutzung zusätzlicher Frequenzbänder im Zenti- und Millimeterwellenlängenbereich liegen allerdings erst wenige Untersuchungsergebnisse vor. Hier sieht das BfS noch Forschungsbedarf.

6. Stromnetzausbau

Aktuelle Herausforderungen für den Strahlenschutz betreffen die begleitende Forschung zum Strahlenschutz beim Stromnetzausbau, neue Technikentwicklungen und das gleichzeitige Einwirken elektromagnetischer Felder von mehreren Quellen.

Beim Stromnetzausbau werden auch Anlagen zur Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) errichtet. In der Umgebung der Leitungen treten statische Magnetfelder auf. Der Grenzwert von 500 µT für magnetische Flussdichten der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) muss jedoch eingehalten werden. Zudem sind bei der Einrichtung und wesentlichen Änderung von Anlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Feldern nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren.

Die zusätzlichen statischen Magnetfelder in der Nähe von HGÜ-Trassen werden voraussichtlich in der Größenordnung der Feldstärken des natürlichen Erdmagnetfeldes liegen. Angesichts der erwähnten Forschungsergebnisse in wesentlich stärkeren Feldern der Magnetresonanztomographie ist nicht mit einer Beeinträchtigung der Bevölkerung und der Umwelt zu rechnen.

Im Gegensatz zu Wechselstromfreileitungen treten in der Nähe von Gleichstromtrassen auch statische elektrische Felder auf, die bisher wenig erforscht sind. Es wird auch verstärkt zur Ionisierung von Luftpartikeln kommen. Beide Phänomene müssen in naher Zukunft verstärkt erforscht werden.

Beim Ausbau des Stromnetzes müssen Fragen des Gesundheits- und Strahlenschutzes von Anfang an berücksichtigt werden. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) leistet mit dem Forschungsprogramm zum "Strahlenschutz beim Stromnetzausbau" einen wichtigen Beitrag zur Klärung der offenen Fragen in diesen Themenbereichen.

Um bestehende wissenschaftliche Unsicherheiten in der Risikobewertung zu verringern und offene Fragen beantworten zu können, führt das BfS ein begleitendes Forschungsprogramm zum "Strahlenschutz beim Stromnetzausbau" durch. Es sind 36 Projekte aus 8 Themenfeldern im Laufe der Jahre geplant. Die Beschreibung des Forschungsprogramms kann sowohl im BMU-Jahresbericht 2017 als auch auf der Seite des BfS eingesehen werden: www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/bfs-forschungsprogramm/stromnetzausbau/netzausbau node.html.

II. Natürliche Strahlenexposition

1. Arten natürlicher Strahlenquellen

Die natürliche Strahlenexposition setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Es wird zwischen der äußeren und der inneren Strahlenexposition des Menschen unterschieden.

Äußere Strahlenexposition

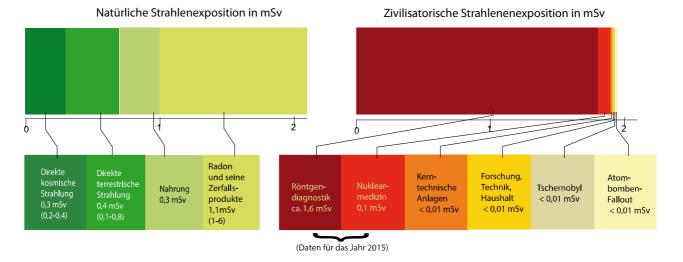
Zur äußeren Strahlenexposition trägt neben der aus dem Weltall stammenden kosmischen Strahlung die Gammastrahlung bei, die von den in Böden, Gesteinen und Baumaterialien vorkommenden Radionukliden ausgeht und als terrestrische Strahlung bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um Radionuklide aus der Uran-238-, der Uran-235- und der Thorium-232-Zerfallsreihe sowie das Einzelnuklid Kalium-40. Diese natürlichen radioaktiven Bestandteile des Bodens gelangen über die Nahrungskette und das Wasser letztlich in den menschlichen Organismus und tragen somit auch zur inneren Strahlenexposition bei.

Innere Strahlenexposition

Aus der Inkorporation natürlicher Radionuklide durch Ingestion von Nahrungsmitteln und Inhalation luftgetragener natürlicher Radioaktivität resultiert eine innere Strahlenexposition. Die Inhalation von Radon-222, das ein gasförmiges Zerfallsprodukt aus der Uran-238-Zerfallsreihe ist, liefert den Hauptbeitrag zur natürlichen Strahlenexposition (Abbildung II. 2-1). Verantwortlich dafür sind seine kurzlebigen Zerfallsprodukte. Der Beitrag, der durch die Inhalation von Radon-220 (Thoron) und seiner kurzlebigen Zerfallsprodukte zustande kommt, ist dagegen unter den in Deutschland vorherrschenden Bedingungen gering.

Abbildung II.2-1

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in mSv im Jahr 2017, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands (Wertebereich in Klammern)



2. Beiträge zur Strahlenexposition

2.1 Kosmische und terrestrische Strahlung

Die Strahlung, die die Erdatmosphäre aus dem Kosmos trifft (hauptsächlich Protonen), löst sekundäre kosmische Teilchen- und Gammastrahlung aus. Sie verursacht in Höhe des Meeresspiegels eine jährliche effektive Dosis von etwa 0,24 mSv und nimmt mit der Höhe über dem Meeresspiegel zu (Verdopplung bei jeweils 1 500 m Höhenzunahme). Die Neutronenkomponente der sekundären kosmischen Strahlung verursacht in Höhe des Meeresspiegels nur eine jährliche effektive Dosis von etwa 0,03 mSv. Die Dosisrate der Neutronenkomponente steigt mit zunehmender Höhe jedoch stark an und beträgt in üblichen Reiseflughöhen das Tausendfache. Insgesamt beträgt die jährliche effektive Dosis aus der kosmischen Strahlung an der Erdoberfläche etwa 0,3 mSv (Abbildung II. 2-1).

Die durch die terrestrischen Radionuklide verursachte äußere Strahlenexposition ist auf den Gehalt der Böden, der Gesteine und vor allem der Baumaterialien an den Nukliden der Thorium- und der Uran-Radiumzerfallsreihe sowie an Kalium-40 zurückzuführen. Im Freien auf nicht versiegelten Flächen ist sie vom Gehalt der genannten Radionuklide in der obersten Bodenschicht bis zu ca. 50 cm Tiefe abhängig. Im Mittel wurden dort für die terrestrische Gamma-Ortsdosisleistung 57 nSv/h bestimmt (Photonen-Äquivalentdosisleistung, Nanosievert pro Stunde, siehe Anhang). Höhere Werte, lokal auch über 200 nSv/h, wurden insbesondere in Gebieten festgestellt, in denen an der Oberfläche Granitmassive anstehen und über Böden in solchen Gebieten. Beispiele dafür sind die Bergbaugebiete in Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt sowie Gebiete im Bayerischen Wald und im Schwarzwald.

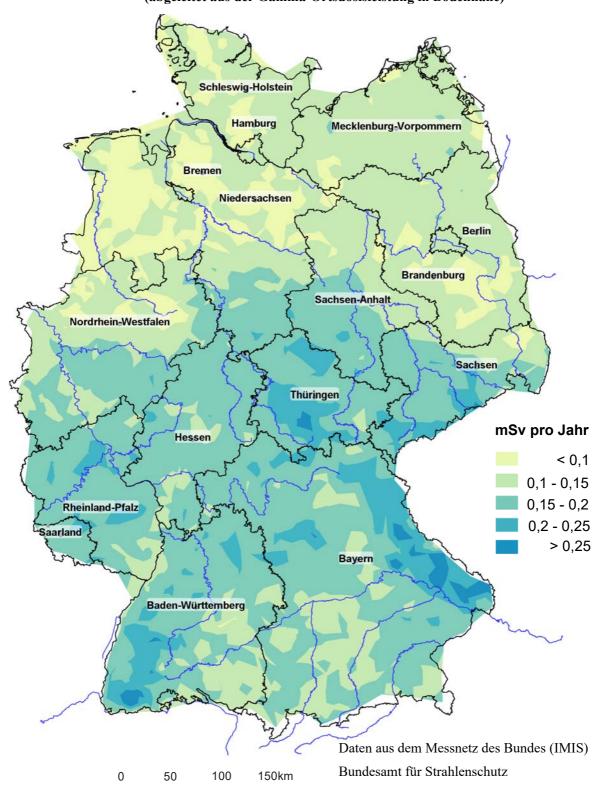
Abbildung II. 2-2 zeigt als Maß für die geographische Verteilung der externen Strahlenexposition im Freien die Gamma-Ortsdosisleistung in Bodennähe in der Bundesrepublik Deutschland. Abgesehen von den unterschiedlichen Gehalten an terrestrischen Radionukliden spiegelt sie auch die mit der Höhe zunehmende kosmische Strahlung wider. Die terrestrische Strahlung trägt im Mittel 40 nSv/h, die kosmische Strahlung 32 nSv/h zur effektiven Dosis bei. Bei einem mittleren Aufenthalt von 5 Stunden pro Tag im Freien ergibt die Summe dieser beiden Werte pro Jahr im Mittel 0,13 mSv.

In urbanen Gebieten wird die terrestrische Strahlung im Freien überwiegend durch den Gehalt an Radionukliden in den Materialien verursacht, die zum Straßen- und Häuserbau verwendet worden sind und nur zu einem geringen Teil durch den Radionuklidgehalt in Böden oder Gesteinen.

In Gebäuden wird die äußere Strahlenexposition durch den Gehalt an Radionukliden in den verwendeten Baustoffen bestimmt (Abschnitt II.3.2). Bei einem Wertebereich von 20 bis 700 nSv/h beträgt die Gamma-Ortsdosisleistung im Mittel 80 nSv/h. Dies entspricht einer effektiven Dosis von 56 nSv/h (die verschiedenen Dosisgrößen sind im Anhang kurz erläutert). Zusammen mit der kosmischen Komponente von 26 nSv/h ergibt dies bei einem mittleren Aufenthalt von 19 Stunden pro Tag in Gebäuden pro Jahr im Mittel 0,57 mSv. Addiert man zu diesem

Abbildung II.2-2

Externe Strahlenexposition im Freien im Jahr 2017 in Deutschland beim Aufenthalt von täglich 5 Stunden (abgeleitet aus der Gamma-Ortsdosisleistung in Bodennähe)



Wert die Strahlenexposition im Freien (0,13 mSv), erhält man als Mittelwert 0,7 mSv für die gesamte äußere Strahlenexposition durch natürliche Strahlenquellen. Dazu tragen die Radionuklide im Boden und in Baumaterialien 0,4 mSv bis 0,5 mSv und die kosmische Strahlung 0,3 mSv bei (Abbildung II. 2-1).

2.2 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien, Industrieprodukten und im Bergbau

Wegen des hohen Dosisbeitrags (siehe Abschnitt I.1) ist das durch radioaktiven Zerfall aus Ra-226 entstehende Rn-222 aus der Sicht des Strahlenschutzes von besonderem Interesse. In den wichtigen mineralischen Baustoffen Beton, Ziegel, Porenbeton und Kalksandstein sowie in den Naturwerksteinen wurden allerdings Ra-226-Konzentrationen gemessen, die in der Regel nicht die Ursache für im Sinne des Strahlenschutzes relevante Radonkonzentration in Wohnungen (siehe Abschnitt II.2.4) sind.

Vor dem Hintergrund der neuen Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz und den Regelungen zu der von Baustoffen ausgehenden Gammastrahlung wurde in einem Projekt in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e. V. (bbs) die Radionuklidkonzentration und Radonexhalation von über 100 in Deutschland aktuell üblichen, repräsentativen Innenraumprodukten untersucht. Die Spannweite der Ergebnisse der massespezifischen Aktivitätsmessungen in den Baustoffen ist in den Jahresberichten des BMU über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" (www.bfs.de/DE/mediathek/berichte/umweltradioaktivitaet/umweltradioaktivitaet.html) zusammengefasst.

Örtlich können auch Hinterlassenschaften des Bergbaus und der Industrie, die erhöhte Gehalte an Radionukliden der Uran-Radium-Zerfallsreihe – in einigen Fällen auch der Thorium-Zerfallsreihe – aufweisen, zur Strahlenexposition der Bevölkerung durch natürliche Radionuklide beitragen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Hinterlassenschaften des ehemaligen Uranbergbaus und der -verarbeitung in Sachsen und Thüringen, bei denen Sanierungsmaßnahmen zur Senkung der Strahlenexposition durchgeführt werden. Über die dabei unvermeidlichen Ableitungen natürlicher Radionuklide, die mit Genehmigung der zuständigen Behörden erfolgen, und die dadurch verursachten Strahlenexpositionen informiert der Abschnitt III.4.

2.3 Nahrungsmittel und Trinkwasser

Die innere Strahlenexposition durch Ingestion von Nahrungsmitteln wird überwiegend durch den Kaliumgehalt des Körpers bestimmt, der zu einem bestimmten Anteil aus Kalium-40 besteht. Er ist auf Grund spezieller biologischer Regelmechanismen weitgehend konstant und variiert kaum mit der Nahrungsaufnahme. Der durchschnittliche Kalium-40-Gehalt im Körper eines Erwachsenen beträgt 4000 Bq. Daraus ergibt sich eine jährliche effektive Dosis in Höhe von 0,17 mSv.

Für die übrigen Radionuklide hängt die innere Strahlenexposition von der Aufnahme der Radionuklide mit der Nahrung ab und wird entsprechend ermittelt. Auf Grund der unterschiedlichen geologischen Bedingungen variieren die Gehalte natürlicher Radionuklide in den Umweltmedien und deshalb auch in den Nahrungsmitteln. Für die mittleren Verhältnisse in Deutschland wird in Anlehnung an den UNSCEAR-Report 2008⁷ abgeschätzt, dass sich durch die Aufnahme natürlicher Radionuklide mit der Nahrung und dem Trinkwasser eine jährliche effektive Dosis im Bereich von 0,3 mSv ergibt. Um eine genauere Dosisabschätzung durch die Aufnahme natürlicher Radionuklide mit der Nahrung in Deutschland zu erhalten, beteiligt sich das BfS gegenwärtig an der vom BfR durchgeführten ersten deutschen MEAL-Studie. Die Studie ist auf sieben Jahre angelegt (2014 bis 2021) und bildet 90 % der in Deutschland verzehrten Lebensmittel ab. Im Trinkwasserbereich führte das BfS von 2003 bis 2008 eine Studie zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in Deutschland durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser durch. Aus den Daten der Studie wurden auf Grundlage der damals gültigen Fassung der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001, siehe Anhang) mittlere Werte der Strahlenexposition (Ingestionsdosis) für den Erwachsenen von etwa 0,009 mSv pro Jahr und für den Säugling von etwa 0,05 mSv pro Jahr berechnet. Weitere Ergebnisse dieses Messprogramms finden sich im Parlamentsbericht für das Jahr 2009 und im Abschlussbericht⁸.

2.4 Radon in Gebäuden

Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben wurden in den vergangenen Jahren Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft und in Gebäuden durchgeführt. Der Jahresmittelwert der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen liegt in Deutschland bei 50 Bq/m³. Dies entspricht bei einer durchschnittlichen Aufenthalts-

United Nations, Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with 2 Scientific Annexes. Volume I, www.unscear.org/unscear/en/publications.html

Beyermann M, Bünger T, Gehrcke K, Obrikat D: Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland. Bundesamt für Strahlenschutz (Hrsg.), BfS-SW-06/09, Salzgitter, 2009

zeit in den Räumen von ca. 19 Stunden pro Tag einer mittleren jährlichen effektiven Dosis von ca. 0,9 mSv. In Einzelfällen wurden Höchstwerte in Räumen von bis zu 10 000 Bq/m³ festgestellt. Statistisch zeigt sich eine signifikante Erhöhung des Lungenkrebsrisikos um etwa 16 % pro 100 Bq/m³. Welche Radonkonzentrationen in einzelnen Gebäuden anzutreffen sind, hängt vom geologischen Untergrund am Gebäudestandort und der Radondichtheit der Gebäudehülle ab, da in den überwiegenden Fällen das in der Bodenluft vorkommende und durch erdberührende Wände und die Bodenplatte in das Haus eindringende geogene Radon die Ursache für eine erhöhte Radoninnenraumkonzentration ist.

In den Regionen mit einer Bodenluftkonzentration von mehr als 20 000 Bq/m³ sind Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Innenraumluft zu empfehlen, um die tatsächliche Strahlenexposition betroffener Personen durch Radon bewerten und gegebenenfalls angemessene Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Bei der Planung neuer Gebäude sind Maßnahmen zur Begrenzung des Radoneintritts aus dem Boden in das Gebäude in Betracht zu ziehen, deren Umfang sich an den Standortbedingungen orientieren sollte. Bei der Bauausführung ist besonderes Augenmerk auf die konvektionsdichte Verbindung der einzelnen Elemente des Feuchteschutzes sowie die fachgerechte Abdichtung von Rohr- und Leitungsdurchführungen zu legen.

Ausführlicheres Datenmaterial auch in Form von Tabellen ist den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" (www.bfs.de/DE/mediathek/berichte/umweltradioaktivitaet/umweltradioaktivitaet.html) zu entnehmen.

3. Bewertung der Komponenten der natürlichen Strahlenexposition

3.1 Äußere und innere Strahlenexposition

Wie im Abschnitt II.2.1 dargestellt, beträgt der Mittelwert für die äußere Strahlenexposition mit Beiträgen für den Aufenthalt im Freien und in Häusern 0,7 mSv pro Jahr. Aus der Inhalation und Ingestion natürlicher Radionuklide ergibt sich bei üblichen Lebens- und Ernährungsgewohnheiten im Mittel eine jährliche effektive Dosis von etwa 1,4 mSv. In der Summe ergibt sich in Deutschland eine mittlere jährliche effektive Dosis von 2,1 mSv. Abbildung II. 2-1 zeigt die Beiträge einzelner Komponenten der Strahlenexposition zur mittleren jährlichen effektiven Dosis der Bevölkerung. In Anbetracht der Variationsbreite der einzelnen Komponenten, insbesondere der Exposition durch die Inhalation von Rn-222 und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten, liegt die jährliche effektive Dosis im Mittel in Deutschland im Bereich zwischen 2 und 3 mSv. Im UNSCEAR- Report 2008⁷ wird für die durchschnittlichen Verhältnisse weltweit ein Wert von 2,4 mSv angegeben.

Vor allem das Rn-222, das aus dem Baugrund in die Gebäude gelangt, und die natürlichen Radionuklide in Baumaterialien sind Ursachen der bereits genannten Unterschiede der natürlichen Strahlenexposition. Weitere Informationen dazu und auch zu den Möglichkeiten, die dadurch verursachten Strahlenexpositionen zu begrenzen, werden in den folgenden Abschnitt II.3.2 und Abschnitt II.3.3, gegeben.

3.2 Baumaterialien

Die von den Baustoffen ausgehende Gammastrahlung führt zu einer mittleren Umgebungsäquivalentdosisleistung in Wohngebäuden von rund 0,6 mSv/a, was einer jährlichen effektiven Dosis von 0,3 mSv entspricht.

Bei der Mehrzahl der Baustoffgruppen wurde eine Gesamtdosis deutlich unterhalb von 1 mSv/a abgeschätzt. Dieser Wert kann bei den Produktgruppen Ziegel, Leichtbeton und Beton, die allerdings die Massenprodukte darstellen, von wenigen Produkten überschritten werden. Selbstverständlich sind bei wechselnden Rohstoffen oder Zusätzen von Rückständen mit erhöhten Radionuklidgehalten Veränderungen der durchschnittlichen Exposition von 0,3 mSv/a nach oben und unten möglich.

Die durchgeführten Untersuchungen haben weiterhin gezeigt, dass der baustoffbedingte Anteil an der Radonkonzentration in Innenräumen grundsätzlich unter 20 Bq/m³ liegt. 20 Bq/m³ würden zu einer Dosis von 0,4 mSv pro Jahr führen. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass - wie national und international in der Vergangenheit beobachtet - in Einzelfällen Materialien eingesetzt werden können, die zu einer erhöhten Radoninnenraumkonzentration führen.

Die Ergebnisse des aktuellen Untersuchungsprogramms des BfS zur Radioaktivität von Baustoffen für Innenräume in Deutschland haben gezeigt, dass deren Beitrag zur externen Strahlenexposition in der Regel deutlich kleiner ist als der von der EU dafür vorgesehene Bewertungsmaßstab von 1 mSv pro Jahr. Wie aus früheren Messungen bekannt zeigen Gips, Kalksandstein, Porenbeton, Mörtel, Putz und Estriche ausnahmslos niedrige spezifische Aktivitäten für die relevanten Radionuklide. Etwas höhere Werte sind erwartungsgemäß bei Baustoffen auf Basis von

Ton (Ziegel) und bei Leichtbeton infolge des Einsatzes von Bims beobachtet worden. Für diese sind in Einzelfällen auch Strahlenexpositionen von über 1 mSv/a nicht ausgeschlossen.

In Übereinstimmung mit den Vorgaben des Strahlenschutzgesetzes werden künftig auch in Deutschland Regelungen getroffen, um nicht nur die Strahlenexposition durch Zusätze bestimmter industrieller Rückstände auf Werte unterhalb 1 mSv/a, sondern auch den Beitrag bereits natürlicherweise in den Ausgangsstoffen vorhandener Radioaktivität zu begrenzen.

3.3 Radon

Der Einfluss der Radonabgabe aus mineralischen Baumaterialien wird im Vergleich zum geogenen Radon allgemein als gering angesehen. Im Zuge einer Diskussion um eine mögliche Einbeziehung der Radonabgabe eines Baustoffes als Zulassungskriterium in der Bauproduktrichtlinie und um die vorhandene Datenbasis zu aktualisieren, wurde die Radonabgabe von in Deutschland aktuell üblichen Produkten in einem Projekt untersucht.

Generell von untergeordneter Bedeutung für die Radonkonzentrationen in Innenräumen ist in Deutschland das in Wasser gelöste Radon, welches bei dessen Anwendung in die Raumluft freigesetzt wird.

Das aus den epidemiologischen Studien abgeleitete zusätzliche Lebenszeitrisiko in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, beträgt im Alter von 75 Jahren $0,6 \cdot 10^{-5}$ pro Bq/m³ Radonkonzentration, d. h. sechs Fälle pro einer Million Betroffener für lebenslange Nichtraucher bzw. $15 \cdot 10^{-5}$ pro Bq/m³ für Raucher. Das Risiko für Ex-Raucher in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit bis zum 75. Lebensjahr an Lungenkrebs zu erkranken liegt dazwischen und verringert sich mit zunehmender Abstinenzdauer. Die Radonkonzentration, die mit einem zusätzlichen Lebenszeitrisiko von 1 pro 100 oder 1 pro 1 000 einhergeht, beträgt für kontinuierliche Raucher (eine Schachtel Zigaretten pro Tag) dementsprechend 67 Bq/m³ bzw. 6,7 Bq/m³ für kontinuierliche Raucher (1 Schachtel pro Tag) und 1 670 Bq/m³ bzw. 167 Bq/m³ für lebenslange Nichtraucher.

Im Jahr 2010 wurde im Auftrag des BfS für Deutschland erstmalig eine Kosten-Nutzen-Analyse mit unterschiedlichen potenziellen Regelungsszenarien durchgeführt⁹. Es wurden verschiedene Szenarien untersucht, die in bauliche Sanierungsmaßnahmen bei bestehenden Gebäuden und das radonsichere Errichten von Neubauten unterteilt wurden. In Gebieten mit sehr hohem Radongehalt im Boden empfiehlt sich grundsätzlich eine gasdichte (radonsichere) Abdichtung des Gebäudes zum Erdreich.

III. Zivilisatorische Strahlenexposition

1. Kernkraftwerke, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

1.1 Jahresableitungen radioaktiver Stoffe

Ausführlicheres Datenmaterial auch in Form von Tabellen ist den Jahresberichten des BMU über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" zu entnehmen. Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser der Kernkraftwerke, der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht, Berlin, Garching sowie der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe, der Forschungsreaktoren, des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben und der Schachtanlage Asse II für das Jahr 2017 sind dort getrennt nach Fortluft und Abwasser angegeben. In den Aktivitätsableitungen der Forschungszentren sind die Emissionen der dort betriebenen Leistungs- und Forschungsreaktoren enthalten. Aus den für 2017 ermittelten Aktivitätsableitungswerten geht hervor, dass die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die jährlichen Emissionen in allen Fällen eingehalten wurden (Kernkraftwerke: Abbildungen III. 1-1, III. 1-2 und III. 1-3; Forschungszentren: Abbildungen III. 1-4 und III. 1-5; Morsleben und Asse: Abbildung III. 2-2).

Die aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen berechneten Werte der Strahlenexposition der Bevölkerung sind in Abschnitt III.1.2 zusammengefasst. Weiterhin wird der Beitrag ausländischer kerntechnischer Anlagen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt (siehe Übersicht in den Jahresberichten des BMU zu "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung"). Über die jährlichen Emissionsraten kerntechnischer Anlagen in EU-Ländern informiert die Kommission der Europäischen Union in den Berichten "Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing plants in the European Community" ¹⁰. Die jährlichen Emissionen der Schweizer

Haucke Fl, Wichmann H-E, Brüske I, Tschiersch J, Leidl R. Gesundheitsökonomische Betrachtung zu Radonsanierungsmaßnahmen. In: Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz; BfS-RESFOR-40/11, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201102145047, Salzgitter 2011

Abbildung III.1-1

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2017 Schwebstoffe und Jod-131

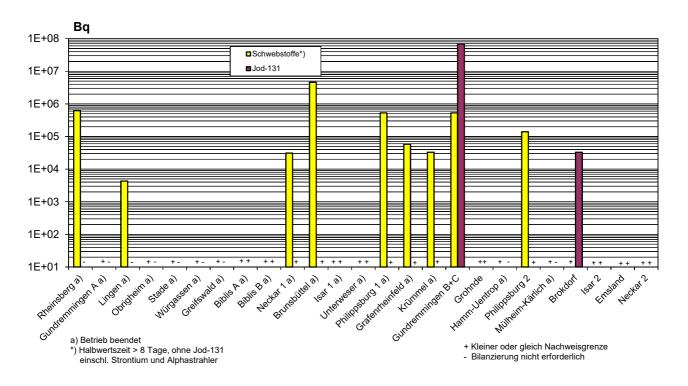


Abbildung III.1-2

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2017 (C-14) O_2 , Tritium und Edelgase

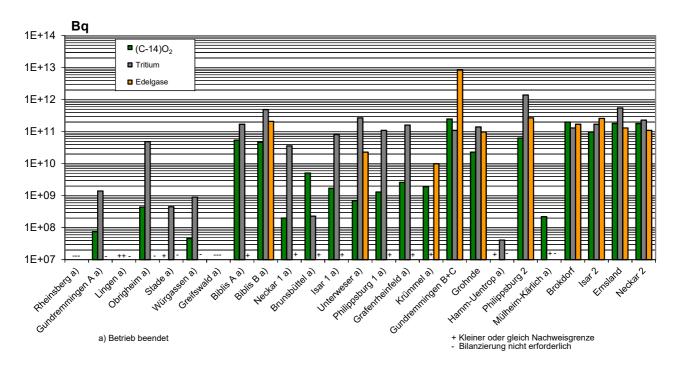
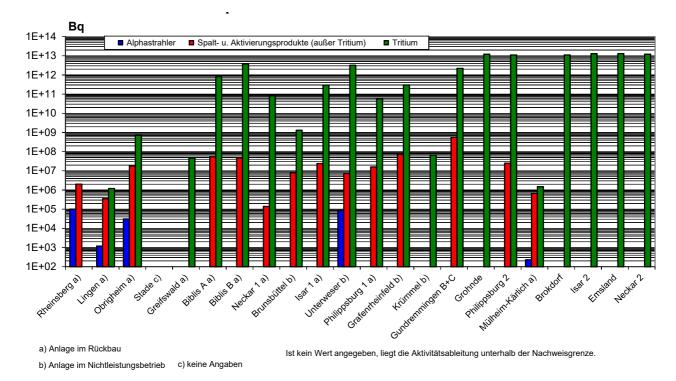


Abbildung III.1-3

Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken im Jahr 2017 Alphastrahler, Summenwerte und Tritium



Anlagen werden im Strahlenschutzbericht des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ENSI veröffentlicht (www.ensi.ch/de/dokumente/document-category/strahlenschutzberichte/).

Die für das Jahr 2017 ermittelten Daten über die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen dienen als Grundlage für die Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der einzelnen Anlagen. Diese Berechnung wurde entsprechend der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001): Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen" durchgeführt. Beim Endlager Morsleben und bei der Schachtanlage Asse II wurde das Partikelmodell ARTM (Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell) zur Ausbreitungsrechnung sowie das verbesserte Modul DARTM zur Dosisberechnung verwendet.

C-14 (Kohlenstoff-14) wird in Abbildung III. 1-2 als chemische Verbindung Kohlenstoffdioxid angegeben, hauptsächlich, weil Kohlenstoffdioxid über Assimilation in die Nahrungskette gelangt und damit zu einer Ingestionsdosis führt. Besonders aus Druckwasserreaktoren wird zusätzlich organisch gebundenes C-14 abgeleitet, dessen Dosisbeitrag aber vernachlässigbar ist, weil organisch gebundenes C-14 nicht über Assimilation in die Nahrungskette gelangt. Die gesamte abgeleitete Aktivität von C-14 in allen chemischen Verbindungen über die Fortluft im Jahr 2017 beträgt an den in Abbildung III. 1-2 aufgeführten Standorten wie im Vorjahr etwa 1,9·10¹² Bq.

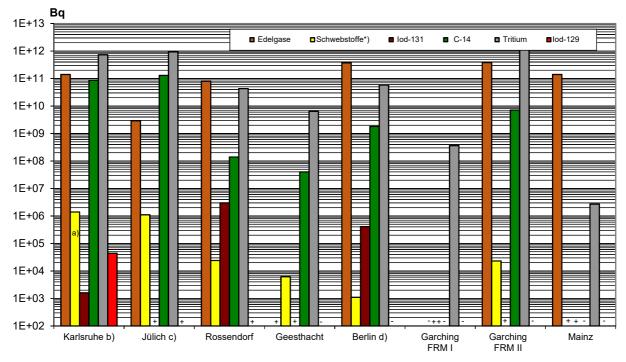
1.2 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition

Die in den Abbildungen III. 1-6, 1-7, 1-8 und III. 2-3 angegebenen Expositionswerte für die kerntechnischen Anlagen sowie für das Endlager Morsleben und die Schachtanlage Asse stellen obere Werte dar, da sie gemäß § 47 Absatz 2 StrlSchV 2001 für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen ermittelt wurden. Die Referenzperson ist eine fiktive Person, für die in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001, Anlage VII, Teil A bis C) die zu berücksichtigenden Expositionspfade, Lebensgewohnheiten und übrigen Annahmen festgelegt sind mit dem Ziel, dass bei deren Anwendung die Strahlenexposition des Menschen nicht unterschätzt wird. Die ungünstigsten Einwirkungsstellen sind die Stellen in der Umgebung einer Anlage, bei denen auf Grund der Verteilung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umgebung durch Aufenthalt oder durch Verzehr dort erzeugter

¹⁰ ec.europa.eu/energy/en/radiation-protection-publications

Abbildung III.1-4

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren im Jahr 2017 Schwebstoffe, Jod-131 und Jod-129, C-14, Tritium und Edelgase

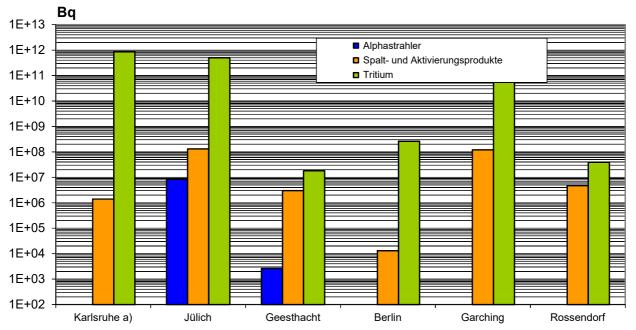


- a) davon Alphastrahler: 2,7 E+04 Bq
- b) einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage
- c) einschließlich Versuchsreaktor AVR
 d) einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle

- *) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne Jod-131, einschl. Strontium und Alphastrahler
- + kleiner oder gleich Nachweisgrenze
 Bilanzierung nicht erforderlich

Abbildung III.1-5

Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren im Jahr 2017 Alphastrahler, Summenwerte und Tritium



a) einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage

Ist kein Wert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze.

Lebensmittel die höchste Strahlenexposition der Referenzperson zu erwarten ist. Nach der im Berichtszeitraum geltenden Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001) darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 μSv, die Schilddrüsendosis höchstens 900 µSv und die Knochenoberflächendosis höchstens 1 800 µSv pro Jahr betragen.

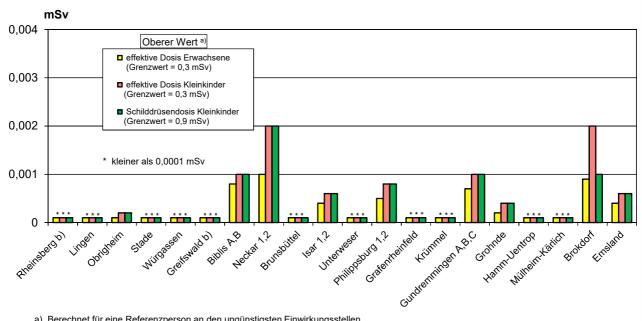
Für die Zwecke der Berichterstattung werden hier nur die Dosen für die kritischen Gruppen und Organe angegeben. In Fällen, in denen die Strahlenbelastung von Säuglingen unter der von Kleinkindern liegt, wird diese nicht angegeben. Außerdem werden Organdosen nur für das am meisten betroffene Organ angegeben.

Kernkraftwerke

Abbildung III. 1-6 enthält die Ergebnisse aus der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahr 2017 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft. Als größter berechneter Wert der effektiven Dosis für Erwachsene ergibt sich 1 µSv (unter 1 % des zulässigen Dosisgrenzwertes nach StrlSchV 2001) beim Standort Neckarwestheim sowie für Kleinkinder 2 µSv (unter 1 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV 2001) bei den Standorten Neckarwestheim und Brokdorf. Der größte berechnete Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 2 µSv (unter 1 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV 2001) ebenfalls für Neckarwestheim. Diese maximalen Werte sind gegenüber dem Vorjahr unverändert.

Abbildung III.1-6

Strahlenexposition im Jahr 2017 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft



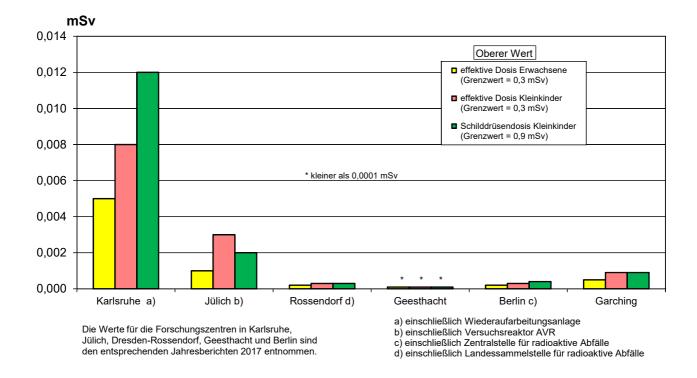
- a) Berechnet für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen
- Die Strahlenexposition konnte für Expositionspfade, bei denen Radionuklide in den Vorjahren akkumuliert wurden, nur unvollständig berechnet werden, da bei diesen Kernkraftwerken Werte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus den Jahren vor 1990 (Greifswald) bzw. vor 1984 (Rheinsberg) nicht vorliegen

Forschungszentren

Die in Abbildung III. 1-7 dargestellten Werte für die entsprechenden Strahlenexpositionen durch die Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren stammen teilweise aus den Jahresberichten der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf und Geesthacht. Die Werte für das Forschungszentrum Garching sind vom BfS errechnet worden. Die Abbildung weist für die effektive Dosis im Jahr 2017 als höchsten Wert 5 µSv (2 % des Grenzwertes) für Erwachsene beim Forschungszentrum Karlsruhe sowie 8 μSv (unter 3 % des Grenzwertes) für Kleinkinder aus. Der höchste Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 12 μSv (1 % des Grenzwertes) ebenfalls am Standort Karlsruhe.

Abbildung III.1-7

Strahlenexposition im Jahr 2017 in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft



Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Lingen und Gronau liegen die für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder sowie die oberen Werte der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft jeweils unter $0.1~\mu Sv$.

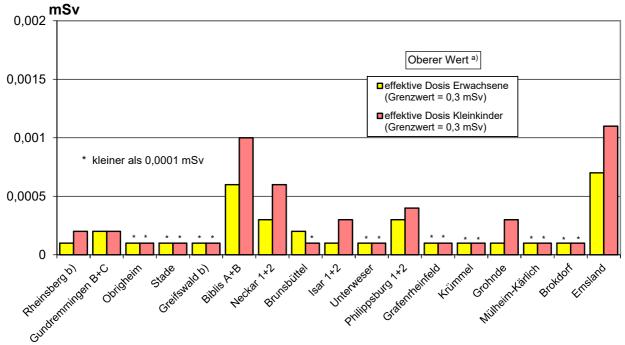
Abwasser

In Abbildung III. 1-8 sind die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder zusammengestellt. Hierbei wurden ungünstige Verzehrs- und Lebensgewohnheiten angenommen, insbesondere für Erwachsene ein hoher Konsum an Flussfisch, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird, und für beide Personengruppen der Aufenthalt von 1000 Stunden am Flussufer oder auf Wiesen in Flussnähe. Der größte berechnete Wert der effektiven Dosis und der Organdosis für Kleinkinder beträgt 1,1 µSv (entsprechend ca. 0,4 % des Grenzwertes) am Standort des Kernkraftwerkes Emsland. Der höchste berechnete Wert einer Organdosis beträgt 2,4 µSv und wurde für die Knochenoberfläche der Altersgruppe der 12- bis 17-Jährigen in der Umgebung des Kernkraftwerkes Rheinsberg berechnet.

Entsprechend der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV 2001 wurde die Strahlenexposition am Unterlauf der Flüsse näher betrachtet, wobei jeweils sämtliche Emittenten berücksichtigt wurden. Für das Mündungsgebiet des Neckar wurde eine effektive Jahresdosis von etwa 0,5 μSv für Erwachsene und 0,8 μSv für Kleinkinder ermittelt; für den Main wurden für beide Personengruppen Werte von weniger als 0,1 μSv und für die Weser von 0,2 μSv für Erwachsene und für Kleinkinder berechnet; am Rhein liegen die berechneten effektiven Jahresdosen bei 0,1 μSv und an der Donau bei 0,2 bzw. 0,4 μSv. Zu diesen Werten trägt vor allem die äußere Bestrahlung auf Überschwemmungsgebieten bei, die im Wesentlichen durch Ablagerungen aus früheren Jahren bedingt ist.

Abbildung III.1-8

Strahlenexposition im Jahr 2017 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser



a) Berechnet für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen

b) Die Strahlenexposition konnte für Expositionspfade, bei denen Radionuklide in den Vorjahren akkumuliert wurden, nur unvollständig berechnet werden, da bei diesen Kernkraftwerken die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser der Jahre vor 1990 nicht vorliegen

Für die Strahlenbelastung über das Abwasser aus Forschungszentren ergeben sich im Jahr 2017 in Jülich obere Werte von 2,5 μ Sv für Erwachsene. In Karlsruhe und Geesthacht betragen die Werte < 0,1 μ Sv. Die Angaben stammen aus den jeweiligen Jahresberichten.

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Lingen und Gronau liegen die durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder unter $0,1~\mu Sv$, der obere Wert der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder liegt in Lingen und in Gronau unter $0,1~\mu Sv$.

Die durch die Ableitungen von Alphastrahlern mit dem Abwasser bedingten oberen Werte der effektiven Dosis von Erwachsenen und Kleinkindern in der Umgebung Kernbrennstoff verarbeitender Betriebe liegen wie im Vorjahr auch im Jahr 2017 jeweils unter 0,1μSv.

2. Sonstige kerntechnische Anlagen

2.1 Zentrale und dezentrale Zwischenlager

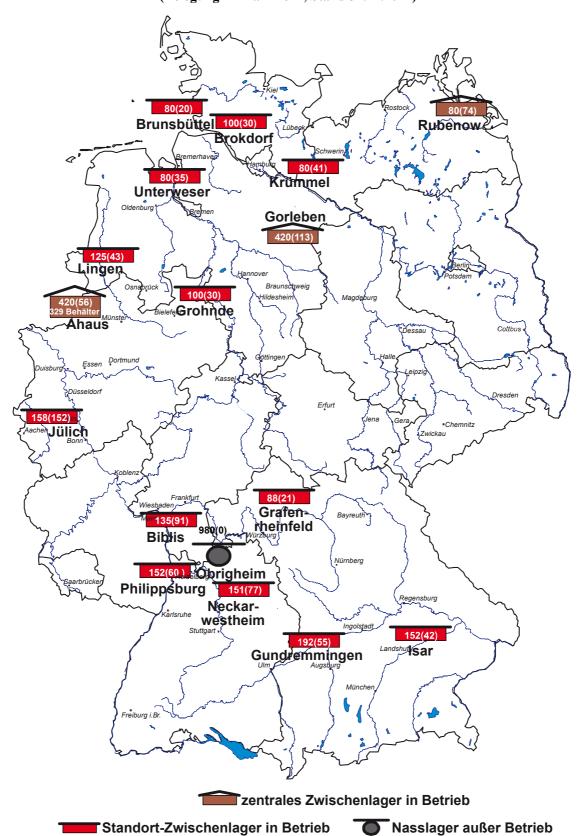
Bei den in Betrieb befindlichen zentralen Zwischenlagern für bestrahlte Brennelemente wie dem Transportbehälterlager (TBL) Ahaus, dem TBL Gorleben¹¹ sowie dem Zwischenlager Nord (Rubenow bei Greifswald) treten im Normalbetrieb keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. Tabelle IV.2-1 zeigt die gemessene Ortsdosis außerhalb des Geländes der zentralen Zwischenlager (Messwerte der Betreiber). Für die in Betrieb befindlichen dezentralen Standort-Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten treten im Normalbetrieb ebenfalls keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. Daher ist die hieraus resultierende Strahlenexposition der Bevölkerung vernachlässigbar gering. Messbar ist je nach Lagerbelegung lediglich die Dosis bzw. Dosisleistung der Gamma- und Neutronenstrahlung in unmittelbarer Nähe dieser Anlagen. Sie wird zusammen mit der

_

Das TBL Gorleben ist zusätzlich für die Aufbewahrung hochradioaktiver Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken genehmigt.

Abbildung III.2-1

Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Deutschland im Jahr 2017 mit Anzahl der Stellplätze (Belegung in Klammern, Stand 31.12.2017)



Direktstrahlung der entsprechenden Kernkraftwerksanlage erfasst. Abbildung III. 2-1 zeigt eine Übersicht über die in Betrieb befindlichen Zwischenlager, die Anzahl der Stellplätze und die Belegung im Jahr 2017. Das BfE hat die Genehmigung zur Beförderung von 15 Behältern mit insgesamt 342 bestrahlten Brennelementen in das SZL Neckarwestheim am 16. Mai 2017 erteilt. Mit insgesamt fünf Transporten mit jeweils drei Behältern wurden die 342 bestrahlten Brennelemente des Kernkraftwerks Obrigheim im Zeitraum Juni bis Dezember 2017 in das SZL Neckarwestheim verbracht. Der Antrag auf Aufbewahrung am Standort Obrigheim in einem neu zu errichtenden Standort-Zwischenlager wurde am 13. Februar 2018 zurückgezogen. 12

Tabelle IV.2-1

Ortsdosis* durch Direktstrahlungan den zentralen Zwischenlagern im Jahr 2017

Zwischenlager	Gamma-Ortsdosis	Neutronen-Ortsdosis
	mSv/a	mSv/a
Transportbehälterlager Ahaus	0,47 (MP3, 9)	<0,05 (alle MP, I.HJ) <0,05 (alle MP, II.HJ)
Zentrales Zwischenlager Nord (Rubenow)	0,95 (MP15)	0,11 (MP14)
Transportbehälterlager Gorleben	0,73 (MP8)	0,33 (MP14)**

^{*} höchster gemessener Wert des Betreibers am Anlagenzaun einschließlich des natürlichen Untergrunds

MP = Messpunkt, HJ = Halbjahr, < = kleiner Nachweisgrenze

Bei Einrichtungen wie z. B. Abklingbecken für Brennelemente oder Anlagen zur Abfallkonditionierung, die sich innerhalb von Kernkraftwerken, Kernforschungszentren und sonstigen kerntechnischen Betrieben befinden und in deren Fortluftführung bzw. Fortluftplan und ggf. Abwasserbehandlung einbezogen sind, werden die Emissionen in den bilanzierten Ableitungen des jeweiligen Standortes erfasst und bei der Ermittlung der Strahlenexposition der Bevölkerung berücksichtigt.

2.2 Endlager

Morsleben

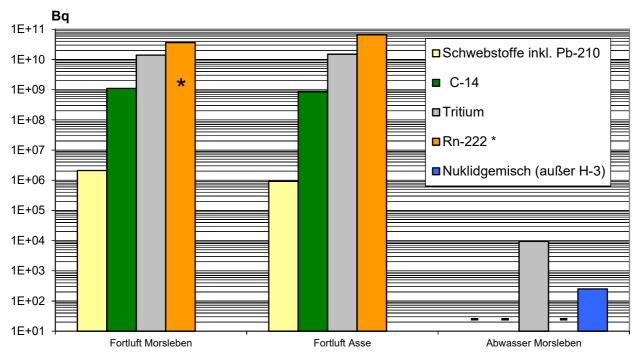
Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus dem Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ist in Abbildung III. 2-2 dargestellt. Die daraus resultierende Strahlenexposition zeigt Abbildung III. 2-3. Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis für Erwachsene betrug 2017 0,4 μ Sv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 1 μ Sv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 2 μ Sv; dies sind 0,6 %, 0,3 % bzw. 0,1 % des Grenzwertes nach der StrlSchV 2001 von 0,3 mSv. Die Dosis des für alle Altersgruppen kritischen Organs Knochenoberfläche errechnete sich zu 10 μ Sv für Erwachsene, 10 μ Sv für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) und 19 μ Sv für mit Muttermilch ernährte Säuglinge (ca. 0,6 %, 0,5 % bzw. 1 % des Grenzwertes von 1,8 mSv). Die Dosiswerte sind allerdings sehr konservativ, da kein Abzug der Radioaktivität natürlichen Ursprungs in der Fortluft erfolgt. Die berechneten Dosiswerte sind gegenüber dem Vorjahr mit dem verbesserten DARTM-Modul berechnet und daher leicht erhöht. Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis liegen auch im Berichtsjahr 2017 unterhalb von 0,1 μ Sv für Erwachsene und Kleinkinder.

^{**} Messwert der unabhängigen Messstelle (NLWKN) im Bereich der ungünstigsten Einwirkungsstelle des TBL Gorleben an der Grenze des Betriebsgeländes einschließlich des natürlichen Untergrunds (MP 14 liegt in der Nähe des MP 6 des Betreibers)

Bredberg I, Hutter J, Koch A, Kühn K, Niedzwiedz K, Philippczyk F, Wähning R: Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2017. BfE-KE-Bericht BfE-KE-03/18, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018061315207, Salzgitter, Juni 2018

Abbildung III.2-2

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben und der Schachtanlage Asse im Jahr 2017

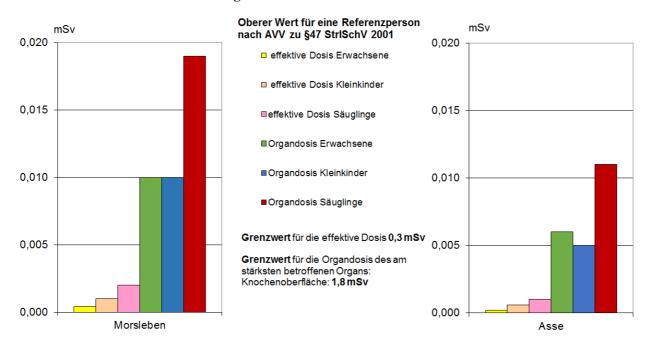


^{*} aus den Zerfallsprodukten errechnete, gleichgewichtsäquivalente Radon-222-Aktivitätskonzentration

- Bilanzierung nicht erforderlich

Abbildung III.2-3

Maximale Strahlenexposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben und der Schachtanlage Asse durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2017



Schachtanlage Asse II

Seit 1. Januar 2009 wird die Schachtanlage Asse II verfahrensrechtlich wie ein Endlager für radioaktive Abfälle behandelt. In Abbildung III. 2-2 sind die im Jahr 2017 mit der Fortluft aus der Schachtanlage Asse II abgeleiteten radioaktiven Stoffe dargestellt.

Auf Grund der Komplexität des Standorts mit Orografie, zahlreichen Gebäuden in Verbindung mit einer niedrigen Emissionshöhe wurde ab 2015 wie bereits am Standort Morsleben das Lagrange-Modell ARTM angewendet. Bei dieser realistischeren Ausbreitungsrechnung mit ARTM wird eine deutlich größere Kaminüberhöhung simuliert und die konservative Berücksichtigung der Orografie im Gauß-Modell entfällt. Es erfolgten keine Ableitungen über das Abwasser.

Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis einschließlich der Inhalationsdosis durch Radonfolgeprodukte beträgt im Jahr 2017 für Erwachsene 0,2 μSv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 0,6 μSv und für Säuglinge 1 μSv. Dies entspricht einer Ausschöpfung von etwa 0,3 % des Grenzwertes gemäß Strahlenschutzverordnung von 0,3 mSv (StrlSchV 2001). Die Dosis einschließlich der Inhalationsdosis durch Radon-Folgeprodukte für das kritische Organ Knochenoberfläche wurde mit 11 μSv für Säuglinge, 5 μSv für Kleinkinder und 6 μSv für Erwachsene ermittelt. Damit liegt die Grenzwertausschöpfung bei etwa 0,3 % des zulässigen Organdosisgrenzwertes von 1,8 mSv (Abbildung III. 2-3).

3. Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen

Die für 2017 aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV 2001 berechneten Werte der Strahlenexposition haben die in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001) festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten. Sie liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres und betragen bei der effektiven Dosis und bei den einzelnen Organdosen weniger als 10% des jeweiligen Dosisgrenzwertes. Damit sind die oberen Werte der Strahlenexposition durch Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen deutlich kleiner als die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland.

Der Beitrag der kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland sowie im angrenzenden Ausland zur mittleren effektiven Dosis einer Person der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland lag auch im Jahr 2017 deutlich unter $10~\mu Sv$ pro Jahr. Die aktuellen Werte für die Strahlenexposition durch kerntechnische Anlagen in tabellarischer Form sind den ausführlichen Jahresberichten des BMU zu "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" zu entnehmen.

4. Umweltradioaktivität aus Bergbau und Sanierung durch die Wismut

Bei den Sanierungsarbeiten der Wismut GmbH werden mit Genehmigung der zuständigen Behörden vor allem Radionuklide der Uran-Radium-Zerfallsreihe mit der Fortluft bzw. mit den Schacht- oder Abwässern in die Umwelt abgeleitet.

Nachfolgend wird ein Überblick über die Emissions- und Immissionssituation in den betroffenen Regionen gegeben, der auf ausgewählten Daten aus der Umweltüberwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau) beruht. Detailinformationen über die Sanierungstätigkeit und die Ergebnisse der Umweltüberwachung geben die jährlichen Umweltberichte der Wismut GmbH (www.wismut.de).

Tabellarische Übersichten über die gemessenen Werte finden sich in den Jahresberichten des BMU zu "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

Emissionen

In Abbildung III. 4-1 ist diese Gesamtentwicklung auf die einzelnen Standorte der Wismut-Sanierung aufgeschlüsselt. Es wurden die aus den Betrieben insgesamt in die Atmosphäre abgeleiteten Mengen radioaktiver Stoffe zusammengestellt. In Schlema/Alberoda liegen die Jahresableitungen von Rn-222 und langlebigen Alpha-Strahlern unterhalb der Vorjahreswerte. In Dresden-Gittersee haben sich die Jahresableitungen von Rn-222 gegenüber dem Vorjahr ebenfalls geringfügig verringert. Die Messung langlebiger Alphastrahler in Dresden-Gittersee ergab dagegen im Vergleich zu 2016 etwas höhere Emissionen. Die gesamten Ableitungen von Rn-222 und langlebigen Alpha-Strahlern werden jedoch fast vollständig vom Standort Schlema/Alberoda verursacht. Die daraus resultierende jährliche Strahlenexposition kann hier bis zu 0,5 mSv betragen, was den geltenden Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung deutlich unterschreitet.

Abbildung III.4-1

Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern bzw. der Fortluft in die Atmosphäre aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2017

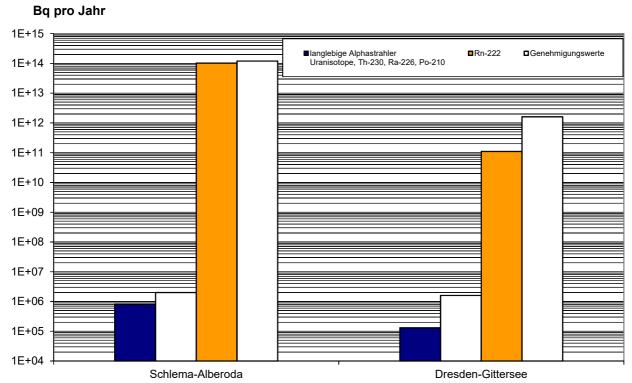
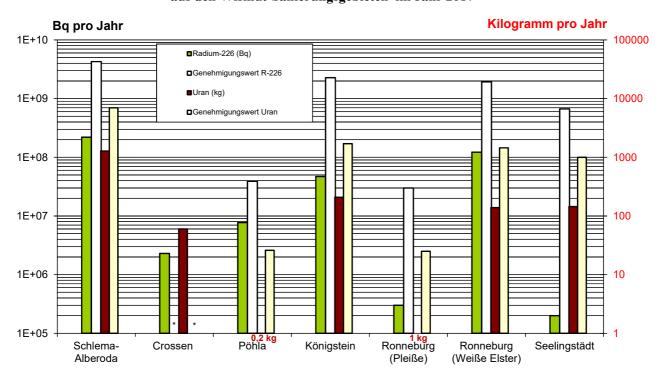


Abbildung III.4-2

Flüssige Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2017



^{*} keine Genehmigungswerte, Maximalkonzentrationen für Uran und Radium wurden eingehalten

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer (Vorfluter), die in Abbildung III. 4-2 zusammengestellt sind, liegen ebenfalls seit Jahren deutlich unter den Genehmigungswerten. Die gesamte Abwassermenge ist 2017 gegenüber dem Vorjahr gesunken und setzte sich aus den Niederschlagswässern sowie den hoch belasteten Wässern aus der Flutung, Porenwässern aus den verbliebenen industriellen Absetzanlagen sowie den Sickerwässern zusammen. Die Freisetzungen von Uran und Ra-226 entsprechen in ihrer Gesamtmenge und Konzentration denen im Jahr 2016. Die Freisetzungen in die Vorfluter Pleiße und Weiße Elster in Thüringen verringerten sich insgesamt, während die in die Zwickauer Mulde und teils auch in die Elbe in Sachsen etwas anstiegen, siehe Abbildung III. 4-2. Insgesamt belegen diese Werte die sichere Betriebsweise der weiter optimierten Wasserbehandlungsanlagen. Details zur Errechnung der Genehmigungswerte für flüssige Ableitungen finden sich in den Jahresberichten des BMU zu "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung". Aus den Ableitungen in die betroffenen Gewässer resultiert an keiner Stelle eine nennenswerte Strahlenexposition. Sie kann bei Unterstellung realistischer Nutzungsszenarien im Einzelfall für die kritische Personengruppe bis zu 0,25 mSv/a betragen, so dass der geltende Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung weit unterschritten wird.

5. Rückstände aus Industrie und Bergbau mit erhöhter natürlicher Radioaktivität

Im Bergbau und bei industriellen Prozessen, die Erze oder mineralische Rohstoffe verarbeiten, können Rückstände anfallen, die Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen in Konzentrationen enthalten, die über denen in oberflächennahen Gesteinen und Böden liegen. Häufig reichern sich die Radionuklide prozessbedingt in bestimmten Rückständen oder in technischen Geräten und Einrichtungen besonders an. Dadurch können sich erhöhte Strahlenexpositionen der allgemeinen Bevölkerung oder der mit der Verwertung bzw. Beseitigung befassten Arbeitnehmer ergeben.

Ausführlichere Erläuterungen und eine Tabelle der jährlichen Mengen industrieller Rückstände mit erhöhter natürlicher Radioaktivität finden sich in den Jahresberichten des BMU zu "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" im Grundlagenteil, Abschnitt G I 2.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden mit der Strahlenschutzverordnung von 2001 (StrlSchV 2001)) weitreichende und detaillierte strahlenschutzrechtliche Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Rückständen mit erhöhter natürlicher Radioaktivität gestellt (StrlSchV 2001 Teil 3 Kapitel 3). Grundsätzlicher Maßstab der Regelungen ist die Einhaltung eines Richtwerts für den Bevölkerungsschutz in Höhe von 1 mSv/a. Sie galten ursprünglich ausschließlich für im Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung angefallene Rückstände. Seit der Novelle der Strahlenschutzverordnung von 2011 fallen auch aus dem Ausland bezogene Rückstände unter die Regelungen des Teils 3.

Rückstände mit erhöhter natürlicher Radioaktivität sowie deren Verbleib werden grundsätzlich durch die zuständigen Landesbehörden, denen der Vollzug der Strahlenschutzaufsicht obliegt, erfasst.

6. Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung in Industrie und Technik sowie im Haushalt

6.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen

Radioaktive Stoffe unterschiedlicher Art und Aktivität können in Industrieerzeugnissen, wie z. B. wissenschaftlichen Instrumenten, elektronischen Bauteilen, Leuchtstoffröhren, Ionisationsrauchmeldern, Gasglühstrümpfen, Schweißelektroden und keramischen Gegenständen, enthalten sein. Der Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen wird durch ein differenziertes Anzeige- und Genehmigungssystem geregelt, das auch einen genehmigungsfreien Umgang vorsieht, z. B. nach einer Bauartzulassung des Gerätes oder bei Unterschreiten gesetzlich festgelegter Aktivitätswerte.

Bei einigen technischen Prozessen werden Strahlenquellen zur Messung und Steuerung (z. B. für Füllstands-, Dicke- und Dichtemessung) oder zur Qualitätskontrolle bei der zerstörungsfreien Materialprüfung eingesetzt. Der Umgang mit diesen technischen Strahlenquellen bedarf in der Regel der Genehmigung oder einer Bauartzulassung.

Die StrlSchV 2001 regelte den Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen und die RöV den Einsatz von Röntgengeräten, um sowohl die Arbeitnehmer als auch die Bevölkerung vor unnötiger Strahlenexposition zu schützen. Die mittlere effektive Dosis der Bevölkerung, die aus der Verwendung dieser Industrieerzeugnisse bzw. Konsumgüter resultiert, ist sehr gering. In der Vergangenheit wurde ein Wert von weniger als 0,01 mSv abgeschätzt.

6.2 Hochradioaktive Strahlenguellen

Hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ) werden in einem zentralen Register erfasst, welches im BfS geführt wird. Durch die zentrale Erfassung dieser Quellen wird sichergestellt, dass zuständige Genehmigungs-, Aufsichts- sowie Sicherheitsbehörden jederzeit Informationen über Art, Aktivität, Besitzherrschaft sowie Standort aller in Deutschland befindlichen HRQ erhalten können. Ausführlichere Erläuterungen und eine Tabelle zur Entwicklung des Datenbestandes finden sich in den Jahresberichten des BMU zu "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

Bis zum Ende des Jahres 2017 wurden insgesamt 702 Genehmigungsinhaber mit ihren Stammdaten in das Register für hochradioaktive Strahlenquellen aufgenommen. 73 Bundes- und Landesbehörden wurde ein Zugang zum HRQ-Register erteilt.

In der Datenbank der hochradioaktiven Strahlenquellen wurden seit Errichtung des Registers im Jahre 2005 bis Ende 2017 190 000 Meldungen zu 45 500 registrierten Strahlenquellen über deren Erhalt und Abgabe aufgenommen. Von diesen 45 500 registrierten Strahlenquellen waren nur knapp 30 % "hochradioaktive Strahlenquellen" im Sinn der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001), da ein Großteil dieser Strahlenquellen sich entweder nicht mehr im Geltungsbereich der deutschen Strahlenschutzverordnung befand (also z. B. ins Ausland verbracht worden ist) oder auf Grund des radioaktiven Zerfalls (insbesondere Radionuklide mit einer geringen Halbwertszeit wie Ir-192 oder Se-75) wieder eine Aktivität unterhalb des HRQ-Grenzwertes aufwies.

6.3 Störstrahler

Störstrahler sind Geräte, z. B. Elektronenmikroskope und Hochspannungsgleichrichter, oder Einrichtungen, bei deren Betrieb ungewollt Röntgenstrahlen entstehen, die selbst nicht genutzt werden. Sie unterliegen einer Genehmigungspflicht, falls keine Bauartzulassung vorliegt oder sie nach § 5 Absatz 2, 3 oder 4 RöV ausgenommen sind. Zu den Störstrahlern gehören auch Kathodenstrahlröhren in Bildschirmgeräten wie z. B. in Fernsehgeräten älterer Bauart. Der Beitrag von Störstrahlern zur Strahlenexposition der Bevölkerung beträgt auch 2017 weniger als 0,01 mSv.

6.4 Konsumgüter und sonstige Anwendungen

Die StrlSchV 2001 verbietet zum Schutz des Verbrauchers den Zusatz von radioaktiven Stoffen bzw. die Aktivierung bei der Herstellung bestimmter Produkte wie z. B. Spielwaren, Schmuck, Lebensmittel und Tabakerzeugnisse. Sie regelt den genehmigungsbedürftigen Zusatz von radioaktiven Stoffen und die genehmigungsbedürftige Aktivierung bei der Herstellung von bestimmten Industrieerzeugnissen bzw. Konsumgütern und die Rückführung von Produkten nach Beendigung des Gebrauchs.

Fall-out durch Kernkraftwerksunfälle und durch Kernwaffenversuche

7.1 Tschernobyl

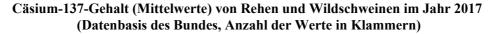
Die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Reaktorunfall von Tschernobyl wurde 2017 fast ausschließlich durch die Bodenstrahlung des im Jahr 1986 deponierten Cäsium-137 verursacht. Andere Radionuklide spielen keine Rolle mehr. Auf Grund seiner physikalischen Halbwertszeit von 30 Jahren liegen noch ca. 48 % der 1986 deponierten Aktivität vor. Bei ausschließlicher Berücksichtigung des physikalischen Zerfalls nahm die äußere Strahlenexposition gegenüber dem Vorjahr um 2,3 % ab. Unter Berücksichtigung von Abschirmeffekten durch den Boden sowie durch den Aufenthalt in Gebäuden ergibt sich eine mittlere effektive Dosis der Bevölkerung durch Bodenstrahlung von weniger als 0,01 mSv pro Jahr (zum Vergleich: 1986 0,07 mSv).

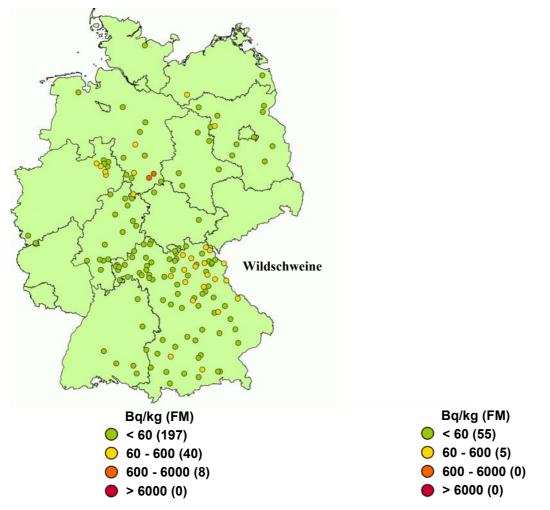
Südlich der Donau und in einigen Gebieten des Bayerischen Waldes und Ostdeutschlands kann die Bodenstrahlung infolge örtlich und zeitlich begrenzter starker Regenfälle zur Zeit des Durchzugs der radioaktiven Wolke, die zu einer erhöhten Ablagerung des Radiocäsiums am Boden geführt haben, um bis zu einer Größenordnung höher sein.

Grundnahrungsmittel wie Milch, Gemüse, Getreide, Obst und Fleisch sind durch radioaktives Cäsium aus dem Reaktorunfall nur noch geringfügig belastet. In einem umfangreichen Messprogramm nach dem Strahlenschutzgesetz im Rahmen des Integrierten Mess- und Informationssystems (IMIS) werden jährlich mehrere tausend Lebensmittelproben auf ihren Radioaktivitätsgehalt untersucht¹³. Dadurch wird eine bundesweite Überwachung der

BMU (Hrsg): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland: Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz; Stand 2017, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018100516201, Bonn, Oktober 2018

Abbildung III.7-1





Radioaktivitätspegel in Lebensmitteln sichergestellt. Nennenswerte Gehalte an Cs-137 finden sich jedoch noch in Pilzen und Wild und vereinzelt bei Fischen. Wildschweinfleisch war im Berichtsjahr mit bis zu 1170 Bq/kg mit Cs-137 belastet, Maronenröhrlinge bis zu 580 Bq/kg und Flussbarsche bis zu 25 Bq/kg. In Abbildung III. 7-1 werden Daten aus dem Integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS) dargestellt. Ausführlichere Angaben zu Maximalwerten finden sich in den Jahresberichten des BMU über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

7.2 Fukushima

2017 waren in Deutschland wie schon in der zweiten Jahreshälfte 2011 keine erhöhten Radionuklidaktivitäten aus dem Fukushima-Ereignis mehr nachweisbar. Die Messergebnisse für das Jahr 2011 sind im Bericht der Leitstellen des Bundes zusammengefasst ¹⁴. Nähere Erläuterungen enthalten die Jahresberichte des BMU über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung", Grundlagenteil, G II 1.3.

7.3 Kernwaffenversuche

In den Jahren 1945 bis 1980 wurde eine große Anzahl oberirdischer Kernwaffenversuche durchgeführt. Seit 1981 gab es nur noch unterirdische Kernwaffenversuche. Zuletzt wurden in Nordkorea 2006, 2009, 2013 und 2016 unterirdische Kernwaffenversuche durchgeführt. Im Berichtsjahr hat Nordkorea eine weitere Kernwaffe zur Explosion gebracht und zwar am 3. September.

BMU (Hrsg): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland: Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz; Stand 2011, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201204188048, Bonn, April 2012

Der allgemeine Pegel der Umweltradioaktivität durch die früheren Kernwaffenversuche in der Atmosphäre ist seit dem Vertrag über das Verbot von oberirdischen Kernwaffenversuchen von 1963 stetig zurückgegangen. Ihr Anteil an der gesamten Strahlenexposition des Menschen beträgt zurzeit weniger als 0,01 mSv pro Jahr.

IV. Berufliche Strahlenexposition

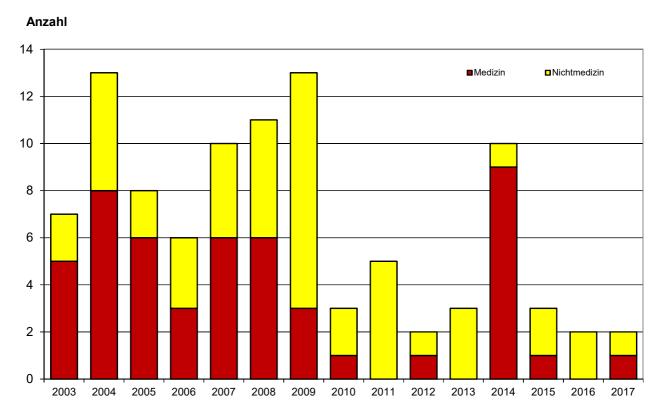
1. Zivilisatorische Strahlenquellen

1.1 Personendosisüberwachung

Alle beruflich strahlenexponierten Personen, bei denen die Möglichkeit einer erhöhten Strahlenexposition von außen – mit Ausnahme der kosmischen Strahlung (siehe "2.1 Flugpersonal") – besteht, werden mit Personendosimetern überwacht, die von vier behördlich bestimmten Messstellen ausgegeben und ausgewertet werden. Die Daten werden an das Strahlenschutzregister des Bundesamtes für Strahlenschutz übermittelt. Nicht immer führt die Ausgabe eines Dosimeters an eine überwachte Person zu einer Dosisermittlung durch eine Messstelle (Dosimeter gehen verloren oder werden beschädigt, Filmplaketten werden falsch eingelegt oder außerhalb der Kassette bestrahlt u. a. m.). Wenn aus solchen Gründen die zuständige Messstelle für eine Person im Überwachungszeitraum keine Dosis ermitteln kann, dann teilt sie dies der zuständigen Aufsichtsbehörde mit. Diese kann dann anhand definierter Kriterien und unter Berücksichtigung der Expositionsumstände eine Ersatzdosis festsetzen.

Abbildung IV.1-1

Anzahl der mit Dosimetern überwachten Personen mit Ganzkörperjahresdosen über 20 mSv

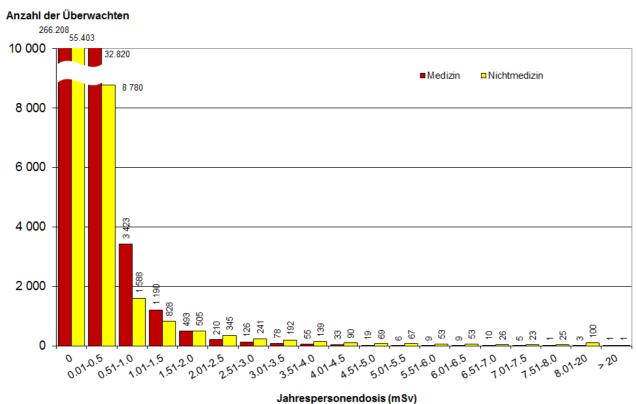


Es kommt auch vor, dass nach einer Dosisfeststellung eine Nachprüfung der Expositionsumstände veranlasst wird, weil z. B. die Überprüfungsschwelle von 6 mSv überschritten wurde (z. B.: Arbeitskittel mit Dosimeter hing im Röntgenraum und sein Besitzer war im Urlaub, Dosimeter wurde absichtlich im Direktstrahl bestrahlt). Auch in diesen Fällen, in denen der festgestellte Dosiswert keine Personendosis sondern eine Ortsdosis ist, wird von der Aufsichtsbehörde eine Ersatzdosis festgesetzt. Sofern in solchen Fällen Ersatzdosiswerte festgesetzt und dem Strahlenschutzregister mitgeteilt wurden, sind diese in der folgenden Auswertung berücksichtigt.

Die Personendosimetrie bietet den zuständigen Aufsichtsbehörden die Möglichkeit, die Einhaltung der Grenzwerte der Körperdosis nach §§ 55 und 56 StrlSchV 2001 und den §§ 31a und 31b RöV bei den beruflich strahlenschutzüberwachten Personen zu kontrollieren. Im neuen Strahlenschutzrecht sind dies die §§ 77 und 78 StrlSchV. Der Grenzwert der effektiven Dosis ist dabei gegenüber dem alten Strahlenschutzrecht unverändert und beträgt 20 mSv im Kalenderjahr. Er gilt für die Mehrzahl der mit Personendosimetern überwachten Personen; ausgenommen sind Jugendliche und Schwangere, für die strengere Grenzwerte gelten. Der Grenzwert von 20 mSv wurde im Jahr 2017 von zwei Personen überschritten. Bezogen auf die Gesamtzahl der Überwachten sind dies 0,0008 % (Abbildung IV. 1-1).

Abbildung IV.1-2

Verteilung der Jahrespersonendosen der mit Dosimetern überwachten Personen im Jahr 2017



Die Zusammenstellung der Fälle mit Jahrespersonendosen über 20 mSv gibt nur Aufschluss über den Stand der Einhaltung der Grenzwerte. Ein quantitatives Bild der Strahlenexposition aller Überwachten vermitteln die Häufigkeitsverteilungen der Jahrespersonendosen. Die Jahrespersonendosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister mitgeteilten, gültigen Personendosiswerte einer Person im Kalenderjahr. Die Dosisanteile durch natürliche externe Strahlenexposition werden dabei subtrahiert. In der Abbildung IV. 1-2 ist jeweils für den medizinischen und nichtmedizinischen Arbeitsbereich die Anzahl von Personen in verschiedenen Dosisintervallen angegeben. Liegt die Strahlenexposition während des ganzen Jahres unterhalb der unteren Erkennungsgrenze für Ganzkörperdosimeter von 0,05 mSv, dann wird von der Messstelle für die überwachte Person eine Jahrespersonendosis von 0 mSv festgelegt. Dies traf für den größten Teil der überwachten Personen zu. Eine messbare berufliche Strahlenexposition erhielten deshalb nur 14 % aller mit Personendosimetern überwachten Personen.

Die Jahreskollektivdosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister gemeldeten gültigen Personendosiswerte im Kalenderjahr. Die mittlere Jahrespersonendosis im Jahr 2017 betrug 0,06 mSv. Bildet man den Mittelwert über die Personen, die einer messbaren Strahlenexposition ausgesetzt waren (ca. 51 000 Personen), so ergibt sich für diese Gruppe der Exponierten eine mittlere Jahrespersonendosis von 0,45 mSv (Vorjahr: 0,47 mSv).

Ist vorauszusehen, dass im Kalenderjahr die Teilkörperdosis für die Hände, die Haut oder die Augenlinse festgelegte Dosiswerte überschreiten kann, so ist die Dosis für diese Körperteile durch weitere Dosimeter festzustellen. Diese Überwachung wurde im Jahr 2017 für die Hände bei ca. 24 000 Personen durchgeführt. Von diesen 24 000

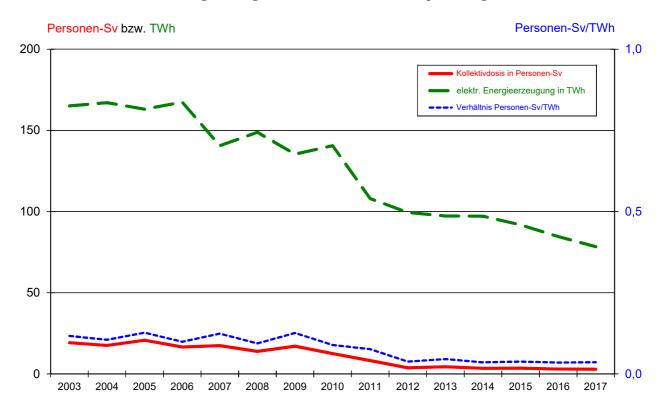
Überwachten wiesen ca. 7 000 Personen Teilkörperdosen von mehr als 0,5 mSv auf (untere Erkennungsgrenze für Teilkörperdosimeter). Im Jahr 2017 kam es zu zwei Überschreitungen des Grenzwertes für Hände.

1.2 Beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen

Eine wichtige Teilgruppe der mit Personendosimetern Überwachten ist das Eigen- und Fremdpersonal in kerntechnischen Anlagen, insbesondere in Kernkraftwerken zur Stromproduktion. Grundlage für die folgenden Zeitverläufe sind Erhebungen der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Abbildung IV.1-3

Erzeugte Energie, Kollektivdosis und Dosis pro Energie



Schwankungen bei der Jahreskollektivdosis hängen überwiegend mit Änderungen bei der Anzahl des eingesetzten Fremdpersonals zusammen. In Jahren mit vermehrten Revisionen wird verstärkt Fremdpersonal eingesetzt, das dosisintensive Wartungsarbeiten durchführt. Die Werte verringerten sich ab dem Jahr 2012 gegenüber den Vorjahren. Ursache des Rückgangs ist das Abschalten der 8 Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel im Jahr 2011 sowie Grafenrheinfeld im Jahr 2015. Jahrespersonendosen von mehr als 20 mSv traten 2017 bei Beschäftigten in Kernkraftwerken und sonstigen kerntechnischen Anlagen nicht auf. Die Daten für die letzten Jahre sind geschätzt, da eine Zuordnung des Personals zu den in Betrieb befindlichen Reaktoren erst nach Vorlage der aktuellen o.g. GRS-Erhebung möglich ist. Angaben über die berufliche Strahlenexposition in Kernkraftwerken sind in Abbildung IV. 1-3 enthalten.

1.3 Inkorporationsüberwachung

Beruflich strahlenexponierte Personen, bei denen während ihrer Tätigkeit eine Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper nicht ausgeschlossen werden kann, werden in der Regel durch Aktivitätsmessungen in Ganzund Teilkörperzählern bzw. durch Analyse ihrer Ausscheidungen überwacht. Von den Inkorporationsmessstellen wurden 969 Personen im Jahr 2017 (Vorjahr: 1215) überwacht, die Kollektivdosis durch Inkorporation betrug 0,05 Personen-Sv. Die höchste Jahrespersonendosis infolge von Inkorporation lag bei 24 mSv und damit über dem Jahresgrenzwert von 20 mSv. Von den 969 Überwachten hatten lediglich 70 Personen Dosiswerte oberhalb der Nachweisgrenze.

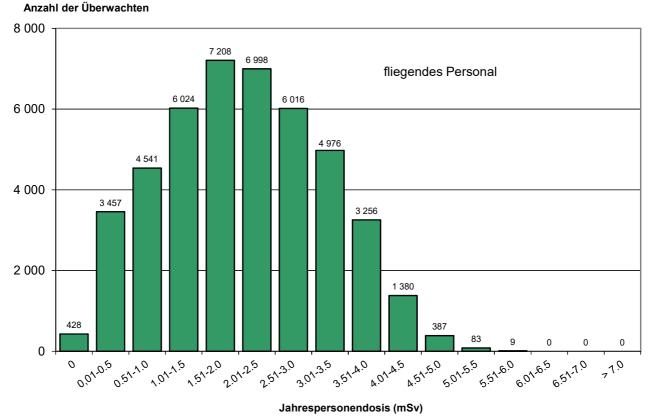
2. Natürliche Strahlenquellen

2.1 Flugpersonal

Mit der Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 wurden die Anforderungen der Richtlinie 96/29 Euratom in nationales Recht umgesetzt. Überwachungspflichtig ist damit auch fliegendes Personal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von mindestens 1 mSv im Kalenderjahr erhalten kann. Die Betreiber von Flugzeugen ermitteln mit Computerprogrammen die Dosiswerte der kosmischen Strahlenexposition, ordnen diese personenbezogen ihrem Personal zu und geben diese über das Luftfahrt-Bundesamt an das Strahlenschutzregister des BfS weiter.

Abbildung IV.2-1

Verteilung der Jahrespersonendosis beim fliegenden Personal im Jahr 2017

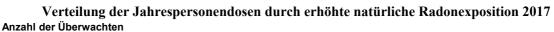


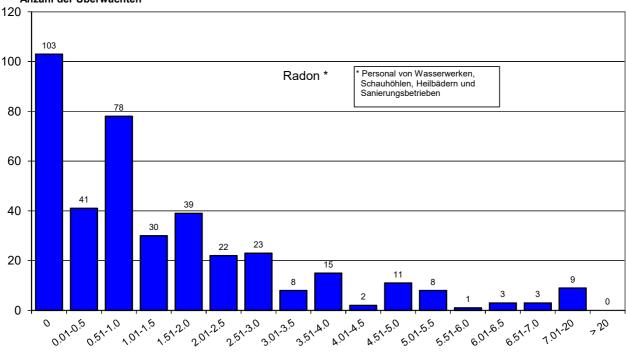
In Deutschland wurden im Jahr 2017 insgesamt 44 700 Personen (Vorjahr: 43 000) überwacht, die mittlere effektive Jahresdosis betrug 2,1 mSv (Vorjahr 2,0 mSv). Der höchste Jahrespersonendosiswert liegt bei 5,9 mSv. Die Kollektivdosis für das Jahr 2017 beträgt ca. 93 Personen-Sv. Damit zählt das fliegende Personal bezüglich der Kollektivdosis und der mittleren Jahresdosis zu den am höchsten strahlenexponierten Berufsgruppen Deutschlands. Auch die Form der Dosisverteilung (Abbildung IV. 2-1) und ihre zeitliche Schwankung ist nicht mit anderen Berufsgruppen vergleichbar. Wichtige Einflussgröße auf die Jahresdosis ist die zyklische Schwankung der Sonnenaktivität, die physikalisch bedingt die Höhenstrahlung beeinflusst.

2.2 Arbeitsplätze mit erhöhter Radonexposition (Wasserwerke, Schauhöhlen, Heilbäder und Sanierungsbetriebe)

Für Personen, bei denen am Arbeitsplatz erheblich erhöhte Expositionen durch natürliche Strahlungsquellen auftreten können, ist eine Überwachung durchzuführen. Dies betrifft z. B. untertägige Bergwerke, Schauhöhlen und Anlagen der Wassergewinnung sowie Arbeiten zur Stilllegung und Sanierung der Betriebsanlagen des Uranerzbergbaus (Beschäftigte der Wismut GmbH).

Abbildung IV.2-2





Jahrespersonendosis (mSv)

Insgesamt wurden im Jahr 2017 dem Strahlenschutzregister im BfS für 396 Personen (Vorjahr: 374 Personen) Dosiswerte übermittelt. Von diesen 396 Personen führten 38 Personen (Vorjahr: 53 Personen) Sanierungsarbeiten in den Betrieben der Wismut GmbH aus. Die Kollektivdosis der 396 Beschäftigten betrug 0,6 Personen-Sv, die mittlere Jahrespersonendosis 1,6 mSv (Vorjahr: 3,2 mSv). Im Jahr 2017 gab es keine Überschreitungen des Jahresgrenzwertes von 20 mSv (2016: 6 Überschreitungen). Der höchste Wert der effektiven Jahresdosis betrug 16 mSv (Vorjahr: 30 mSv). Die Dosisverteilung zeigt Abbildung IV. 2-2.

3. Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse

Durch die strengen Vorschriften im Strahlenschutzrecht sind meldepflichtige besondere Vorkommnisse mit Personenbeteiligung beim Umgang mit ionisierenden Strahlen und radioaktiven Stoffen selten. Derartige Vorkommnisse werden in den Jahresberichten "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" des BMU zusammengefasst.

Ein Großteil der für das Jahr 2017 gemeldeten Vorkommnisse sind Funde von radioaktivem Material, die meist durch eine nicht ordnungsgemäße Entsorgung des radioaktiven Stoffes verursacht wurden. Dabei kam es in keinem Fall zu einer radiologischen Gefährdung.

Ein Teil der gemeldeten Vorkommnisse trat im medizinischen Anwendungsbereich auf. Durch menschliche Fehler (z. B. falsche Einstellungen, Patientenverwechslungen, Übertragungsfehler) wurden im Jahr 2017 acht Vorkommnisse mit unbeabsichtigten Expositionen in der Medizin bekannt.

V. Medizinische Strahlenexposition

Medizinische Anwendungen ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe haben sowohl bei Diagnostik als auch bei Therapie einen hohen Standard erreicht. Bei der Indikationsstellung wie auch bei der Durchführung werden hohe Qualitätsanforderungen gestellt.

Eine ausführliche Einführung in das Thema "Medizinische Strahlenexposition" findet sich in den Jahresberichten "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" des BMU (G IV Grundlagen zur Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen).

1. Röntgendiagnostik

Im Folgenden beinhaltet der Begriff "Untersuchung" – gemäß internationaler Standards – alle Röntgenleistungen, die – bezogen auf ein Organ – zur Beantwortung einer klinischen Fragestellung mittels einer Röntgenmodalität (konventionelle Röntgenuntersuchung, Durchleuchtung, CT) notwendig sind. So wird z. B. bei einer Angiographie am Herzen nicht jeder Teilschritt (Kontrastmitteleinbringung, 1. Serie, 2. Serie, etc.) als getrennte Untersuchung gezählt sondern alle Teilschritte zusammen als eine Untersuchung. Zahnaufnahmen werden als gesonderte Untersuchungen gerechnet, wenn sie unterschiedliche Zähne bzw. Zahngruppen betreffen.

Bezüglich der Quellen für die Erfassung der Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen wird auf den Grundlagenteil "Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen" der Jahresberichte "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" des BMU verwiesen. In diesem Bericht werden die zum Redaktionsschluss (November 2018) vorliegenden Daten dargestellt. Diese beziehen sich auf die Jahre 2007 bis 2015. Es wird darauf hingewiesen, dass Abweichungen zu Ergebnissen vorliegen, die in älteren Berichten präsentiert wurden. Diese beruhen im Wesentlichen auf veränderten Datenquellen für den stationären Bereich, siehe auch die Jahresberichte 2015 und 2016. Zum einen werden – insbesondere für CT-Untersuchungen – Daten des statistischen Bundesamtes berücksichtigt. Zum anderen liegen für den stationären Bereich seit 2017 nun auch aktuellere Daten zu den Häufigkeiten konventioneller Röntgenaufnahmen vor, für die keine Daten des statistischen Bundesamtes existieren und die bislang mithilfe von Ergebnissen eines deutlich zurückliegenden Forschungsvorhabens abgeschätzt werden mussten.

Für die Abschätzung der kollektiven effektiven Dosis bzw. der mittleren effektiven Dosis pro Kopf werden überwiegend repräsentative Werte aus Daten der ärztlichen Stellen berücksichtigt, die für häufige und/oder dosisintensive Untersuchungen regelmäßig zum Zweck der Aktualisierung der diagnostischen Referenzwerte an das BfS übermittelt werden. Für Untersuchungen, die hiermit nicht abgedeckt werden, wird jeweils eine über die Jahre konstante Einzeldosis pro Untersuchungsart angenommen.

Für das Jahr 2015 wurde für Deutschland eine Gesamtzahl von etwa 136 Millionen Röntgenuntersuchungen abgeschätzt (ohne zahnmedizinischen Bereich: etwa 78 Millionen Röntgenuntersuchungen). Die mittlere Anzahl von Röntgenanwendungen in Deutschland lag während des betrachteten Zeitraums 2007 bis 2015 nahezu konstant bei etwa 1,7 pro Einwohner und Jahr. Die Häufigkeit von zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen (Zähne und Kiefer) nahm zwischen 2007 und 2015 von etwa 0,6 auf 0,7 Untersuchungen pro Einwohner und Jahr zu, was 2015 etwa 40 % der Gesamtanzahl aller Röntgenuntersuchungen entspricht. Dieser Anstieg ist durch Röntgenuntersuchungen des Kiefers bedingt, die inzwischen etwa 20 % aller zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen ausmachen. Neben den Röntgenuntersuchungen im zahnmedizinischen Bereich entfällt der größte Teil aller Röntgenanwendungen auf konventionelle Untersuchungen des Skeletts (d. h. Schädel, Schultergürtel, Wirbelsäule, Beckengürtel, Extremitäten) und auf den Thorax (Brustkorb, siehe Abbildung V. 1-1).

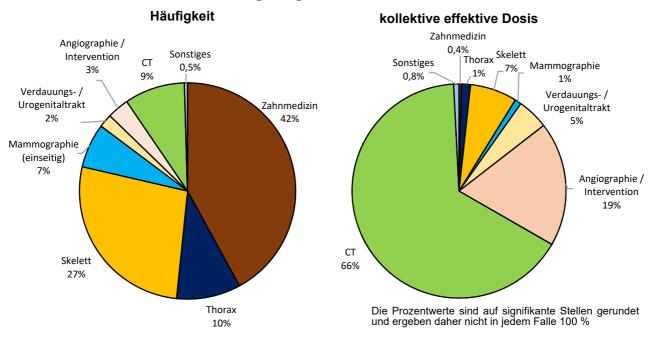
Die Anzahl der meisten konventionellen Röntgenuntersuchungen hat im betrachteten Zeitraum abgenommen (z. B. Schädel um mehr als 15 %, Thorax und Wirbelsäule um beinahe 25 %, Verdauungs- und Urogenitaltrakt um mehr als 30 %). Die Häufigkeit von Mammographien nahm infolge der Einführung des Mammographie-Screening-Programms zwischen 2007 und 2009 um ca. 35 % zu und verläuft – nach anschließender geringfügiger Abnahme – ab 2011 weitgehend konstant.

In der Trendanalyse am auffälligsten ist die stetige Zunahme der Computertomographie (CT)-Untersuchungen – insgesamt hat sich die Anzahl der CT-Untersuchungen zwischen 2007 und 2015 um etwa 40 % erhöht. Ein noch deutlicherer Anstieg ist auch bei der Magnetresonanztomographie (MRT) zu verzeichnen, einem bildgebenden Untersuchungsverfahren, das keine ionisierende Strahlung verwendet (Zunahme um etwa 60 %). Inzwischen ist die Anzahl von CT- und MRT-Untersuchungen in etwa gleich (siehe 1.4). Welches der beiden Verfahren im Einzelfall anzuwenden ist, hängt von der diagnostischen Fragestellung, der klinischen Situation (z. B. Notfall) und natürlich auch der Verfügbarkeit ab.

Die mittlere effektive Dosis aus Röntgenuntersuchungen pro Einwohner in Deutschland beläuft sich für das Jahr 2015 auf knapp 1,6 mSv. Über den Beobachtungszeitraum 2007 bis 2015 ist insgesamt ein ansteigender Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr zu verzeichnen. Dieser Trend ist im Wesentlichen durch die Zunahme der CT-Untersuchungshäufigkeit und der damit einhergehenden Zunahme der effektiven Dosis pro Kopf verursacht. Der Anstieg der CT-bedingten pro-Kopf-Dosis fiel wegen der über die Jahre leicht abnehmenden Dosis pro CT-Untersuchung mit etwa 30 % etwas moderater aus als die zugehörige Zunahme der CT-Häufigkeit. Demgegenüber nahm die effektive Dosis pro Einwohner für die Summe der restlichen Untersuchungsverfahren über die Jahre 2007 bis 2015 ab. Diese Abnahme ist bedingt sowohl durch die zurückgehende Häufigkeit konventioneller Röntgenuntersuchungen als auch den Rückgang der effektiven Dosis einiger dieser Untersuchungen.

Abbildung V.1-1

Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für verschiedene Untersuchungen in der Röntgendiagnostik 2015 in Deutschland



Erwartungsgemäß ist der relative Anteil konventioneller Röntgenuntersuchungen an der kollektiven effektiven Dosis eher gering. Die CT und die ebenfalls dosisintensive Angiographie (einschließlich interventioneller Maßnahmen) tragen dagegen zwar nur etwa 10 % zu der Gesamthäufigkeit bei, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis betrug im Jahr 2015 jedoch mehr als 80 % (siehe Abbildung V. 1-1). ¹⁵

Röntgenreihenuntersuchungen zur Früherkennung von Brustkrebs (Mammographie-Screening)

Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung und die häufigste Krebstodesursache bei Frauen. Im Jahr 2014 wurde laut Robert-Koch-Institut¹⁶ bei etwa 69 200 Frauen eine Brustkrebsdiagnose gestellt (mittleres Erkrankungsalter: 64 Jahre). Die 5-Jahres-Prävalenz für Brustkrebs, also die Zahl der lebenden Frauen, bei denen innerhalb der vorherigen fünf Jahren diese Erkrankung neu diagnostiziert wurde, ist verglichen mit den restlichen Krebserkrankungen relativ hoch (ca. 310 000 Fälle Ende 2014). Nach Angaben des Robert-Koch-Instituts verstarben im Jahr 2014 insgesamt 17 700 Frauen an den Folgen einer Brustkrebserkrankung. Wird Brustkrebs frühzeitig erkannt, kann dies den Erfolg einer Therapie und damit die Überlebenswahrscheinlichkeit der Betroffenen erhöhen.

Die Röntgenuntersuchung der Brust (Mammographie) gilt als effektive Methode zur Früherkennung von Brustkrebs bei Frauen zwischen 50 und 69 Jahren. Daher hatte sich der Deutsche Bundestag bereits 2002 für die Einführung eines organisierten und qualitätsgesicherten Mammographie-Screening-Programms (MSP) auf der Grundlage der europäischen Leitlinien ausgesprochen und die gemeinsame Selbstverwaltung der Ärzte und Krankenkassen gebeten, die hierzu erforderlichen Voraussetzungen - in Form von Richtlinien nach Maßgabe des Sozialrechts - zu schaffen.

Zur schrittweisen Einführung des MSP wurde 2003 die Kooperationsgemeinschaft Mammographie (www.mammo-programm.de) gegründet. Im Jahr 2005 wurde die erste Screening-Einheit (SE) zertifiziert und konnte ihren Betrieb aufnehmen; 2009 hat die letzte der insgesamt 94 SE ihren Betrieb aufgenommen. Zielgruppe des MSP sind alle (symptomfreien) Frauen im Alter zwischen 50 und 69 Jahren. Die Screening-Mammographie-Untersuchung wird alle 2 Jahre angeboten. Anspruchsberechtigt sind etwa 11 Mio Frauen. Die Teilnahmerate lag laut "Jahresbericht Evaluation 2016", Seite 13 im Jahr 2014 bei 51 % ¹⁷.

Nekolla EA, Schegerer AA, Griebel J, Brix G: Häufigkeit und Dosis diagnostischer und interventioneller Röntgenanwendungen. Trends zwischen 2007 und 2014. Radiologe 57: 555-562, 2017

[&]quot;Krebs in Deutschland für 2013/2014", S.72, www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs_in_Deutschland/krebs_in_deutschland_inhalt.html, abgerufen am 12. September 2018)

Würden die von den EU-Leitlinien geforderten 70 % der anspruchsberechtigten Frauen an der Screening-Maßnahme teilnehmen, beliefe sich unter der Annahme einer effektiven Dosis von 0,5 mSv pro Screening-Untersuchung die daraus resultierende kollektive effektive Jahresdosis auf etwa 1 800 Personen-Sv pro Jahr. Dies entspricht weniger als 1,5 % der kollektiven effektiven Dosis der gesamten jährlichen Röntgendiagnostik in Deutschland. In den in Abbildung V. 1-1 gezeigten Anteilen, die aus Mammographien stammen, wurden zu etwa einem Drittel Mammographien berücksichtigt, die als "kurative Mammographien" über die Kassen abgerechnet wurden, also als Mammographien, für die zur Abklärung eines Symptoms in der Brust eine Indikation für die Untersuchung bestand. Bei einem gewissen Prozentsatz dieser "kurativen Mammographien" könnte es sich jedoch auch um Früherkennungs-Mammographien handeln, die außerhalb des Mammographie-Screening-Programms und damit ohne die hier gültige Qualitätssicherung durchgeführt wurden ("opportunistisches Screening"). Die Anzahl der als "kurative Mammographie" abgerechneten Untersuchungen hat in den ersten fünf Jahren nach Einführung des Mammographie-Screening-Programms im kassenärztlichen Bereich um ca. ein Drittel abgenommen und ist seither in etwa konstant.

Übergeordnetes Ziel des Mammographie-Screening-Programms ist die nachhaltige Verringerung der Brustkrebs-Mortalität. Im Jahr 2010 wurden vom BMUB in Kooperation mit dem BfS erste konkrete Schritte zur Evaluation der Brustkrebsmortalität in die Wege geleitet. An der Finanzierung des seit Juli 2012 laufenden Vorhabens beteiligen sich das BMU, das BMG sowie die Träger des Mammographie-Screening-Programms. Die Geldgeber sowie das BfS, das Robert-Koch-Institut, ein Vertreter der obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) und die Patientenvertretung bilden ein so genanntes Steuerungsgremium. Die Aufgaben des Steuerungsgremiums sind u. a. die Schaffung der organisatorischen und finanziellen Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Abwicklung der Vorhaben zur Mortalitätsevaluation sowie die Festlegung der Konzeption und des Inhalts der Evaluation des deutschen Mammographie-Screening-Programms. Das Steuerungsgremium wird hinsichtlich der Konzeption und Gestaltung der Inhalte des Forschungsvorhabens sowie der Projektbegleitung von einem Wissenschaftlichen Beirat unterstützt. Die administrative Abwicklung der Mortalitätsevaluation erfolgt seitens des BMU im Rahmen eines Ressort-Forschungsvorhabens über einen geplanten Zeitraum von zehn Jahren. Auf Grund der komplexen Situation in Deutschland mit seiner föderalen Struktur - z. B. liegen unterschiedliche Datenschutzbestimmungen mit jeweils hohem Schutzniveau in den einzelnen Bundesländern vor - wurde zunächst in einer Machbarkeitsstudie geprüft, auf welche Weise in Deutschland eine Evaluation der Brustkrebsmortalität organisatorisch und technisch realisiert werden kann. Die Machbarkeitsstudie begann im Juli 2012 mit einer Laufzeit von zwei Jahren (siehe Programmreport 2014, S. 249, nbn-resolving.de/urn:nbn:de: 0221-2015082013351). An diese schloss sich eine erweiterte Machbarkeitsphase bis September 2016 an (siehe Programmreport 2015, S. 128, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2016080114068, Programmreport 2016, S. 45, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2017102314426). Auf der Grundlage der Ergebnisse der beiden Machbarkeitsstudien startete im Januar 2018 die eigentliche Hauptstudie (Programmreport 2017, S. 192, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018071915600).

2. Nuklearmedizinische Diagnostik

Eine ausführliche Einführung in die Thematik findet sich in den Jahresberichten "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" des BMU (G IV Grundlagen zur Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen).

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Strahlenexposition wurde ab dem Berichtsjahr 2016 geändert. Ähnlich der Vorgehensweise bei der Röntgendiagnostik werden für den ambulanten kassenärztlichen Bereich vollständige Datensätze bezüglich der Abrechnungen nuklearmedizinischer Untersuchungsleistungen von der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (KBV) verwendet. Die Gesamthäufigkeiten der nuklearmedizinischen Untersuchungen von privaten ambulanten Patienten werden aus den Abrechnungsstatistiken des Verbandes der privaten Krankenversicherung (PKV) bestimmt. Für den stationären Bereich stehen wiederum Daten des statistischen Bundesamtes zur Verfügung (Statistiken der Operationen- und Prozedurenschlüssel OPS). In die Abschätzung fließen zudem die Resultate aktueller Literatur ein. ^{18, 19}

Jahresbericht Evaluation 2016. Deutsches Mammographie-Screening-Programm. Kooperationsgemeinschaft Mammographie, Berlin, Oktober 2018 (fachservice.mammo-programm.de/download/evaluationsberichte/KOOPMAMMO Jahresbericht E-

⁽fachservice.mammo-programm.de/download/evaluationsberichte/KOOPMAMMO_Jahresbericht_Eval 2016 20181010 web 2.pdf)

Kotzerke J, Oehme L, Grosse J, Hellwig D, Arbeitsausschuss PET der DGN: Positronenemissionstomographie 2013 in Deutschland -Ergebnisse der Erhebung und Standortbestimmung. Nuklearmedizin 54: 53-59, 2015

Lindner O, Burchert W, Schäfer W, Hacker M: Myocardial perfusion SPECT 2015 in Germany. Results of the 7th survey. Nuklear-medizin 56: 31-38, 2017

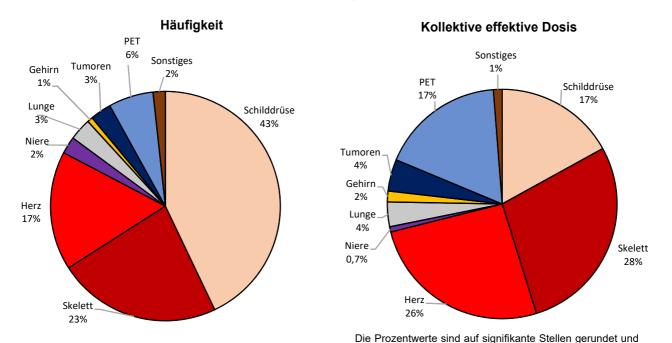
Für die Abschätzung der mittleren effektiven Dosis pro nuklearmedizinischer Untersuchung müssen sowohl repräsentative Werte der applizierten Aktivität pro Untersuchung als auch Dosiskoeffizienten für die Umrechnung in die effektive Dosis berücksichtigt werden. Basis für Erstere sind die diagnostischen Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen aus dem Jahr 2012. Grundlage hierfür waren die Ergebnisse einer umfangreichen Erhebung der in Deutschland durchgeführten nuklearmedizinischen Untersuchungen sowie Meldungen der ärztlichen Stellen. Die Dosiskoeffizienten stammten aus der Publikation 128 der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von 2015. Hierbei ist zu beachten, dass die ICRP-Publikation 128 die Koeffizienten aus den ICRP-Publikationen 80 (von 1998) und 106 (von 2008) im Wesentlichen zusammenfasst; es wurden lediglich einige Dosiskoeffizienten neu berechnet bzw. Fehler korrigiert.

Für die Abschätzung der kollektiven effektiven Dosis werden für die verschiedenen nuklearmedizinischen Untersuchungsarten – beispielsweise Schilddrüsenszintigraphien – jeweils das Produkt von Häufigkeit und effektiver Dosis pro Untersuchung ermittelt und anschließend aufsummiert.

Die Ergebnisse der aktuellen Auswertung zur Häufigkeit und Dosis von nuklearmedizinischen Untersuchungen beziehen sich auf den Fünfjahres-Zeitraum 2011 bis 2015. Pro Jahr wurden 2011 bis 2015 in Deutschland im Mittel ca. 2,5 Millionen nuklearmedizinische Untersuchungen durchgeführt, was einer jährlichen Anwendungshäufigkeit von etwa 31 Untersuchungen pro 1 000 Einwohner entspricht. Abbildung V. 2-1 gibt die Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für einzelne Untersuchungskategorien für das Jahr 2015 wieder. Am häufigsten wurden Szintigraphien bzw. Einzelphotonen-Emissionscomputertomographien (SPECT-Untersuchungen) der Schilddrüse und des Skeletts durchgeführt, gefolgt von Myokard(Herz)-Untersuchungen. Hier ist zu beachten, dass die nuklearmedizinischen Untersuchungen des Herzens in Ruhe und unter körperlicher Belastung jeweils separat gezählt wurden, auch wenn diese meistens im Rahmen einer Untersuchung hintereinander (während eines Tages oder über zwei Tage) stattfinden. Untersuchungen der Schilddrüse und des Skeletts nahmen im betrachteten Fünfjahreszeitraum stetig ab, die des Herzens hingegen zu.

Abbildung V.2-1

Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für verschiedene Untersuchungen in der nuklearmedizinischen Diagnostik 2015 in Deutschland



Wie bei der Röntgendiagnostik finden auch in der Nuklearmedizin im ambulanten Bereich deutlich mehr Untersuchungen statt als in Krankenhäusern. Nahezu alle Szintigraphien der Schilddrüse und jeweils mehr als 80 % aller Untersuchungen des Skeletts und des Herzens werden im ambulanten Sektor durchgeführt.

ergeben daher nicht in jedem Falle 100 %

Es wurde eine über den Zeitraum 2011 bis 2015 gemittelte effektive Dosis von etwa 0,1 mSv pro Einwohner und Jahr abgeschätzt. Rund drei Viertel der kollektiven effektiven Dosis werden durch die Skelett-, die Myokard(Herz)- und die Schilddrüsenszintigraphie verursacht (Abbildung V. 2-1).

Die Anzahl von Positronenemissionstomographien (PET) nimmt kontinuierlich zu. Auf Grund der relativ hohen Dosis pro Untersuchung spielt die PET daher bei der durch alle nuklearmedizinischen Untersuchen verursachten kollektiven effektiven Dosis zunehmend eine Rolle. Da für den kassenärztlichen ambulanten Bereich erst im Jahr 2016 eine Gebührenziffer für PET eingeführt wurde, lässt sich hier die Anzahl von PET für den Zeitraum vor 2016 mit der üblichen Methodik leider nicht bestimmen, so dass man auf Daten aus der Literatur angewiesen ist¹⁸. Insofern ist die vorliegende Abschätzung mit gewissen Unsicherheiten behaftet. PET/CT-Untersuchungen ersetzen immer mehr reine PET-Untersuchungen. Im stationären Bereich wurden 2015 bereits mehr als 80 % aller PET-Untersuchungen mittels eines PET/CT-Systems durchgeführt. Der Dosisbeitrag durch die CT ist bei Abbildung V. 2-1 nicht berücksichtigt. Bei Berücksichtigung der CT wäre der Dosisbeitrag der PET und PET/CT schätzungsweise doppelt so hoch.

Die mittleren effektiven Dosiswerte pro nuklearmedizinischer Untersuchung waren bei der Entzündungsdiagnostik mit 7,7 mSv sowie bei PET-Untersuchungen mit 6,4 mSv (ohne CT) am höchsten. Fasst man die Dosis durch Herzszintigraphien (bzw. SPECT) in Ruhe und unter Belastung zusammen, so erhält man ebenfalls eine vergleichsweise hohe Dosis von etwa 7 bis 8 mSv (Protokoll über zwei Tage bzw. einen Tag) pro Untersuchung. Die am häufigsten angewendete Schilddrüsenszintigraphie weist eine recht niedrige effektive Dosis von durchschnittlich 0,9 mSv pro Untersuchung auf. Die insgesamt selten, bei Kindern jedoch relativ häufig durchgeführten Nierenuntersuchungen sind ebenfalls durch eine niedrige Strahlenexposition gekennzeichnet (durchschnittlich 0,7 mSv pro Untersuchung). Insgesamt betrug die mittlere effektive Dosis pro Untersuchung 2,3 mSv.

3. Strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition

Die hohe Pro-Kopf-Anzahl röntgendiagnostischer Maßnahmen für Deutschland spiegelt den Stand der hiesigen Gesundheitsversorgung wider. Eine Bewertung der vergleichsweise hohen Häufigkeit bzw. der resultierenden Dosis durch die medizinische Röntgendiagnostik darf den Nutzen für die Patientinnen und Patienten nicht unberücksichtigt lassen. Hier existiert sicherlich noch ein deutliches Einsparpotenzial ohne Beeinträchtigung der Patientenversorgung. Hierzu können die diagnostischen Referenzwerte zur Optimierung der medizinischen Exposition (bessere Qualität der Untersuchung, niedrigere Dosis) ebenso einen wesentlichen Beitrag leisten wie strengere Kriterien bei der Indikationsstellung zur Durchführung röntgendiagnostischer Maßnahmen, die Vermeidung von Doppeluntersuchungen (höhere Transparenz zwischen Arztpraxen; Röntgenpass) und die vermehrte Nutzung "alternativer" diagnostischer Verfahren ohne die Verwendung ionisierender Strahlung (Sonographie, MRT). Nur bei gewissenhafter Indikationsstellung sowie Minimierung der Dosis durch qualitätssichernde Maßnahmen kann das Strahlenrisiko für die einzelne Patientin bzw. den einzelnen Patienten gegenüber dem Nutzen in den Hintergrund treten.

Die Themen "Therapie mit ionisierender Strahlung", "Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen", "Internationaler Vergleich" und die strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition werden in den BMU-Jahresberichten ausführlich behandelt.

VI. Nichtionisierende Strahlung

Eine Einführung in die Definition verschiedener Komponenten nichtionisierender Strahlung findet sich in den Jahresberichten des BMU über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung". Das Bundesamt für Strahlenschutz sowie nationale und internationale Expertengremien verfolgen und bewerten nach wissenschaftlichen Kriterien kontinuierlich die einschlägigen Veröffentlichungen in anerkannten wissenschaftlichen Fachzeitschriften. Bei der Bewertung neuer Erkenntnisse wird jeweils die Gesamtheit der Forschungsergebnisse betrachtet. Dies ist die Grundlage für eine umfassende Risikobewertung und für die Erarbeitung von Strahlenschutzmaßnahmen. Ausführliche Informationen finden sich im "Strahlenschutzforschung Programmreport 2017" unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018071915600.

1. Elektromagnetische Felder

Mit der zunehmenden Technisierung der Umwelt steigt auch die Zahl künstlicher Quellen, die zu einer Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern beitragen. Mit dem Begriff "elektromagnetische Felder" werden statische und langsam veränderliche (niederfrequente) elektrische und magnetische Felder sowie

hochfrequente elektromagnetische Felder zusammengefasst. Der Frequenzbereich erstreckt sich von 0 Hertz (Hz) bis 300 Gigahertz (GHz).

Der Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder ist über gesetzliche Immissionsgrenzwerte geregelt, die von bestimmten Anlagen einzuhalten sind. Für elektrisch betriebene Geräte ist das Produktsicherheitsrecht anwendbar, dessen abstrakte Anforderungen in harmonisierten Normen konkretisiert sind

Aktuelle Herausforderungen für den Strahlenschutz betreffen die begleitende Forschung zum Strahlenschutz beim Stromnetzausbau, neue Technikentwicklungen und das gleichzeitige Einwirken elektromagnetischer Felder von mehreren Quellen. Technische Weiterentwicklungen sind vor allem bei der drahtlosen Kommunikations- und Energieübertragungstechnik, der Sicherheitstechnik und der Elektrizitätsversorgung zu beobachten, aber auch bei Anwendungen elektromagnetischer Felder zu medizinischen oder kosmetischen Zwecken.

Statische elektrische und magnetische Felder

Statische Magnetfelder üben Kräfte auf elektrisch geladene Teilchen im menschlichen Körper aus, wenn sich die Teilchen quer zum Magnetfeld bewegen. Das betrifft insbesondere den Blutstrom oder Bewegungen des Körpers im Magnetfeld. Ältere wissenschaftliche Untersuchungen haben für magnetische Flussdichten unterhalb von etwa 4 Tesla keine direkten negativen gesundheitlichen Auswirkungen auf den menschlichen Körper gefunden.

Forschungsvorhaben zeigten, dass es durch die Einführung von Magnetresonanztomographen (MRT) mit höheren magnetischen Flussdichten zu keiner Beeinträchtigung des bedienenden Personals kommt.

Beim Stromnetzausbau werden auch Anlagen zur Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) errichtet. In der Umgebung der Leitungen treten statische Magnetfelder auf. Der Grenzwert von 500 µT für magnetische Flussdichten der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) muss jedoch eingehalten werden. Zudem sind bei der Errichtung und wesentlichen Änderung von Anlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Feldern nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren.

Die zusätzlichen statischen Magnetfelder in der Nähe von HGÜ-Trassen werden voraussichtlich in der Größenordnung der Feldstärken des natürlichen Erdmagnetfeldes liegen. Angesichts der erwähnten Forschungsergebnisse in wesentlich stärkeren Feldern der Magnetresonanztomographie ist mit einer Beeinträchtigung der Bevölkerung und der Umwelt nicht zu rechnen. Im Gegensatz zu Wechselstromfreileitungen treten in der Nähe von Gleichstromtrassen auch statische elektrische Felder auf, die bisher wenig erforscht sind. Es wird auch verstärkt zur Ionisierung von Luftpartikeln kommen. Beide Phänomene müssen in naher Zukunft verstärkt erforscht werden.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder können im menschlichen Körper elektrische Ströme hervorrufen. Das Schutzkonzept zielt darauf ab, negative gesundheitliche Wirkungen durch diese Einflüsse auf den Körper zu vermeiden. Die Basisgröße für den Strahlenschutz ist die im Körper induzierte elektrische Feldstärke. Die Grenzwerte, zum Beispiel in der 26. BImSchV, werden davon abgeleitet. Diese Grenzwerte beziehen sich auf die außerhalb des menschlichen Körpers auftretenden elektrischen und magnetischen Felder. Auch in technischen Gerätesicherheitsnormen wird auf diese Werte Bezug genommen.

Epidemiologische Studien deuten bei beruflicher Exposition mit starken niederfrequenten Magnetfeldern darauf hin, dass verstärkt neurodegenerative Erkrankungen auftreten könnten. Es scheint vor allem bei der Alzheimer-Demenz und der amyotrophen Lateralsklerose (ALS, Schädigung der Nervenzellen, die Muskelbewegungen steuern), nicht aber bei der Parkinson-Krankheit und der Multiplen Sklerose einen statistischen Zusammenhang zu geben. Ein Zusammenhang zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und diesen Krankheiten konnte jedoch bislang nicht nachgewiesen werden. Die Fragen zu Mechanismen, die an der Entstehung und am Verlauf von Alzheimer-Demenz und ALS beteiligt sind, sind ungeklärt und ihnen wird im neuen Forschungsprogramm nachgegangen.

Strahlenschutz beim Stromnetzausbau

Um den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung zu erhöhen, ist es notwendig, die bestehenden Stromnetze auszubauen und zu verstärken. Hierfür werden nicht nur bestehende Wechselstromleitungen ertüchtigt, sondern auch neue Wechselstromleitungen sowie erstmals Hochspannungsgleichstromleitungen (HGÜ-Lei-

tungen) errichtet, letztere vorzugsweise als Erdkabel. Die vom Ausbau betroffene Bevölkerung steht den notwendigen Maßnahmen zum Teil kritisch bis ablehnend gegenüber. Dabei werden u. a. Befürchtungen zu gesundheitlichen Risiken als Argumente angeführt.

Beim Ausbau des Stromnetzes müssen Fragen des Gesundheits- und Strahlenschutzes von Anfang an berücksichtigt werden. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) leistet mit dem Forschungsprogramm zum "Strahlenschutz beim Stromnetzausbau" einen wichtigen Beitrag zur Klärung der offenen Fragen in diesen Themenbereichen. Details zum Forschungsprogramm sind den Jahresberichten des BMU über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" zu entnehmen.

Hochfrequente elektromagnetische Felder

Hochfrequente elektromagnetische Felder (>100 kHz bis 300 GHz) kommen in unserem Alltag hauptsächlich bei Anwendungen vor, die zur drahtlosen Informationsübertragung bei Radio, Mobilfunk oder Fernsehen verwendet werden. Der wesentliche Parameter für Maßnahmen zum Schutz vor hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist die Gewebeerwärmung, da in wissenschaftlichen Untersuchungen erst bei einer dauerhaften Erhöhung der Körpertemperatur um 1° C gesundheitlich relevante Beeinträchtigungen beobachtet wurden.

Gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge nichtthermischer Wirkungen im Berich niedriger Intensitäten hochfrequenter Felder konnten bisher – trotz intensiver jahrzehntelanger Forschung – wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Wissenschaftliche Unsicherheiten verbleiben jedoch hinsichtlich der Frage zu möglichen Langzeitrisiken für Handynutzung von mehr als 13 Jahren und der Frage nach einer möglichen Alters- und Geschlechtsabhängigkeit bzw. der Existenz von empfindlicheren Bevölkerungsgruppen. Diese Unsicherheiten führten dazu, dass 2011 die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) auch hochfrequente elektromagnetische Felder in die Gruppe 2b ("möglicherweise krebserregend") eingestuft hat.

Details zu den im Berichtsjahr laufenden und abgeschlossenen Forschungsvorhaben finden sich im "Strahlenschutzforschung Programmreport 2017" unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018071915600.

Selbstverpflichtung Mobilfunkbetreiber - weiterführende Forschung

Ein wichtiges Element, das die Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung im Mobilfunkbereich unterstützt, ist die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber, die diese im Nachgang zur Versteigerung der UMTS-Lizenzen im Jahr 2001 gegenüber der Bundesregierung abgegeben hatten. Damit sollten die Konflikte beim Netzausbau verringert und die Vorsorge im Bereich Mobilfunk auf freiwilliger Basis verstärkt werden. Teil der freiwilligen Selbstverpflichtung war 2001 die Zusage, das vom BMU initiierte Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm (DMF) anteilig mit 8,5 Millionen Euro zu unterstützen. Es wurden insgesamt 54 Forschungsvorhaben zu den Teilbereichen Biologie, Dosimetrie, Epidemiologie und zur Risikokommunikation durchgeführt. Diese Forschungsvorhaben sind mittlerweile alle abgeschlossen (siehe www.emf-forschungsprogramm.de).

Im Jahr 2008 wurde die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber erneuert und im Februar 2012 ergänzt. Die Ergänzung der Selbstverpflichtung 2012 beinhaltet erneut die Förderung von wissenschaftlicher Forschung mit dem Schwerpunkt im Bereich Wissensmanagement und Risikokommunikation.

Die Forschungsvorhaben, die über die freiwillige Selbstverpflichtung mitfinanziert wurden, sind mittlerweile alle abgeschlossen und auf doris.bfs.de abrufbar.

Funkdienst für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS-Funk)

Der Ausbau des Funkdienstes für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS-Funk) ist abgeschlossen. Ergebnisse der letzten vergleichenden Schlafstudien-Forschungsvorhaben können im "Strahlenschutzforschung Programmreport 2017" und im "Strahlenschutzforschung Programmreport 2016" nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2017102314426 eingesehen werden.

Risikokommunikation

Die Risikokommunikation des BMU und des BfS basiert auf den Ergebnissen aller durchgeführten Forschungsvorhaben. Die Erkenntnisse aus den wissenschaftlichen Untersuchungen über mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen durch HF und NF werden zielgruppengerecht und bevölkerungsnah vermittelt.

Die Forschungsvorhaben des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms sind abgeschlossen. Neu auftretende Fragen zu veränderten Expositionsszenarien, z. B. durch neue Mobilfunkstandards, werden jedoch weiterhin untersucht.

Der Bereich Niederfrequenz wird im aktuellen Forschungsprogramm beim Stromnetzausbau ausführlich untersucht. Näheres siehe www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/bfs-forschungsprogramm/stromnetzausbau/netzausbau node.html.

Ein erhebliches Informationsbedürfnis besteht hinsichtlich der Frage, auf welcher Grundlage gesundheitliche Risiken von Expositionen bewertet und Grenzwerte festgelegt werden.

Runder Tisch elektromagnetische Felder

Im Jahr 2004 wurde unter Leitung des Bundesamtes für Strahlenschutz ein Runder Tisch eingerichtet. Aus dem ursprünglichen, das DMF-Forschungsprogramm begleitenden Runden Tisch (RTDMF) wurde inzwischen ein auch den Strahlenschutz beim Ausbau der Stromnetze begleitender Runder Tisch (RTEMF). Er ist ein unabhängiges Beratungs- und Diskussionsgremium, das mehr Transparenz bei der Vermittlung und Kommunikation von Erkenntnissen im Bereich Strahlenschutz schaffen soll. Fragen, wie wissenschaftliche Forschungsergebnisse verständlich kommuniziert werden können, wie eine kritische Öffentlichkeit informiert und betroffene Bürgerinnen und Bürger rechtzeitig und angemessen in Entscheidungsprozesse eingebunden werden können, sind sowohl für den Mobilfunk als auch für den Stromnetzausbau zu betrachten. Der RTEMF hat sich als Forum etabliert, auf dem unterschiedliche Akteure ihre Sichtweisen und Erkenntnisse zu Fragen des Strahlenschutzes bei EMF diskutieren und austauschen können. Die aktuelle Mitgliederliste ist unter www.emf-forschungsprogramm.de/runder_tisch.html/rtemf.html einzusehen.

Umweltzeichen "Blauer Engel"

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat bereits im Jahr 2001 empfohlen, "bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen". Für Verbraucher stellt die Nutzung strahlungsarmer Produkte eine Möglichkeit zur Vorsorge gegenüber möglichen, aber nicht nachgewiesenen Wirkungen elektromagnetischer Felder dar.

In den Folgejahren sind unter Mitwirkung des BfS für unterschiedliche Verbraucherprodukte Vergabegrundlagen für das Umweltzeichen "Blauer Engel" erarbeitet worden, in denen Anforderungen an die Strahlungseigenschaften beschrieben sind. Hersteller können die definierten Qualitätskriterien für die Geräteentwicklung nutzen.

Für strahlungsarme Mobiltelefone gilt der Kriterienkatalog DE-UZ 106: Geräte mit einem unter Laborbedingungen gemessenen SAR-Wert von höchstens 0,6 W/kg (also deutlich unter dem empfohlenen Expositionsgrenzwert von 2 W/kg), die zudem besonders umweltfreundlich konstruiert sind, konnten bis Mitte 2017 ausgezeichnet werden. Mitte 2017 erfolgte die Überarbeitug der Vergabekriterien für das Umweltzeichen für Mobiltelefone. Neben der Absenkung des Strahlenschutzkriteriums für den SAR-Wert am Kopf auf max. 0,5 W/kg gab es nun auch für den Anwendungsfall "Betrieb des Gerätes am Körper" einen Richtwert von max. 1,0 W/kg, ermittelt ohne Trennabstand zum Körper.

Das BfS stellt die von Herstellern oder deren Beauftragten unter standardisierten Laborbedingungen ermittelten SAR-Werte der auf dem deutschen Markt verfügbaren Mobiltelefone in einer Liste zusammen und veröffentlicht die Daten unter www.bfs.de/SiteGlobals/Forms/Suche/BfS/DE/SARsuche_Formular.html. Die Liste umfasst insgesamt 3 047 klassische Mobiltelefone und Smartphones - wobei für 2 753 Geräte ein SAR-Wert vorliegt - und wird in den Jahresberichten des BMU über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" statistisch ausgewertet. Das Angebot strahlungsarmer Geräte blieb bis September 2017 auf gleich hohem Niveau wie in den Vorjahren. In der Dezember-Erhebung weisen 40 % der aktuell erhältlichen klassischen Mobiltelefone und Smartphones einen am Kopf ermittelten SAR-Wert von "kleiner/gleich 0,5 W/kg" auf (für eine Auszeichnung mit dem Umweltzeichen aus strahlenhygienischer Sicht müsste aber auch das neue zweite Strahlenschutzkriterium "SAR-Wert kleiner/gleich 1,0 W/kg in 0 mm Abstand gemessen" für den Anwendungsfall "Betrieb des Handys am Körper" erfüllt sein).

Außer für Mobiltelefone gibt es bereits seit längerem einen Kriterienkatalog für digitale Schnurlostelefone: Geräte, die im Standby das Basisstations-Sendesignal abschalten und weitere Bedingungen erfüllen, können ausgezeichnet werden. 2017 waren mehrere Modelle eines deutschen Herstellers mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

Weitere Produkte, die ausgezeichnet werden können, wenn bestimmte Anforderungen an die Strahlungseigenschaften nachgewiesen werden, sind

- Babyüberwachungsgeräte,
- Mikrowellenkochgeräte für den Hausgebrauch,
- Haushaltslampen,
- Router,
- programmierbare Heizkörperthermostate.

Hersteller strahlungsarmer Produkte nutzen den Blauen Engel bislang leider nur vereinzelt.

2. Optische Strahlung

Eine ausführliche Einführung in das Thema "Optische Strahlung" findet sich im Grundlagenteil der Jahresberichte "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" des BMU.

2.1 Solares UV-Monitoring

Im Rahmen des deutschlandweiten solaren UV-Messnetzes des BfS/UBA (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-in-dex/uv-messnetz_node.html) wurde auch im Jahr 2017 an zehn repräsentativen Standorten in Deutschland kontinuierlich die bodennahe, solare UV-Strahlung spektral aufgelöst gemessen. Im Juli 2017 wurde eine zusätzliche elfte Messstation an der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus in einer Höhe von 2 666 m ü. NN in Betrieb genommen. Mit diesem neuen Standort auf der Zugspitze konnte die Klimaregion Hochgebirge, in der mit der höchsten UV-Belastung in Deutschland zu rechnen ist, in das solare UV-Messnetz integriert werden. Die Messdaten aller Stationen werden in der BfS-Messnetzzentrale in Neuherberg/Oberschleißheim dokumentiert, gesundheitlich bewertet und regelmäßig veröffentlicht.

Von den ermittelten Messwerten der bodennahen, solaren UV-Bestrahlungsstärke wird der so genannte UV-Index (UVI) abgeleitet (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/schutz node.html).

Um die Bevölkerung über die gemessenen Tagesspitzenwerte der sonnenbrandwirksamen UV-Bestrahlungsstärke in Form des UV-Index zu informieren, werden die Messdaten auf der BfS-Hompage veröffentlicht (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/aktuell/aktuell_node.html) und zusätzlich in das BfS Geoportal (www.imis.bfs.de/geoportal) übertragen. Neben den gemessenen Tagesspitzenwerten werden im Geoportal auch die Tagesverläufe der Messdaten in Form des UV-Index publiziert. Unter der Rubrik "UV-Strahlung" und Kategorie " UV-Index Tagesverlauf" können auf einer interaktiven Karte Messstationen durch Klicken ausgewählt werden. In dem sich öffnenden Fenster werden kontinuierlich aktualisierte Messdaten angezeigt. Die Publikation von UV-Index-Daten im Geoportal lief seit Mitte 2017 im Testbetrieb und wurde Ende 2017 in den Regelbetrieb überführt.

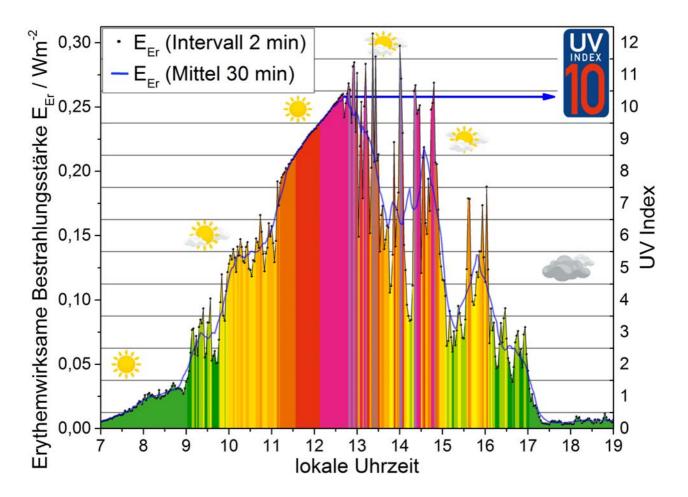
In den Sommermonaten werden zusätzlich 3-Tages-Prognosen der UVI-Werte vom BfS im Internet unter www.bfs.de/uv-prognose veröffentlicht. In den Wintermonaten von Oktober bis März werden 3-Monats-Prognosen veröffentlicht.

In Abbildung VI. 2-1 ist der Tagesverlauf der UV-Belastung für einen typischen Sommertag in der Klimaregion Hochgebirge dargestellt. Die Daten stammen vom 4. August 2017 an der Messstation Schneefernerhaus. Man erkennt die große Schwankungsbreite der UV-Belastung innerhalb des Tages, die vor allem bewölkungsbedingt ist. Der Tageshöchstwert ergibt sich gemäß WHO-Definition des UV-Indexes aus dem 30 Minuten Mittelwert der Messdaten. Für den Beispieltag 4. August 2017 lässt sich hier ein UV-Index von 10 als Tageshöchstwert ermitteln. Im Vergleich zu allen anderen Messstationen des Messnetzes lassen sich während des gesamten Jahres an der Messstation Schneefernerhaus deutlich höhere UV-Index-Werte feststellen. Die kontinuierlichen Messungen der erythemwirksamen UV-Bestrahlungsstärke im Rahmen des solaren UV-Messnetzes des BfS/UBA ergaben, dass der UV-Index im Norden, in der Mitte und im Süden Deutschlands im Juni 2017 analog zum Jahr 2016 sehr hoch war. An den Standorten Dortmund und München wurden deutlich mehr Tage mit sehr hohen UV-Index-Werten ermittelt als im Vorjahr.

Laut WHO (www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf) sind ab einem UVI von 3 Sonnenschutzmaßnahmen erforderlich, ab einem UVI von 8 sind sie dringend erforderlich (siehe auch www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/einfuehrung/einfuehrung node.html).

Abbildung VI.2-1

Tagesverlauf der UV-Belastung an der Messstation Schneefernerhaus am 04.08.2017



Da solch hohe sonnenbrandwirksame UV-Bestrahlungsstärken in den Sommermonaten in Deutschland regelmäßig auftreten können und der Mensch über keinen unmittelbaren Sensor zur Registrierung von UV-Strahlung verfügt, ist die Gefahr groß, dass sich Menschen unbewusst hohen UV-Belastungen zu lange aussetzen und Sonnenbrände erleiden. Um dem damit erhöhten Hautkrebsrisiko vorzubeugen (siehe S3-Leitlinie Prävention von Hautkrebs www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/032-052OL.html) sind zeitnahe und flächendeckende Messungen der bodennahen solaren UV-Strahlung und die Veröffentlichung der davon abgeleiteten UVI-Werte wichtig und notwendig. Das UV-Monitoring dient somit über den wissenschaftlichen Anspruch hinaus der Aufklärung und zeitnahen Warnung und stellt damit ein effektives Tool der Hautkrebsprävention dar.

2.2 Forschung

Optische Strahlenguellen außerhalb der Medizin

Laser und andere starke optische Strahlungsquellen werden nicht nur zu medizinischen, sondern auch zu kosmetischen Zwecken wie der dauerhaften Haarentfernung oder der Entfernung von Tattoos benutzt. Zur Frage dabei auftretender Komplikationen oder Nebenwirkungen wurde eine repräsentative Umfrage bei Nutzerinnen und Nutzern in Deutschland durchgeführt. Das Projekt wurde 2017 abgeschlossen.

Starke optische Strahlungsquellen wie Laserpointer, (Laser-)Taschenlampen, Showlaser für den Heimgebrauch oder auch starke Fahrradlampen sind in großer Vielfalt auf dem Markt verfügbar. Werden Wirkungsschwellen überschritten, bestehen photochemische und ggf. thermische Gefährdungen für die Augen. Um direkte und indirekte Gefährdungen wie Blendung zu betrachten, wurde ein Forschungsvorhaben aufgelegt.

Details zu den o. g. Forschungsvorhaben finden sich im "Strahlenschutzforschung Programmreport 2017" unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018071915600.

2.3 Rechtliche Regelungen von Solarienbetrieben

Das Benutzungsverbot von Solarien durch Minderjährige (geregelt seit August 2009 im "Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen" (NiSG)) gilt nunmehr seit acht Jahren, die gemäß NiSG erlassene "Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher Ultravioletter Strahlung" (UV-Schutz-Verordnung, UVSV) seit fünf Jahren. Die Kontrolle der Einhaltung der rechtlichen Vorgaben obliegt den Bundesländern.

Laut der Berichte der Bundesländer zeigen auch die 2017 durchgeführten Kontrollen, dass viele Betreiber unerlaubterweise immer noch mit alten Geräten arbeiten, das erforderliche Angebot einer qualifizierten Beratung nicht machen (angedeutet durch fehlende Dokumentationen über Hauttypenbestimmungen und hauttypbezogene Dosierungspläne), einige von ihnen Minderjährigen die Nutzung der Solarien erlauben und weiterhin Solarien ohne ausreichende technische Maßnahmen betrieben werden, die gewährleisten würden, dass die Solarien dem Gesetz und der Verordnung gemäß betrieben werden.

Das BMU und das BfS haben sich auch 2017 im Rahmen Ihrer Aufgabenbereiche für die Umsetzung der rechtlichen Regelungen zur Reduzierung der UV-Belastung für Nutzerinnen und Nutzer von Solarien eingesetzt. 2017 übernahm das BfS den Unterricht zum Thema "Überwachung von Solarien" für den Lehrgang zum/r Hygienekontrolleur/in der Akademie für öffentliches Gesundheitswesen in Düsseldorf. 2017 wurde darüber hinaus eine Informationsveranstaltung für bayerische Kontrollbehörden durchgeführt. Zusätzlich unterstützen das BMU und das BfS bei Bedarf die Behördenvertreter bei der Klärung von Fragen zu Kontrollmaßnahmen.

2.4 Hautkrebspräventionsmaßnahmen

2017 wurde vom UV-Schutz-Bündnis (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/buendnis/buendnis.html) das Grundsatzpapier "Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch die Sonne - Verhältnisprävention in der Stadt und auf dem Land" veröffentlicht (siehe www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/buendnis/buendnis node.html). Veröffentlichung Bundesgesundheitsblatt Gleichzeitig erfolgte die im (link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00103-017-2619-5.pdf). Es dient dem Ziel, im Freien und in Außenanlagen öffentlicher Einrichtungen sowie in den unterschiedlichen Lebenswelten²⁰ der Bevölkerung verhältnispräventive Maßnahmen zum Schutz vor übermäßiger UV-Belastung und vor weiteren, durch den Klimawandel zunehmenden, gesundheitsschädigenden Belastungen der Sonne (z. B. Hitzebelastung)²¹ flächendeckend zu etablieren. 2017 wurde bereits begonnen, einige der in dem Grundsatzpapier konkret genannten Maßnahmen umzusetzen. So wurde von Seiten des BfS mit der Erweiterung des UV-Messnetzes begonnen und die Kommunikation des UV-Index um eine Darstellung der sonnenbrandwirksamen UV-Bestrahlungsstärke, wie sie sich über den Tag ändert, im Geoportal des BfS bereichert. Des Weiteren wurde durch die Bündnispartner "Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention (ADP)" und "Deutsche Krebshilfe (DKH)" in Zusammenarbeit mit weiteren Akteuren begonnen, einen Grundlagenkatalog für Lehr- und Ausbildungspläne zur erstellen und unterschiedliche Materialien zur Ergänzung von Lehr- und Ausbildungsplänen anzusprechender Berufe (s. Grundsatzpapier) wie Lernvideos oder Material für "Spielerisches" / "Kreatives" Lernen zu erstellen.

Lebenswelten im Sinne des § 20 Absatz 4 Nummer 2 PrävG und SGB V sind für die Gesundheit bedeutsame, abgrenzbare soziale Systeme insbesondere des Wohnens, des Lernens, des Studierens, der medizinischen und pflegerischen Versorgung sowie der Freizeitgestaltung einschließlich des Sports.

Eis D, Helm D, Laußmann D, Stark K: Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht. Robert Koch-Institut, Berlin, 2010 www.rki.de/DE/Content/Gesund/Umwelteinfluesse/Klimawandel/Klimawandel-Gesundheit-Sachstandsbericht.pdf?__blob=publicationFile

Anhang

Verwendete Abkürzungen

ALS Amyotrophe Lateralsklerose

ARTM Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell

AVR Atomversuchsreaktor (Jülich)

BAnz Bundesanzeiger

BDBOS Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit

Sicherheitsaufgaben

BfE Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit

BfS Bundesamt für Strahlenschutz

BGBl Bundesgesetzlatt

BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung

BMG Bundesministerium für Gesundheit

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschuz, und nukleare Sicherheit
BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschuz, Bau und Reaktorsicherheit

BOS Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

Bq Becquerel

Bg/m³ Becquerel pro Kubikmeter

CONCERT European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research

(Gemeinschaftliches europäisches Programm zur Integration der

Strahlenschutzforschung)

DMF Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm

DRW Diagnostische Referenzwerte
EMF Elektromagnetische Felder

Euratom Europäische Atomgemeinschaft

FM Feuchtmasse

HF hochfrequente elektromagnetische StrahlungHGÜ Hochspannungsgleichstromübertragung

Hz Hertz

IAEA (IAEO) International Atomic Energy Agency

(Internationale Atomenergie-Organisation IAEO)

IARC International Agency for Research on Cancer

(Internationale Agentur für Krebsforschung)

ICRU International Commission on Radiation Units and Measurements

(Internationale Kommission für Strahlungseinheiten und Messungen)

ICNIRP International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

(Internationale Komission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung)

Verwendete Abkürzungen

NiSG

ICRP International Commission on Radiological Protection

(Internationale Strahlenschutzkomission)

IMIS Integriertes Mess- und Informationssystem

mSv Millisievert

MRT Magnetresonanztomographie (Kernspintomographie)
NF niederfreuquente elektrische und magnetische Strahlung
NIR non ionizing radiation (nichtionisierende Strahlung)

nSv Nanosievert

Personen-Sv Personen-Sievert, siehe Kollektivdosis (Erläuterungen Fachausdrücke)

PET Positronen-Emissions-Tomographie

RöV Röntgenverordnung - Die RöV wurde zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung

Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung

vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010) geändert und ist am 31. Dezember

2018 außer Kraft getreten.

SSK Strahlenschutzkommission

StrlSchG Strahlenschutzgesetz - Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung

ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) vom 27. Juni 2017 (verkündet als Art. 1 des Gesetzes vom 27. Juni 2017; BGBl. I S. 1966)

StrlSchV 2001 Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714, (2002, 1459)),

zuletzt geändert nach Maßgabe des Artikel 10 durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. Januar 2017 (BGBl. I S. 114, 1222). Sie trat am 31. Dezember 2018 außer Kraft (Artikel 20 Absatz 1 Satz 2 der Verordnung zur weiteren Modernisierung

des Strahlenschutzrechts vom 29. November 2018).

StrlSchV Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036),

ersetzt die Strahlenschutzverordnung von 2001

StrVG Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2610),

aufgehoben durch Artikel 4 des Gesetzes zur Neuordnung des Rechts zum Schutz

vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung vom 27. Juni 2017

Sv Sievert

TBL Transportbehälterlager

UFOPLAN Umweltforschungsplan / Ressortforschungsplan des BMUB zur Gewinnung von

Entscheidungshilfen und sachgerechter Erfüllung der Fachaufgaben

UNSCEAR United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation

(Wissenschaftliches Komitee der Vereinten Nationen über die Wirkung von

atomarer Strahlung)

UV Ultraviolette Strahlung

UVI, UV-Index

Maß für sonnenbrandwirksame solare Strahlung

Der UV-Index beschreibt den am Boden erwarteten bzw. gemessenen Wert der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung und dient der Information der Bevölkerung

über die Gefahren der solaren UV-Strahlung.

Verwendete Abkürzungen

UVSV UV-Schutzverordnung
WBA Wasserbehandlungsanlage

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Absorption Aufnahme der Energie einer Teilchen- oder Wellenstrahlung beim Durchgang

durch Materie. Die Energie der Strahlung wird dabei in eine andere Energieform (z. B. Wärme) umgewandelt. Die von biologischen Geweben absorbierte Energie ist Grundlage für die Berechnung der von Organismen aufgenommenen Dosis.

Aerosol Gase mit festen oder flüssigen Schwebeteilchen

Aktivität (Radioaktivität) Die Aktivität ist das Maß für die Anzahl der Zerfälle eines Radionuklids oder

mehrerer Radionuklide pro Zeiteinheit (i.A. Sekunde). Die Aktivität wird in Becquerel (Bq) angegeben. Die alleinige Angabe der Aktivität ohne Kenntnis des

Radionuklids lässt keine Aussage über die Strahlenexposition zu.

Alphastrahler Radionuklide, die Alphateilchen (Heliumatomkerne) aussenden Amyotrophe Lateralsklerose Schädigung der Nervenzellen, die Muskelbewegungen steuern

Angiographie Darstellung der Blutgefäße

Äquivalentdosis Produkt aus der Energiedosis (absorbierte Dosis) im ICRU-Weichteilgewebe und

dem Qualitätsfaktor der Veröffentlichung Nr. 51 der International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU report 51, ICRU Publications, Bethesda, U.S.A.). Beim Vorliegen mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die gesamte Äquivalentdosis die Summe ihrer ermittelten Einzelbeiträge. Die Äquivalentdosis ist eine Messgröße. Sie wird in der Einheit Sievert (Sv)

angegeben.

athermische Effekte (auch

nicht-thermische Effekte)

eine Reihe verschiedener Effekte bei Einwirkung elektromagnetischer Felder, die

unabhängig von einer Erwärmung des Gewebes auftreten

Aufenthaltsraum Der Aufenthaltsraum ist allgemein betrachtet ein Raum innerhalb von

Wohnungen oder Gebäuden, der für einen längeren Aufenthalt von Menschen geeignet ist. Zu Aufenthaltsräumen zählen beispielsweise Wohnräume,

Schlafräume und Küchen sowie Büro- und Verkaufsräume.

Becquerel SI-Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Becquerel (Bq) liegt vor, wenn

1 Atomkern je Sekunde zerfällt.

Betastrahlung Teilchenstrahlung, die aus beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen

ausgesandten Elektronen oder Positronen besteht. Die Energieverteilung der Betateilchen ist kontinuierlich (Betaspektrum) und besitzt eine scharfe obere

Grenze (sog. Endenergie).

Betasubmersion Strahlenexposition durch Betastrahlung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre

biologische Effekte Einflüsse auf lebendes Material (Organismen, Gewebe, Zellen)

Blut-Hirn-Schranke Die Blut-Hirn-Schranke ist eine selektiv durchlässige Barriere zwischen Blut und

Hirnsubstanz. Durch sie wird der Stoffaustausch zwischen Blut und Zentralnervensystem aktiv kontrolliert. Sie hält schädliche Stoffe von den Nervenzellen fern. Die Blut-Hirn-Schranke wird von der inneren Zellschicht der kleinen Blutgefäße im Gehirn (Kapillar-Endothelzellen) und den umgebenden

Hilfszellen, den Astrozyten, gebildet.

BOS-Netz Mobilfunknetz der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

Brachytherapie Behandlung von Erkrankungen durch in den Körper eingeführte bzw. auf den

Körper des Patienten aufgelegte Strahlenquellen (s.a. Teletherapie)

Computertomographie (CT) Röntgenuntersuchung mit relativ hoher Strahlenexposition aber sehr hoher

Aussagekraft durch Darstellung als überlagerungsfreies Querschnittsbild

Dekontamination Beseitigung oder Verminderung radioaktiver Verunreinigungen

deterministisch Deterministische Strahlenschäden sind dadurch gekennzeichnet, dass die

Schwere des Schadens mit der Dosis zunimmt und in der Regel ein Schwellenwert besteht, ab dem ein Schaden auftritt (z. B. Hautrötung,

Augenlinsentrübung).

Diagnostischer Referenzwert In der RöV sind DRW definiert als "Dosiswerte für typische Untersuchungen mit

(DRW)

Röntgenstrahlung, bezogen auf Standardphantome oder auf Patientengruppen mit Standardmaßen, mit für die jeweilige Untersuchungsart geeigneten Röntgeneinrichtungen und Untersuchungsverfahren". Die DRW dienen den Ärzten bei häufigen und/oder dosisintensiven Röntgenuntersuchungen als obere Richtwerte, die nicht beständig und ungerechtfertigt überschritten werden dürfen. Im Gegensatz zur Röntgendiagnostik sind die DRW in der nuklearmedizinischen Diagnostik keine oberen Richtwerte, sondern Optimalwerte. Sie geben also die

für eine gute Bildqualität notwendige Aktivität an und sollen bei

Standardverfahren und -patienten appliziert werden. Den ärztlichen Stellen fällt die Aufgabe zu, die Einhaltung der DRW bei der Patientenexposition zu

überprüfen. Die DRW stellen keine Grenzwerte für Patienten dar und gelten nicht

für einzelne individuelle Untersuchungen.

Diuretika Arzneimittel, die eine erhöhte Ausscheidung von Salzionen und Wasser

bewirken

Dosimetrie quantitative Erfassung der Exposition durch Dosimeter

Dosimeter Im Bereich ionisierender Strahlng sind dies Messgeräte zur Messung der

Strahlendosis - als Energiedosis oder Äquivalentdosis.

Im Bereich nichtionisierender Strahlung existieren Personendosimeter zur Bestimmung der individuellen Exposition durch elektromagnetische Felder.

Dosis siehe Energiedosis, Äquivalentdosis, Organdosis, Kollektivdosis und effektive

Dosis

Dosisfaktor Im Dosisfaktor werden verschiedene Wichtungen für die betroffenen Organe und

die Strahlungsart berücksichtigt. Beispielsweise kann durch Multiplikation des Dosisfaktors mit der Aktivität des aufgenommenen Radionuklids der Wert der jeweils betrachteten Dosis errechnet werden. Der Dosisfaktor wird auch als

Dosiskoeffizient bezeichnet.

effektive Dosis Summe der gewichteten Organdosen in den in Anlage VI Teil C der StrlSchV

2001 angegebenen Geweben oder Organen des Körpers durch äußere oder innere Strahlenexposition; die effektive Dosis ergibt sich aus den Organdosen durch

Multiplikation mit dem jeweiligen Gewebe-Wichtungsfaktor.

elektrische Feldstärke Maß für die Stärke und Richtung der Kraft auf eine Ladung im elektrischen Feld,

dividiert durch die Ladung. Ihre Einheit ist Volt pro Meter (V/m)

elektrische Ladung Eigenschaft von Körpern, die darin besteht, dass eine Anziehungskraft zwischen

den geladenen Körpern entsteht. Willkürlich unterscheidet man zwischen positiven und negativen elektrischen Ladungen. Ladungen mit gleichen Vorzeichen stoßen sich ab, jene mit ungleichen Vorzeichen ziehen sich an. Die

Einheit ist Coulomb (C).

elektrisches Feld Zustand des Raumes um eine elektrische Ladung, der sich durch Kraftwirkungen

auf andere elektrische Ladungen äußert

elektrische Spannung Maß für die Arbeit, die erforderlich ist, um eine Ladung in einem elektrischen

Feld von einem Punkt zum anderen zu bringen, dividiert durch die Ladung. Die

Einheit ist Volt (V).

elektrischer Strom Die durch den Querschnitt eines Leiters pro Zeiteinheit hindurchfließende

elektrische Ladung. Die Einheit ist Ampere (A).

Elektrosensibilität Umschreibung für eine subjektiv empfundene besondere Empfindlichkeit

gegenüber niederfrequenten und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern.

Elektromagnetische Felder werden als Ursache für verschiedene

Befindlichkeitsstörungen wie Kopf- und Gliederschmerzen, Schlaflosigkeit, Schwindelgefühle, Konzentrationsschwächen oder Antriebslosigkeit gesehen. Ein wissenschaftlicher Nachweis für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen den Beschwerden und dem Einwirken niederfrequenter oder

hochfrequenter elektromagnetischer Felder konnte bisher nicht erbracht werden.

Elektrosensitivität besondere Empfindlichkeit gegenüber nieder- und hochfrequenten

elektromagnetischen Feldern; betroffene Personen spüren z. B. elektrische Ströme nachweislich bei geringeren Intensitäten als der Durchschnitt der

Bevölkerung

elektrostatisches Feld elektrisches Feld, in dem keine elektrischen Ströme fließen

Energiedosis Quotient aus der Energie, die durch ionisierende Strahlung auf das Material in

einem Volumenelement übertragen wird und der Masse in diesem

Volumenelement. Die Einheit der Energiedosis ist das Gray (Gy), 1 Gy entspricht

1 J/kg.

Epidemiologie Die Epidemiologie ist das Studium der Verbreitung und Ursachen von

gesundheitsbezogenen Zuständen und Ereignissen in bestimmten Populationen.

Das epidemiologische Wissen legt damit die quantitative Basis vieler

Maßnahmen, die im Interesse der Gesundheit der Bevölkerung unternommen

werden.

Exposimeter von Personen während der Arbeit am Körper getragenes Messgerät zur

Ermittlung der Radon-222-Exposition

Fall-Kontroll-Studie Ein Studiendesign, das in der Epidemiologie entstanden ist. Fall-Kontroll-

Studien dienen dem retrospektiven Nachweis von pathogenen Faktoren für

gesundheitliche Störungen.

In einer Fall-Kontroll-Studie wird untersucht, ob Personen mit einer bestimmten Krankheit (sog. Fälle) häufiger oder höher exponiert waren als vergleichbare

Personen ohne diese Krankheit (sog. Kontrollen).

Eingebettete Fall-Kontroll-Studie:

Häufig wird im Rahmen einer Kohortenstudie gezielt eine bestimmte Krankheit näher untersucht. Hierzu werden alle Personen mit dieser Krankheit (sog. Fälle) aus der Kohorte ausgewählt und eine zufällige Teilmenge von Personen aus der Kohorte ohne diese Erkrankung (sog. Kontrollen) zufällig ausgewählt.

Anschließend werden für diese Untergruppe gezielt weitere Befragungen oder Erhebungen durchgeführt. Man bezeichnet diesen Studientyp als eingebettete Fall-Kontroll-Studie, da die Fall-Kontroll-Studie in eine Kohortenstudie

eingebaut wird.

Fall-out aus der Atmosphäre auf die Erde in Form kleinster Teilchen durch Niederschlag

und Sedimentation von Schwebstoffen abgelagertes radioaktives Material, das

zum Beispiel bei Kernwaffenversuchen entstanden ist

Fernfeld räumlicher Bereich des elektromagnetischen Feldes einer Strahlungsquelle, in

dem die Beträge der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärke umgekehrt proportional mit der Entfernung abfallen (Strahlungsfeld in genügender

Entfernung von der Quelle)

Frequenz Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde. Die Einheit ist Hertz (Hz).

Gammastrahlung Energiereiche elektromagnetische Strahlung, die bei der radioaktiven

Umwandlung von Atomkernen oder bei Kernreaktionen auftreten kann. Sie ist von gleicher Natur wie das sichtbare Licht oder wie Radiowellen. Sie bewegt sich mit Lichtgeschwindigkeit und hat ein hohes Durchdringungsvermögen.

Gamma-Ortsdosisleistung Gammakomponente der Ortsdosisleistung

Gammasubmersion Strahlenexposition durch Gammastrahlung von radioaktiven Schwebstoffen und

Gasen in der Atmosphäre

Globalstrahlung Gesamtheit der aus dem oberen Halbraum auf horizontaler Ebene einfallenden

direkten und diffusen Sonnenstrahlung

Gray (Gy) siehe Energiedosis. Der Zusammenhang der verschiedenen Dosisgrößen ist

ausführlich im Anhang des BMU-Jahresberichts über "Umweltradioaktivität und

Strahlenbelastung" erläutert.

Hochfrequenz hochfrequente elektromagnetische Felder, hier definiert als Frequenzen zwischen

100 kHz und 300 GHz (s. nichtionisierende Strahlung)

Hochspannungsgleichstrom-

übertragung (HGÜ)

Die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) ist ein Verfahren der

elektrischen Energieübertragung mit hoher Gleichspannung.

Hot spots räumlich eng begrenzte Bereiche mit besonders hoher Absorption

elektromagnetischer Felder

Induktion Vorgang, bei dem in einem Leiter elektrischer Strom (Wirbelstrom) erzeugt wird,

wenn der magnetische Fluss innerhalb dieses Leiters geändert wird

Influenz Vorgang, bei dem in einem Körper durch ein äußeres elektrisches Feld eine

Ladungsumverteilung stattfindet, so dass an der Oberfläche dieses Körpers lokal Überschüsse an positiven und an negativen elektrischen Ladungen auftreten

Infrarot-Strahlung optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 780nm - 1mm

Ingestion allgemein: Nahrungsaufnahme

speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Nahrung

Inhalation allgemein: Einatmung

speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Atemluft

Inkorporation allgemein: Aufnahme in den Körper

speziell: Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper

Interventionelle Radiologie Verfahren, bei dem unter Durchleuchtungskontrolle Heilmaßnahmen,

hauptsächlich die Aufdehnung verengter oder verschlossener Blutgefäße,

durchgeführt werden

ionisierende Strahlung elektromagnetische oder Teilchenstrahlung, welche die Bildung von Ionen

(Ionisierung) bewirkt (z. B. Alphastrahlung, Betastrahlung, Gammastrahlung,

Röntgenstrahlung)

Isotop Atomart eines chemischen Elements mit gleicher Ordnungszahl, aber

verschiedener Massenzahl

Kohortenstudie Eine Untersuchung, in der eine Gruppe von Personen (Kohorte), deren

Expositionsbedingungen bekannt sind, über längere Zeit beobachtet wird. Die verschiedenen Expositionen werden z. B. mit dem Auftreten von Krankheiten in

Verbindung gebracht.

Kollektivdosis Die Kollektivdosis ist das Produkt aus der Anzahl der Personen der exponierten

Bevölkerungsgruppe und der mittleren Pro-Kopf-Dosis. Einheit der Kollektivdo-

sis ist das Personen-Sievert.

Kontamination speziell: Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen

a) Oberflächenkontamination:

Verunreinigung einer Oberfläche mit radioaktiven Stoffen, die die nicht festhaftende, die festhaftende und die über die Oberfläche eingedrungene Aktivität umfasst. Die Einheit der Messgröße der Oberflächenkontamination ist

die flächenbezogene Aktivität in Becquerel pro Quadratzentimeter.

b) Oberflächenkontamination, nicht festhaftende:

Verunreinigung einer Oberfläche mit radioaktiven Stoffen, bei denen eine Weiterverbreitung der radioaktiven Stoffe nicht ausgeschlossen werden kann

kosmische Strahlung sehr energiereiche Strahlung aus dem Weltraum

kosmogene Radionuklide in der Erdatmosphäre durch kosmische Strahlung erzeugte Radionuklide

Linearer Energietransfer

(LET)

Der Lineare Ernergietransfer ist ein Maß für die Dichte der Ionisierung bei

ionisierenden Strahlen

Leukämie Krebs der weißen Blutzellen; Ursache weitgehend unbekannt; Inzidenzhäufigkeit

40-50 Fälle je 1 Million Einwohner. Es gibt mehrere Typen mit unterschiedlichem Krankheitsverlauf und unterschiedlicher

Heilungswahrscheinlichkeit.

Machbarkeitsstudie In einer Machbarkeitsstudie wird untersucht, ob und unter welchen Bedingungen

eine geplante aufwändige Untersuchung erfolgreich sein kann.

Magnetfeld Zustand des Raumes, der sich durch Kraftwirkungen auf magnetische Dipole

(Magnetnadeln) äußert

magnetische Feldstärke Maß für die Stärke und Richtung des Magnetfeldes. Die Einheit ist Ampere pro

Meter (A/m).

magnetische Flussdichte (magnetische Induktion) Größe, die die Induktionswirkung des magnetischen Feldes beschreibt. Magnetische Flussdichte und magnetische Feldstärke sind durch die

Permeabilität µ (eine Materialkonstante) verbunden. Die Einheit ist das Tesla

(T). $1 \text{ T} = 1 \text{ Vs/m}^2$ (Voltsekunde pro Quadratmeter)

(MRT)

(Kernspintomographie)

Magnetresonanztomographie Schnittbildverfahren in der radiologischen Diagnostik, das im Gegensatz zur Computer-Tomographie (CT) keine ionisierende Strahlung verwendet, sondern

verschiedene magnetische und elektromagnetische Felder. Bei Einhaltung aktueller Sicherheitsempfehlungen ist die Untersuchung für den Patienten mit

keinen gesundheitlichen Risiken verbunden.

Medianwert derjenige Messwert aus einer Reihe unterhalb und oberhalb dessen jeweils 50 %

der Messwerte liegen

Myokardszintigraphie (MSZ) Nuklearmedizinisches Untersuchungsverfahren, das je nach Durchführung

Informationen über die Durchblutungsverhältnisse, Vitalität und Funktion des

Herzmuskels liefert.

Die Nachweisgrenze bezeichnet den Wert eines Messverfahrens, bis zu dem die Nachweisgrenze

> Messgröße mit den besten zurzeit verfügbaren Nachweismethoden gerade noch zuverlässig nachgewiesen werden kann, also in einem vorgegebenen statistischen

Konfidenzintervall liegt.

Nahfeldexposition räumlicher Bereich des elektromagnetischen Feldes zwischen der

Strahlungsquelle und ihrem Fernfeld (elektromagnetisches Feld in unmittelbarer

Nähe der Strahlungsquelle)

nichtionisierende Strahlung

(NIR)

elektrische, magnetische sowie elektromagnetische Felder mit Wellenlängen von 100 nm und darüber, die in der Regel keine Bildung von Ionen (Ionisierung)

bewirken können

NiSG Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am

Menschen vom 29. Juli 2009 (BGBl.I S. 2433), geändert durch Artikel 7 des

Gesetzes vom 11. August 2010 (BGBl. I S. 1163)

Nuklearmedizin Anwendung radioaktiver Stoffe am Menschen zu diagnostischen und

therapeutischen Zwecken

Nuklid durch Protonenzahl (Ordnungszahl) und Massenzahl charakterisierte Atomart

Organdosis Produkt aus der mittleren Energiedosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil

> und dem Strahlungs-Wichtungsfaktor nach Anlage VI Teil C der StrlSchV 2001. Beim Vorliegen mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die Organdosis die Summe der nach Anlage VI Teil B ermittelten Einzelbeiträge durch äußere oder

innere Strahlenexposition.

Ortsdosis Äquivalentdosis, gemessen an einem bestimmten Ort mit den in Anlage VI Teil

A der StrlSchV 2001 angegebenen Messgrößen

Ortsdosisleistung Ortsdosis pro Zeitintervall

Personendosis Die Personendosis ist in der Strahlenschutzverordnung definiert als Messgröße.

> Sie entspricht der Äquivalentdosis gemessen an einer repräsentativen Stelle der Oberfläche einer Person. Man unterscheidet die Tiefen-Personendosis Hp(10) in einer Messtiefe von 10 mm und die Oberflächen-Personendosis Hp(0,07) in einer

Messtiefe von 0,07 mm.

Personendosimeter (nicht ionisierende Strahlung)

Messgerät zur Bestimmung der Höhe der Exposition durch niederfrequente oder

hochfrequente elektromagnetische Felder einer einzelnen Person

Perzentil statistischer Wert, der von einem bestimmten Prozentsatz der Messergebnisse

einer Stichprobe eingehalten wird (z. B. 95. Perzentil ist der Wert, der von nur

5 % der Stichprobe überschritten wird)

Positronen-Emissions-

Nuklearmedizinisches Schnittbildverfahren, mit dessen Hilfe physiologische Funktionen und Stoffwechselprozesse sichtbar gemacht und quantifiziert werden **Tomographie (PET)**

> können. Es beruht auf der Markierung von Biomolekülen mit kurzlebigen Radionukliden (Radiotracer), bei deren Zerfall Positronen entstehen. Die emittierte Strahlung wird mittels eines Detektorrings, der den Patienten umgibt, registriert und in Bilder umgesetzt, die die Verteilung des Radiotracers im Körper

darstellen.

Messgerät zur kontinuierlichen Aufnahme der Globalstrahlung **Pyranometer**

Querschnittsstudie Querschnittsstudien umfassen eine Auswahl von Personen aus einer

> Zielpopulation zu einem festen Zeitpunkt (Stichtag). Für die ausgewählten Personen wird der Krankheitsstatus und die gegenwärtige oder auch frühere

Exposition gleichzeitig erhoben.

radioaktive Stoffe Stoffe, die ionisierende Strahlung spontan aussenden

Radioaktivität Eigenschaft bestimmter chemischer Elemente bzw. Nuklide, ohne äußere

Einwirkung Teilchen- oder Gammastrahlung aus dem Atomkern auszusenden

Radiojod radioaktive Jodisotope

Radionuklide instabile Nuklide, die unter Aussendung von Strahlung in andere Nuklide

zerfallen

Risiko Qualitative und/oder quantitative Charakterisierung eines Schadens hinsichtlich

der Möglichkeit seines Eintreffens (Eintrittswahrscheinlichkeit) und der

Tragweite der Schadenswirkung

Risikokommunikation interaktiver (wechselseitiger) Prozess des Austausches von Informationen und

Meinungen zu Risiken zwischen wissenschaftlichen Experten, Risikomanagern

(Behörden) und der Öffentlichkeit (Betroffene, Interessensgruppen, etc.)

Prozess der subjektiven Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von Risikowahrnehmung

risikobezogenen Informationen auf Grund persönlicher Erfahrungen,

aufgenommener Informationen und der Kommunikation mit anderen Individuen

Feste oder flüssige Schwebeteilchen in der Luft (Durchmesser: 10⁻³ bis 10⁻⁸ cm). Schwebstoffe

Der überwiegende Teil der natürlichen und künstlichen Radionuklide der Luft ist

an Schwebstoffe gebunden.

Sendeleistung die von einer Antenne abgestrahlte elektrische Leistung

SI-Einheiten Einheiten des Internationalen Einheitensystems (SI, frz. Système international

> d'unités). Die Anwendung der Einheiten im Strahlenschutzmesswesen ist durch die Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Messwesen vom

13.12.1985 (BGBl. I S. 2272) geregelt.

Sievert (Sv) SI-Einheit der Organdosis, der effektiven Dosis sowie der Äquivalentdosis

1 Sievert (Sv) = 100 Rem

1 Sievert = 1 000 Millisievert (mSv) = 1 000 000 Mikrosievert (μ Sv) =

1000000000 Nanosievert (nSv)

Die Einheit Sv entspricht J/kg. Der Zusammenhang der verschiedenen

Dosisgrößen ist in Anhang des BMU-Jahresberichts über "Umweltradioaktivität

und Strahlenbelastung" erläutert.

Signaltransduktion In der Biochemie und Physiologie werden damit Prozesse bezeichnet, mittels

derer Zellen zum Beispiel auf äußere Reize reagieren, diese umwandeln und in das Zellinnere weiterleiten. An diesen Prozessen sind oft eine Vielzahl von Enzymen und sekundären Botenstoffen in einer oder mehreren nachgeschalteten

Ebenen beteiligt (Signalkaskade).

Spezifische Absorptionsrate

(SAR)

Die auf die Masse eines Körpers bezogene absorbierte Strahlungsleistung

(Energie). Die Einheit ist Watt pro Kilogramm (W/kg).

stochastisch Zufallsbedingt; stochastische Strahlenschäden sind solche, bei denen die

Wahrscheinlichkeit des Auftretens von der Dosis abhängt, nicht jedoch deren

Schwere

Strahlenbelastung siehe Strahlenexposition

Strahlenexposition Einwirkung ionisierender oder nicht ionisierender Strahlen auf den menschlichen

Körper oder Körperteile. Ganzkörperexposition ist die Einwirkung ionisierender oder nicht ionisierender Strahlung auf den ganzen Körper, Teilkörperexposition ist die Einwirkung ionisierender oder nicht ionisierender Strahlung auf einzelne Organe, Gewebe oder Körperteile. Äußere Strahlenexposition ist die Einwirkung durch Strahlungsquellen außerhalb des Körpers. Innere Strahlenexposition ionisierender Strahlung ist die Einwirkung durch Strahlungsquellen innerhalb des

Körpers.

Teletherapie Behandlung von Erkrankungen durch Bestrahlung des Körpers von außen (s. a.

Brachytherayie)

terrestrische Strahlung Strahlung der natürlich radioaktiven Stoffe, die überall auf der Erde vorhanden

sind

Tritium radioaktives Isotop des Wasserstoffs, das Betastrahlung sehr niedriger Energie

aussendet

UV-Schutzverordnung

(UVSV)

UV-Schutz-Verordnung vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1412)

UV-Strahlung gliedert sich in den UV-A- (320–400 nm), UV-B- (280–320 nm)

und UV-C- (200–280 nm) Anteil auf (siehe auch Anhang des BMU-Jahresberichts über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung")

Wirbelstrom durch Induktion in einem leitfähigen Körper erzeugter elektrischer Strom

Stichwortverzeichnis

(fette Seitenzahlen beziehen sich auf das Glossar bzw. das Abkürzungsverzeichnis)

A	Computertomographie 51
Abklingbecken 25	Computertomographie (CT) 37
Absorption 50	CONCERT 48
Abwasser 19–20, 22–23	CONCERT 40
Aerosol 50	D
Aktivität (Radioaktivität) 50	Dekontamination 51
ALLIANCE 11	deterministisch 51
Alphastrahler 19–20, 23, 50	Deutsche Krebshilfe (DKH) 47
Altlasten 7	Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm (DMF)
Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) 42	44, 48
Angiographie 50	Diagnostische Referenzwerte (DRW) 48, 51
Äquivalentdosis 50	Diuretika 51
•	Dosimeter 32, 51
Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention	Dosimetrie 51
(ADP) 47 athermische Effekte 50	Dosis 51
	Dosisfaktor 51
Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell	Druckwasserreaktor 19
(ARTM) 19, 27, 48	Didek wasserreaktor 17
AVR 20, 48	E
В	Edelgase 18, 20
Baugrund 16	effektive Dosis 33, 51
Baumaterialien 12, 15–16	effektive Jahresdosis 13
Baustoffe 7, 13	elektrische Feldstärke 51
Bayerischer Wald 13, 30	elektrische Ladung 52
BDBOS 48	elektrische Spannung 52
Becquerel 50	elektrischer Strom 52
Bergbau 15, 27, 29	elektrisches Feld 52
Besondere Vorkommnisse 36	elektromagnetisches Feld 41
Betastrahlung 50	Elektrosensibilität 52
Betasubmersion 50	Elektrosensitivität 52
Bims 17	elektrostatisches Feld 52
biologische Effekte 50	EMF 48
Blut-Hirn-Schranke 50	Endlager Morsleben 19, 25
BMBF 48	Energiedosis 52
BMG 48	Epidemiologie 52
Böden 12–13	Erhöhte natürliche Radioaktivität 29
	EURADOS 11
Bodenluft 16	EURAMED 11
BOS 48, 51	Euratom 48
Branchemants 33	Euratom-Grundnormen 5, 11, 15
Brennelemente 23	European Joint Programme 10
Brustkrebs 6	European some Programme 10
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) 5, 11, 14–17, 30,	F
35, 39, 41, 43, 47–48	Fall-Kontroll-Studie 52
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und	Fall-out 53
nukleare Sicherheit (BMU) 5, 43	Fernfeld 53
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und	Flugpersonal 35
Reaktorsicherheit (BMUB) 15, 39, 41, 48	Flussfisch 22
С	FM 48
Cäsium-137 <i>30</i>	Forschungszentrum 17, 20–23
Custum 13 / 30	Dresden-Rossendorf 21

Garching 21	Jülich 23
Geesthacht 21	
Jülich 21	K
Karlsruhe 21	Kalium-40 <i>12–13</i> , <i>15</i>
Fortluft 17–18, 21–22	Kalksandstein 16
Frequenz 53	Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe 17, 22–23
Früherkennung 6	Kernkraftwerk 17–19, 21, 23
Fukushima 31	Biblis 18
	Brokdorf 18
G	Brunsbüttel 18
Gamma-Ortsdosisleistung 13–14	Emsland 18, 22
Gammastrahlung 12, 53	Greifswald 18
Gammasubmersion 53	Gundremmingen 18
Genehmigungsverfahren 6	Isar 18
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit	Krümmel 18
(GRS) 34	Lingen 18
Gips 16	Neckar 18, 22
Globalstrahlung 53	Obrigheim 18
Granit 13	Phillipsburg 18
	Rheinsberg 18
Н	Stade 18
Hautkrebspräventionsmaßnahmen 47	Unterweser 18
Heilbäder 35	Würgassen 18
Hochfrequenz 43, 53	kerntechnische Anlagen 34
Hochradioaktive Strahlenquellen 30	Kernwaffenversuche 30–31
Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) 42,	Kleinkinder 21
48, 53	Kohlenstoff-14 18–20
Hot spots 53	Kohortenstudie 54
Hz 48	Kollektivdosis 54
	Konsumgüter 30
1454 40	Kontamination 54
IAEA 48	kosmetische Zwecke 42
IARC 43, 48	kosmische Strahlung 54
ICNIRP 48	kosmogene Radionuklide 13, 54
ICRP 49	kritische Organe 21
IMIS 14, 31, 49	
Induktion 53	L
Industrie 15, 29	Lagebewertung 8
Industrieprodukte 15, 29	Lebensmittel 15, 21
Influenz 53	Leukämie 54
Infrarot-Strahlung 53	Linearer Energietransfer 54
Ingestion 53	Lungenkrebs 6
Inhalation 16, 54	1.4
Inkorporation 12, 54	M
Inkorporationsüberwachung 34	Machbarkeitsstudie 39, 54
Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) 9	Magnetfeld 54
Interventionelle Radiologie 54	magnetische Feldstärke 54
Ionisierende Strahlung 36	magnetische Flussdichte 55
ionisierende Strahlung (Begriff) 54	Main 22
Isotop 54	Mammographie-Screening 37–39
J	MEAL-Studie 15
Jod-129 <i>20</i>	Medianwert 55
Jod-131 18, 20	medizinische Forschungsvorhaben 6 Meldesystem 6
,	TATO I GOOD VOICE IT O

MELODI 11 Milch 30	Rechtfertigung 5 REI-Bergbau 27
MRT 49 , 55	Rhein 22
Myokardszintigraphie 55	Risiko 41, 46, 56
N	Risikokommunikation 43, 56
N	Risikowahrnehmung 56
Nachweisgrenze 55	Röntgendiagnostik 37–39
Nahfeldexposition 55	Röntgengerät 29
Nahrung 15	Röntgenverordnung 5
Nahrungsmittel 15	Röntgenverordnung (RöV) 29, 33, 49
Neckar 22	Rubenow 23
NERIS 11	Rückstände 29
Neutronen 13	Runder Tisch Elektromagnetische Felder (RTEMF) 44
Neutronendosis 23	
nichtionisierende Strahlung 5, 41, 55	S
nicht-thermische Effekte	Sachsen 13, 15
siehe athermische Effekte	Sachsen-Anhalt 13
NIR 49	Schachtanlage Asse 19, 27
Notfallplan 8	Schauhöhlen 35
Notfallschutz 8	Schilddrüsendosis 21
Nuklearmedizin 55	Schwarzwald 13
Nuklearmedizinische Diagnostik 39	Schwebstoffe 18, 56
Nuklid 55	Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber 43
	Sendeleistung 56
0	SI-Einheiten 56
optische Strahlung 45	Sievert 56
Organdosis 21, 27, 55	Signaltransduktion 57
Ortsdosis 55	Solares UV-Monitoring 45
Ortsdosisleistung 55	Solarien 47
n	Spezifische Absorptionsrate (SAR) 44, 57
P	stochastisch 57
Personendosimeter 55	Störstrahler 30
Personendosis 32–36, 55	Strahlenbelastung 57
Perzentil 56	Strahlenexposition
PET 49, 56	äußere - siehe externe 16
Pyranometer 56	berufliche 32
0	externe 12–14, 16
Q Querschnittsstudie 56	im Freien - siehe externe
Queischinusstudie 30	in der Umgebung kerntechnischer Anlagen 19, 27
R	in der Umgebung von Kernkraftwerken 21
Radioaktive Stoffe	innere 12, 15
im Haushalt 29	kosmische 13, 32
in der Technik 29	medizinische 36, 41
Radioaktivität 56	natürliche 12, 16, 35
Radiojod 56	obere Werte 19
Radium-226 15	terrestrische 13
Radon 7, 15, 17	zivilisatorische 17, 32
in der Bodenluft 15	Strahlenexposition (Begriff) 57
in Wasser 17	Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) 5–6
	Strahlenschutzkommission (SSK) 8, 44, 49
Radon-220 12	Strahlenschutzregister 6, 36
Radon-222 12	Strahlenschutzverordnung (neu) 5–8
Radon-Dosiskoeffizienten 9	Strahlenschutzverordnung 2001 5, 9, 15, 19, 21, 27,
Radonn-222 16	29–30, 35

Stromnetzausbau 42

T

Teletherapie **57**Terrestrische Strahlung *13*terrestrische Strahlung *13*, **57**Thorium-232 *12*Thorium-Zerfallreihe *15*Thüringen *13*, *15*Transportbehälterlager (TBL) *23*, **49**Trinkwasser *15*Tritium *18*–20, **57**Tschernobyl *30*

u

Umweltforschungsplan (UFOPLAN) 49 Umweltradioaktivität 27 Umweltzeichen "Blauer Engel" 44 UNSCEAR 15–16, **49** Uran-235 12 Uran-238 12 Uranbergbau 15 Uran-Radium-Zerfallsreihe 15, 27, 29 UV-Index (UVI) 45, 49 UV-Schutz-Bündnis 47 UV-Schutz-Verordnung (UVSV) 47 UV-Strahlung 49, 57

W

Wasserwerke 35 WBA **50** Wirbelstrom **57** Wismut GmbH 27, 35–36

Z

Zentralstelle des Bundes (ZdB) 5 Zwischenlager 23

