

Unterrichtung
durch die Bundesregierung

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2019

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Auftrag	5
I. Ausgewählte Themen im Strahlenschutz im Berichtsjahr	5
1. Neuordnung des Strahlenschutzrechts	5
2. Notfallschutz	6
3. Medizin	7
4. Beruflicher Strahlenschutz	7
5. Digitalisierung (5G-Strategie der Bundesregierung)	8
6. Stromnetzausbau	10
7. Beratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK)	11
7.1 Einsatz partikelfiltrierender Halbmasken im Notfallschutz	11
7.2 Quellterme und frühe Schutzmaßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen mit unklarer Lage	11
7.3 Elektromagnetische Felder im Automobil durch Funkanwendungen, induktives Laden und elektrisches Fahren	11
7.4 Orientierungshilfe für bildgebende Verfahren	12
7.5 Anwendungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (EMF) zu nichtmedizinischen Zwecken am Menschen	12
7.6 Abgeleitete Richtwerte für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Ereignissen mit Freisetzungen von Radionukliden	12
8. Gemeinsames Europäisches Forschungsprogramm zum Strahlenschutz ..	13

Die an den Deutschen Bundestag übermittelte Ursprungsdatei ermöglichte keine Weiterverarbeitung zu einer barrierefreien Bundestagsdrucksache.

	Seite
II. Natürliche Strahlenexposition	14
1. Arten natürlicher Strahlenquellen	14
2. Beiträge zur Strahlenexposition	14
2.1 Kosmische und terrestrische Strahlung	14
2.2 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien, Industrieprodukten und im Bergbau	15
2.3 Lebensmittel und Trinkwasser	17
2.4 Radon in Gebäuden	17
3. Bewertung der Komponenten der natürlichen Strahlenexposition	18
3.1 Äußere und innere Strahlenexposition	18
3.2 Baumaterialien	18
3.3 Radon	19
III. Zivilisatorische Strahlenexposition	19
1. Kernkraftwerke, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe	19
1.1 Jahresableitungen radioaktiver Stoffe	19
1.2 Berechnete obere Werte der Exposition	21
2. Sonstige kerntechnische Anlagen	25
2.1 Zentrale und dezentrale Zwischenlager	25
2.2 Endlager	27
3. Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen	29
4. Umweltradioaktivität aus Bergbau und Sanierung durch die Wismut	29
5. Rückstände aus Industrie und Bergbau mit erhöhter natürlicher Radioaktivität	30
6. Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung in Industrie und Technik sowie im Haushalt	31
6.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen	31
6.2 Hochradioaktive Strahlenquellen	32
6.3 Störstrahler	32
6.4 Konsumgüter und sonstige Anwendungen	32
7. Fall-out durch Kernkraftwerksunfälle und durch Kernwaffenversuche ...	32
7.1 Tschernobyl	32
7.2 Fukushima	33
7.3 Kernwaffenversuche	34
IV. Berufliche Strahlenexposition	34
1. Zivilisatorische Strahlenquellen	34
1.1 Personendosisüberwachung	34
1.2 Beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen	36
1.3 Inkorporationsüberwachung	36

	Seite
2. Natürliche Strahlenquellen	37
2.1 Flugpersonal	37
2.2 Arbeitsplätze mit erhöhter Radonexposition (Wasserwerke, Schauhöhlen, Heilbäder und Sanierungsbetriebe)	38
3. Strahlenunfälle und bedeutsame Vorkommnisse	38
V. Medizinische Strahlenexposition	39
1. Röntgendiagnostik	39
2. Nuklearmedizinische Diagnostik	42
3. Strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition ...	43
4. Bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin nach Anlage 14 StrlSchV ...	44
VI. Nichtionisierende Strahlung	45
1. Elektromagnetische Felder	45
2. Optische Strahlung	49
2.1 Solares UV-Monitoring	49
2.2 Forschung	49
2.3 Hautkrebspräventionsmaßnahmen	51
2.4 Rechtliche Regelungen	52
VII. Strahlenschutzforschung	53
1. CONCERT: gemeinsames Europäisches Forschungsprogramm zum Strahlenschutz	53
 Anhang	
Verwendete Abkürzungen	54
Erläuterung wichtiger Fachausdrücke	56
Stichwortverzeichnis	64

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2019 (Berichtsjahr: 1. Januar bis 31. Dezember 2019)

Wesentliche Ergebnisse im Berichtsjahr bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland

Gesamtbewertung der ionisierenden Strahlung:

- Die berechnete Gesamtexposition beträgt 3,8 mSv¹ pro Person und Jahr, wie im Vorjahr.

Medizinische Strahlenexposition:

- Die mittlere Anzahl der Computertomographien pro Einwohner und Jahr hat zwischen 2007 und 2016 um 40 Prozent zugenommen. Mit 5,5 Millionen Frauen lag die Teilnehmerrate am Mammographie Screening im Jahr 2018 bei 50 Prozent.
- Die mittlere effektive Jahresdosis der Bevölkerung durch medizinische Strahlenexposition bildgebender Verfahren beträgt ca. 1,6 mSv (Daten für das Jahr 2016).

Berufliche Strahlenexposition:

- Die mittlere Jahresdosis exponierter Personen liegt wie im Vorjahr bei 0,46 mSv.

Strahlenexposition des Flugpersonals:

- Die mittlere Jahresdosis beträgt 1,8 mSv (Vorjahr: 2,0 mSv).
- Die höchste Jahresdosis des fliegenden Personals liegt bei 6,7 mSv (Vorjahr: 6,2 mSv).

Register hochradioaktiver Strahlenquellen:

- Inzwischen sind 727 Genehmigungsinhaber (Vorjahr: 712) zu verzeichnen. 80 Bundes- und Landesbehörden haben Zugang zum Register.

Schachtanlage Asse:

- Bei der Ermittlung der Strahlenexposition ergeben sich für das Berichtsjahr effektive Jahresdosen von 0,8 µSv für Erwachsene und 2 µSv für Säuglinge (Vorjahr 0,2 µSv bzw. 0,8 µSv).

Kernkraftwerksunfälle:

- Tschernobyl: Jährlich nehmen die Cäsium-137-Inventare aus dem Unfall um 2 bis 3 Prozent im Boden auf zurzeit 46 Prozent der 1986 deponierten Aktivität ab; die Kontamination von Wild und Pilzen ist in Deutschland verglichen mit anderen Lebensmitteln immer noch hoch, Überschreitungen der Grenzwerte gibt es weiterhin bei Wildschweinfleisch.
- Fukushima: Seit 2012 wurden in Deutschland keine Radionuklidaktivitäten aus dem Unfall mehr gemessen.

Elektromagnetische Felder:

- Ein Schwerpunkt der Forschungs- und Kommunikationsaktivitäten von BMU und BfS liegt aktuell beim Ausbau der Stromnetze. Das begleitende Forschungsprogramm zum „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ umfasst nun insgesamt zehn Themenfelder und 39 einzelnen Forschungsvorhaben. Einige davon wurden bereits im Rahmen des Ressortforschungsplans bearbeitet.

Optische Strahlung:

- Eine Machbarkeitsstudie zur Modellierung von UV-Belastungen in urbanen Umgebungen wurde in Auftrag gegeben. Ein Arbeitsschwerpunkt lag auch 2019 auf der Erarbeitung der Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen nichtionisierender Strahlung bei Anwendungen am Menschen (NiSV).
- Der UV-Index erreichte im Juni und Juli im Norden und in der Mitte Deutschlands Werte von 7 bis 9, im Süden von 8 bis 9 und im alpinen Hochgebirgsraum Werte von 9 bis 11.

¹ 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, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz 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)² 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 StrlSchG 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). Der vorliegende Bericht berücksichtigt jedoch auch die Daten zur Umweltradioaktivität, die zuvor auf Grundlage der inhaltsgleichen Vorgängervorschriften der §§ 2 bis 5 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG) vom Bund und den Ländern erhoben und vom BfS im integrierten Mess- und Informationssystem für die Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) zusammengefasst, aufbereitet und dokumentiert worden sind. Zusätzlich enthält dieser Bericht Informationen über den Bereich „nichtionisierende Strahlung“ (NIR).

Alle Angaben beziehen sich auf das Berichtsjahr 1. Januar bis 31. Dezember 2019, sofern nichts anderes angegeben ist. Ausführlicheres Datenmaterial ist den Jahresberichten des BMU über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ zu entnehmen (Zugriff über www.bfs.de/DE/mediathek/berichte/umweltradioaktivitaet/umweltradioaktivitaet.html).

I. Ausgewählte Themen im Strahlenschutz im Berichtsjahr

1. Neuordnung des Strahlenschutzrechts

Umfassenden Schutz vor schädlicher Strahlung in der Medizin, Schutz vor Radon in Wohnungen und bessere Vorsorge für den Notfall – das sind zentrale Bereiche des am 31. Dezember 2018 in Kraft getretenen neuen Strahlenschutzgesetzes. Ergänzt wird das Strahlenschutzgesetz durch die Strahlenschutzverordnung, die ebenfalls am 31. Dezember 2018 in Kraft getreten ist. Die Neuregelung dient der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom ins deutsche Recht und spiegelt die wachsende Bedeutung des Strahlenschutzes in vielen Lebensbereichen wider: Das Gesetz schafft klare Strukturen und bildet den aktuellen Stand der Wissenschaft ab. 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. Sie erfüllen zudem den Auftrag aus dem Koalitionsvertrag für die 18. und für die 19. Legislaturperiode, das Strahlenschutzrecht zu modernisieren und den radiologischen Notfallschutz zur Bewältigung von Katastrophen in kerntechnischen Anlagen auf Grundlage der Erfahrungen nach Fukushima konzeptionell fortzuentwickeln sowie das Strahlenschutzgesetz auf Verordnungsebene zu konkretisieren. Die Notfallschutzbestimmungen und die Vorschriften zur Überwachung der Umweltradioaktivität sind bereits seit dem 1. Oktober 2017 in Kraft. Die bisherige Strahlenschutzverordnung und auch die Röntgenverordnung sind am 31. Dezember 2018 außer Kraft getreten.

Mit den neuen Regelungen wird der Anwendungsbereich des Strahlenschutzrechts erweitert und dadurch ein größerer Schutz für die Bürgerinnen und Bürger vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung gewährleistet. Dies wird anhand der nachfolgend aufgeführten neuen Regelungsbereiche verdeutlicht:

Radon

Radon ist statistisch nach Tabakrauch eine der wichtigsten Ursachen für Lungenkrebs. Es ist fast überall in Deutschland nachzuweisen, der Gehalt im Boden hängt jedoch von den geologischen Strukturen ab. Zudem hat eine korrekte Bauausführung erheblichen Einfluss auf die Radonkonzentration in Innenräumen. Im neuen Strahlenschutzgesetz wird erstmals ein Referenzwert zur Bewertung der Radonkonzentration in Innenräumen (Wohnräume und Arbeitsplätze) festgelegt. Bei Überschreitung dieses Referenzwertes ist zu entscheiden, ob und ggf. welche Schutzmaßnahmen zu treffen sind, um den Radonzutritt zu erschweren. Das neue Strahlenschutzgesetz setzt bei Bestandsbauten vor allem auf die Eigenverantwortung des Eigentümers oder der Eigentümerin, für Radonschutz zu sorgen. Für Neubauten gelten gesetzliche Pflichten zum Ergreifen von Maßnahmen zum Schutz vor Radon. Wenn das Grundstück sich in einem von den Ländern festgelegten Gebiet liegt, in dem davon auszugehen

² im Gesetz noch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

ist, das der gesetzliche Referenzwert für Radon in einer beträchtlichen Anzahl von Gebäuden überschritten wird (sog. Radonvorsorgegebiete), gelten höhere Anforderungen für den Schutz vor Radon bei Neubauten. In Radonvorsorgegebieten werden zusätzliche Anforderungen an Arbeitsplätze gestellt. Bisher galten Schutzvorschriften vor Radon an Arbeitsplätzen nur für besondere Arbeitsplätze wie in Wasserwerken, Bergwerken oder Schauhöhlen. Nun fallen in den auszuweisenden Gebieten insbesondere auch alle Arbeitsplätze in bodennahen Stockwerken von Gebäuden unter die Vorschriften zum Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen. Verantwortliche für diese Arbeitsplätze sind verpflichtet die Radonkonzentration an den Arbeitsplätzen zu ermitteln. An Arbeitsplätzen, an denen der gesetzliche Referenzwert für die Radonkonzentration in der Raumluft an Arbeitsplätzen überschritten wird, sind durch den Arbeitgeber Maßnahmen zu ergreifen, um die Radonkonzentration in der Raumluft unter den Referenzwert zu senken. Besondere Schutzmaßnahmen für die Beschäftigten bei erhöhten Radonwerten sieht das Strahlenschutzgesetz zudem vor. Somit wird deutschlandweit ein guter Schutz vor den gesundheitlichen Risiken durch Radon auch an Arbeitsplätzen gewährleistet.

Bewältigung radioaktiver Altlasten

Das neue Strahlenschutzgesetz enthält Regelungen zur Bewältigung radioaktiver Altlasten. Bis zum 31. Dezember 2018 galt für die Sanierung radiologischer Altlasten in den neuen Bundesländern noch DDR-Strahlenschutzrecht, während in den alten Bundesländern mangels spezieller Strahlenschutzvorschriften das Bundes-Bodenschutzgesetz angewendet worden ist. Das Bundes-Bodenschutzgesetz hat jedoch keine materiellen Vorgaben enthalten, die der spezifischen Situation und den sachlichen Besonderheiten bei radiologischen Altlasten gerecht geworden sind. Dies ändert sich nun durch das neue Strahlenschutzgesetz. Nach diesem sind Altlasten Kontaminationen aus abgeschlossenen menschlichen Betätigungen, wenn der Referenzwert der effektiven Dosis von ein Millisievert pro Jahr überschritten wird. Die Strategien zum Umgang mit Altlasten orientieren sich an den Erfahrungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes und den Erfahrungen aus der Stilllegung und Sanierung des Uranerzbergbaus sowie deren radioaktiven Altlasten auf dem Gebiet der ehemaligen DDR: Das Regelungskonzept sieht vor, dass das Vorliegen von Anhaltspunkten für eine radioaktive Altlast der zuständigen Behörde mitzuteilen ist, die dann über das weitere Vorgehen entscheidet (Untersuchungs- und gegebenenfalls Sanierungs-, Schutz- und Nachsorgemaßnahmen)

Radioaktivität in Bauprodukten

Für bestimmte radiologisch relevante Baustoffe werden Messungen der spezifischen Aktivität vorgeschrieben, um so zu prüfen, ob durch die darin enthaltenen Radionuklide der Referenzwert von 1 Millisievert pro Jahr unterschritten wird. Wenn der Referenzwert nicht eingehalten wird, müssen die zuständigen Behörden informiert werden, die dann Maßnahmen erlassen können.

Anwendung von Röntgenstrahlung oder radioaktiven Stoffe am Menschen zum Zweck der Früherkennung von Krankheiten

Die Früherkennung von Brustkrebs für Frauen zwischen 50 und 69 ist die derzeit einzige zugelassene Früherkennungsuntersuchung, bei der Röntgenstrahlung eingesetzt wird. Zukünftig können weitere Früherkennungsuntersuchungen zugelassen werden und zwar solche, bei denen der Nutzen das Risiko der eingesetzten Strahlung überwiegt, eine schwere Krankheit in einem Frühstadium erkannt werden kann und es hierfür wirksame Behandlungsmethoden gibt. Anforderungen an Geräte und an die durchführenden Stellen sollen einen hohen Qualitätsstandard sichern.

2. Notfallschutz

Kommt es in Deutschland oder im benachbarten Ausland zu einer Notfallsituation, bei der radioaktive Stoffe in die Umwelt gelangen können, 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 und andere überregionale Notfälle als auch Ereignisse mit eher regionalen oder lokalen Auswirkungen ab, etwa Transportunfälle. Für den besonderen Notfallplan Wasser wurden im Berichtsjahr in einem Ressortforschungsvorhaben mögliche Freisetzen radioaktiver Stoffe auf dem Wasserpfad bei KKW-Störfällen abgeschätzt.

Das BMU richtet ein radiologisches Lagezentrum ein, das im Notfall eine deutschlandweit gültige radiologische Lagebewertung vornimmt, die zum einen die aktuelle Situation und vermutete künftige Entwicklung beschreibt und zum anderen die Angemessenheit von Katastrophenschutzmaßnahmen (und anderen Schutzmaßnahmen) für betroffene Gebiete beurteilt.

Im Rahmen des Aufbaus entwickelt das BfS ein Kommunikationskonzept. Hierzu wurde im Berichtsjahr ein Ressortforschungsvorhaben „Umsetzung von Informationsstrategien und Konzepten in konkrete Handlungsempfehlungen und Informationsangebote unter Berücksichtigung moderner internetbasierter Kommunikationsformen“ erfolgreich abgeschlossen.

Das Radiologische Lagezentrum des Bundes setzt sich aus einer Kopfstelle beim BMU, dem BfS und dem Notfallzentrum der GRS zusammen. Bei einem überregionalen Notfall soll das radiologische Lagezentrum des Bundes eine deutschlandweit gültige Lagebewertung vornehmen. In einem für alle Behörden des Bundes und der Länder maßgeblichen radiologischen Lagebild ist zum einen die aktuelle Situation und die zu erwartende künftige Entwicklung zu beschreiben und zum anderen darzustellen, in welchen Teilen des Bundesgebietes die radiologischen Kriterien für die Angemessenheit bestimmter Schutzmaßnahmen überschritten sind oder künftig überschritten werden können. Im Berichtsjahr wurde ein Ressortforschungsvorhaben zum „Ausbau der wissenschaftlichen und der technischen Basis für die Aufgaben des Teams „Strahlenschutz“ im Notfallzentrum der GRS“ erfolgreich abgeschlossen.

Nähere Angaben über die Ergebnisse der genannten Forschungsvorhaben sind dem Programmreport 2019 zu entnehmen³.

3. Medizin

Melde- und Informationssystem für bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin

Durch die zunehmende und immer komplexer werdende Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in der medizinischen Diagnostik und Therapie steigt nicht nur die Exposition der Bevölkerung insgesamt, sondern es nimmt gleichzeitig auch das Risiko von unbeabsichtigten oder fehlerhaften Expositionen zu. Diese können auf Grund technischer Mängel, aber auch auf Grund menschlichen Versagens vorkommen. Mit Wirkung zum 31. Dezember 2018 hat das neue StrlSchG in § 90 die Pflichten, Aufgaben und Befugnisse bei Vorkommnissen geregelt. Die in § 90 StrlSchG und in den §§ 108 bis 112 StrlSchV getroffenen Regelungen zur Meldung von bedeutsamen Vorkommnissen und den diesbezüglichen Aufgaben der zuständigen Stellen gelten für alle Anwendungen radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung (einschließlich Röntgenstrahlung) am Menschen.

Gemäß § 111 Absatz 1 Nummer 6 StrlSchV führt die zentrale Stelle eine regelmäßige systematische wissenschaftliche Auswertung der gemeldeten bedeutsamen Vorkommnisse (nach § 111 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchV) durch und veröffentlicht die Ergebnisse einschließlich der daraus abgeleiteten Empfehlungen für den Strahlenschutz. Diese Veröffentlichung erfolgt in Form von Jahresberichten.

Im ersten Jahresbericht wurden bedeutsame Vorkommnisse aus dem Jahr 2019 ausgewertet⁴. Zum Stichtag 15. Juli 2020 lagen der zentralen Stelle Informationen zu 68 Abschlussmeldungen über bedeutsame Vorkommnisse vor. Zu Expositionen von untersuchten Personen bei nichtmedizinischen Anwendungen erfolgten keine Meldungen.

Die meisten Meldungen gab es mit 49 Fällen (72 Prozent) bei Behandlungen mit ionisierender Strahlung und umschlossenen radioaktiven Stoffen. In diesem Bereich war bereits vor der Gesetzesänderung eine Meldekultur etabliert. Auffällig war insgesamt die geringe Meldefrequenz mit 13 Fällen (19 Prozent) bei Untersuchungen mit ionisierender Strahlung und radioaktiven Stoffen sowie bei Interventionen, die nicht mit den hohen Untersuchungs- und Behandlungszahlen in diesen Bereichen im deutschen Gesundheitssystem kompatibel erscheint.

4. Beruflicher Strahlenschutz

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

³ „Strahlenschutzforschung Programmreport 2019“ unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:2020100623424

⁴ Melde- und Informationssystem für bedeutsame Vorkommnisse bei Strahlenanwendungen am Menschen – Jahresbericht 2019, <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-medizin/bevomed/jahresbericht/jahresbericht.html>

Auskünften über die erfassten Daten an zuständige Behörden, Unfallversicherungen, Strahlenschutzverantwortliche 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 ab 31. Dezember 2018 für Eintragungen im Strahlenschutzregister die Verwendung einer eindeutigen Kennnummer für die beruflich exponierte Person vor (genannt: Strahlenschutzregisternummer, kurz: SSR-Nummer). Die SSR-Nummer wird vom BfS vergeben und durch eine nicht rückführbare Verschlüsselung aus der Sozialversicherungsnummer (§ 147 SGB VI) und den Personendaten des zu überwachenden Beschäftigten abgeleitet. Für die Beantragung der SSR-Nummer und die Übertragung der dafür nötigen Personendaten hat der Strahlenschutzverantwortliche bzw. der entsprechende Verpflichtete oder Verantwortliche des Beschäftigungsbetriebs zu sorgen. Für die insgesamt ca. 430 000 strahlenschutzüberwachten Personen in Deutschland wurden bis Ende 2019 erst ca. 380 000 SSR-Nummern von Seiten der Betriebe beantragt.

Neben der Einführung der SSR-Nummer ergaben sich auf Grundlage des neuen Strahlenschutzrechtes weitere relevante Änderungen hinsichtlich des Formats und Übertragungsverfahrens der an das Strahlenschutzregister zu übermittelnden Daten (nähere Informationen unter www.bfs.de/ssr). Die entsprechenden digitalen Schnittstellen wurden den Messstellen und Strahlenpassbehörden vom BfS im Rahmen einer Übergangsregelung fristgerecht zum 1. Juli 2019 bereitgestellt.

Auf Grund anhaltender technischer und organisatorischer Herausforderungen auf Seiten der strahlenschutzüberwachten Betriebe und bzw. oder der Dosismessstellen kam es bei der Umstellung auf das neue Datenformat und damit bei der Übermittlung der Dosisdaten im gesetzlich vorgeschriebenen Format zu Verzögerungen.

5. Digitalisierung (5G-Strategie der Bundesregierung)

Für den neuen Mobilfunkstandard 5G wurden 2019 auf der Frequenzauktion der Bundesnetzagentur (BNetzA) das 2 GHz- sowie das 3,6 GHz-Frequenzband an die Mobilfunkbetreiber versteigert. Im 2 GHz-Band wird aktuell noch 3G betrieben, doch soll das 3G-Mobilfunknetz bis Ende 2021 abgeschaltet werden. Ein Teil des Frequenzbands bei 3,6 GHz ist bereits dem Festen Funkdienst, das heißt dem Funkdienst zwischen bestimmten festen Punkten, zugewiesen. Zusätzlich steht seit 2019 das 700 MHz-Frequenzband für die Mobilfunknutzung zur Verfügung. Dieses Frequenzband wurde ursprünglich für die Übertragung des terrestrischen digitalen Fernsehens (DVB-T) genutzt. Damit kommen bei 5G aktuell Frequenzbereiche zum Einsatz, die auch bei den bisherigen Mobilfunkgenerationen genutzt werden, die diesen benachbart sind oder die für vergleichbare Nutzungen vergeben sind. Erkenntnisse aus Studien, in denen mögliche Gesundheitswirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks (zu Tetra-Signalen, 2G, 3G und 4G) 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. Auch wird sich mit Einführung von 5G der Trend zur Vernetzung technischer Geräte fortsetzen und weiter beschleunigen. Auch die Zahl der Sendeanlagen und Geräte, die elektromagnetische Felder erzeugen, nimmt damit zu. Wie sich das auf die Exposition der allgemeinen Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern auswirkt, kann noch nicht im Detail bewertet werden. Aus diesem Grund hat das BfS 2019 folgende Forschungsvorhaben initiiert, um die Datenlage zu verbessern:

- Wirkungen auf Zellen der Körperoberfläche bei Exposition mit Zenti- und Millimeterwellen (5G-spezifisch, in höheren Frequenzbereichen)

Hintergrund: Im Zuge der Einführung von 5G sollen zukünftig Frequenzen im Zenti- und Millimeterwellenbereich über 20 GHz genutzt werden. In diesem Frequenzbereich ist die wissenschaftliche Datenlage in Bezug auf biologische Wirkungen der elektromagnetischen Felder vergleichsweise gering. Da die Eindringtiefe der elektromagnetischen Felder bei diesen Frequenzen sehr klein ist, sind nach dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand keine gesundheitsrelevanten Wirkungen zu erwarten.

Ziel: Untersuchung der Auswirkungen einer Exposition mit Zenti- und Millimeterwellen (5G-Frequenzen) auf Zellen der Körperoberfläche. Dafür werden humane Hautzellen (Fibroblasten und Keratinozyten) bei zwei unterschiedlichen Leistungsflussdichten und bei zwei unterschiedlichen Frequenzen (27 GHz und 41 GHz) befeuchtet. Zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten (2 Std und 48 Std) werden anschließend die Auswirkungen der Exposition auf die Genexpression und die DNA-Methylierung der Zellen untersucht.

Forschungsnehmer: Jacobs University Bremen, Focus Area Health

Laufzeit: 1. November 2019 bis 30. September 2022

- Internationaler Workshop zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die belebte Umwelt (inclusive versteigerte 5G-Frequenzen)

Hintergrund: Eine fundierte Datenbasis auf dem Gebiet der Auswirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf Tiere und Pflanzen fehlt. Eine letzte Zusammenfassung des Kenntnisstandes erfolgte im Jahr 1999 durch ICNIRP auf Basis eines internationalen Workshops. Der Wissensstand musste daher dringend aktualisiert werden.

Ziel: Auf dem internationalen interdisziplinären Workshop wurden unter Beteiligung von Expert*innen aus dem Strahlenschutz, dem Umweltschutz sowie Zoologie, Botanik und Ökologie mögliche Umweltauswirkungen anthropogener elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder aller Frequenzen (Stromleitungen, Elektromobilität und induktives Laden, drahtlose Kommunikation) auf Tiere, Pflanzen und Ökosysteme zusammengetragen und diskutiert. Bezüglich 5G wurde insbesondere eine mögliche höhere Energieabsorption in Insekten bei höheren Frequenzen betrachtet.

Ergebnis: Zusammenfassendes Fazit war, dass derzeit keine gesicherten wissenschaftlichen Belege für ernsthafte schädliche Wirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt vorliegen, es aber Einzelhinweise gibt, denen mit weiterer Forschung nachgegangen werden sollte. Ein vollständiger Bericht zum Workshop und dessen Ergebnissen kann auf den Internetseiten des BfS eingesehen werden.

Organisator: Valentum Kommunikation GmbH

Laufzeit: Der Workshop fand vom 5. bis 7. November 2019 in München statt.

- Analyse der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des Einflusses von Mobilfunk-Endgeräten auf die Gehirnaktivität, Schlaf, und kognitive Leistungsfähigkeit (inklusive versteigerte 5G-Frequenzen)

Hintergrund: Der Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Gehirnaktivität, Schlaf und Kognition wurde in insgesamt vier Forschungsvorhaben des BfS an jungen, gesunden Männern sowie älteren Frauen und Männern untersucht. Es wurden geringfügige Veränderungen der Gehirnaktivität gefunden, die sich im Verhalten nicht spiegeln und nach Einschätzung von EEG-Experten nicht gesundheitsrelevant sind. Dabei waren die Wirkungen bei älteren Personen durchgehend ausgeprägter als bei jungen Männern. Alle Studien weisen ein identisches Studiendesign auf und wurden an jeweils 30 Testpersonen durchgeführt.

Ziel: Anhand der Daten aus den vorliegenden Studien des BfS soll nun die Altersabhängigkeit der beobachteten Veränderungen der Gehirnaktivität anhand des Vergleichs älterer und junger Männer und der Einfluss des Geschlechts anhand des Vergleichs zwischen älteren Männern und älteren Frauen beurteilt werden.

Forschungsnehmer: Charité Berlin

Laufzeit: 1. August 2019 bis 30. November 2020 (Corona-bedingte Verzögerung)

- Bewertende Literaturstudie zum Einfluss von elektromagnetischen Feldern auf oxidative Prozesse bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien (inklusive versteigerte 5G-Frequenzen)

Hintergrund: In vielen wissenschaftlichen Studien wird als möglicher Wirkmechanismus elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (EMF) aller Frequenzbereiche sogenannter „oxidativer Stress“ postuliert. Dabei sollen die Felder die Konzentration freier Radikale erhöhen, was zu verstärkten oxidativen Prozessen in Zellen führen könnte. Als mögliche Folge werden DNA-Schädigung und ein verstärktes Auftreten von Krebs diskutiert. Jedoch ist das Ausmaß der beobachteten Effekte oft gering und die gesundheitliche Relevanz unklar. Zudem weisen laut SCENIHR (2015) viele dieser Studien qualitative Mängel auf, wie unzureichende Angaben zur Dosimetrie oder fehlende Verblindung. Zudem unterscheiden sich die Studien zum Teil erheblich im verwendeten Zelltyp, der Intensität der Felder, der Expositionsdauer oder dem Zeitpunkt der ROS-Messung. Damit ist die Datenlage zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf den oxidativen Stress sehr inkonsistent, was eine Bewertung der Studien und deren Relevanz aus Strahlenschutzsicht erschwert.

Ziel: Die Datenlage zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder aller Frequenzbereiche auf den oxidativen Stress wird durch Fachleute systematisch aufgearbeitet und bewertet, Wissenslücken identifiziert und mögliche weitere Forschungsansätze vorgeschlagen.

Forschungsnehmer: Fraunhofer Institut für Toxikologie und experimentelle Medizin (ITEM), Hannover

Laufzeit: 1. September 2019 bis 31. August 2020 (Corona-bedingte Verzögerung)

- Machbarkeitsstudie eines auf Smartphone-Apps beruhenden Hochfrequenz-Messnetzwerks zur Abschätzung der Exposition mit elektromagnetischen Feldern (inklusive versteigerte 5G-Frequenzen)

Hintergrund: Ein Expositions-Monitoring hochfrequenter elektromagnetischer Felder könnte zur Abschätzung

der von den Feldern ausgehenden gesundheitlichen Risiken für die Bevölkerung hilfreich sein. Damit zeitliche und örtliche Variationen mit einer für belastbare Expositionsdaten ausreichenden Auflösung erfasst werden können, sind regelmäßig wiederholte Messungen an vielen Punkten nötig. Die Realisierung eines flächendeckenden und kontinuierlichen Monitorings ist auf Grund des mit herkömmlichen Methoden verbundenen Aufwands nicht möglich. Für den Bereich des Mobilfunks könnte ein Crowdsourcing-basierter Ansatz, der auf die Erhebung von Messdaten mittels Standard-Smartphones setzt, Abhilfe schaffen. Hiermit ließe sich womöglich ein engmaschiges und kontinuierlich arbeitendes Messnetzwerk aufbauen.

Ziel: Untersuchung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit des o. g. Ansatzes. Konkret soll die Frage geklärt werden, ob die von vielen Endgeräten gemessenen Signalstärke-Indikatoren ein repräsentatives Bild der Exposition über das gesamte genutzte Mobilfunkspektrum zeichnen können.

Forschungsnehmer: RWTH Aachen, Institut für Hochfrequenztechnik

Laufzeit: 1. Dezember 2019 bis 30. November 2021

Weitere Vorhaben sind in Planung.

6. Stromnetzausbau

Beim Stromnetzausbau werden auch Anlagen zur Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) errichtet. In der Umgebung der Leitungen treten statische Magnetfelder auf. Für statische Magnetfelder wurde in der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) ein Grenzwert von 500 μT für die magnetische Flussdichte festgelegt. Zudem sind bei der Einrichtung und wesentlichen Änderung von Anlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder 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 des aktuellen Kenntnisstandes zu wesentlich stärkeren Feldern der Magnetresonanztomographie ist keine Beeinträchtigung der Bevölkerung und der Umwelt zu erwarten.

Im Gegensatz zu Wechselstromfreileitungen treten in der Nähe von HGÜ-Freileitungen 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.

Um bestehende wissenschaftliche Unsicherheiten in der Risikobewertung zu verringern und offene Fragen beantworten zu können, führt das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ein begleitendes Forschungsprogramm zum „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ durch. In insgesamt zehn Themenfeldern sollen 39 einzelne Forschungsvorhaben durchgeführt werden.

Im Berichtsjahr wurden folgende Vorhaben abgeschlossen:

- Vorhaben 1.2.a: Untersuchung der Machbarkeit und Vorbereitung einer gepoolten Analyse zum Zusammenhang von Amyotropher Lateralsklerose (ALS) und Magnetfeldexposition (MF)
- Vorhaben 3.7: Internationaler Workshop zum aktuellen Stand der Ursachenforschung von Leukämien im Kindesalter
- Vorhaben 8.2: Umfragen zur Ermittlung der Besorgnis in der Bevölkerung
- Vorhaben 8.3: Untersuchung zur Wirkung von Vor-Ort-Expositionsmessungen auf die Risikowahrnehmung sowie die Glaubwürdigkeit von und das Vertrauen in Landesbehörden und Netzbetreiber
- Vorhaben 8.6: Evaluation von Risikokommunikationsmaßnahmen
- Vorhaben 10.1: Internationaler Workshop zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die belebte Umwelt.

Nähere Angaben über die Ergebnisse der genannten Forschungsvorhaben sind dem Programmreport 2019 zu entnehmen⁵. Die Beschreibung des Forschungsprogramms sowie den aktuellen Stand der Forschungsvorhaben können auf der Seite des BfS eingesehen werden.⁶

⁵ „Strahlenschutzforschung Programmreport 2019“ unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424

⁶ www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/bfs-forschungsprogramm/stromnetzausbau/netzausbau_node.html

7. Beratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK)

7.1 Einsatz partikelfiltrierender Halbmasken im Notfallschutz

Frühe Maßnahmen des Notfallschutzes, d. h. Evakuierung, Aufenthalt in Gebäuden und Iodblockade, werden ergriffen, um bei einem radiologischen Notfall, hier einem schwerem Kernkraftwerksunfall, deterministische Schäden zu vermeiden und die Wahrscheinlichkeit stochastischer Schäden zu reduzieren. Von besonderer Bedeutung ist bei den frühen Schutzmaßnahmen die Vermeidung hoher Schilddrüsendosen bei Kindern, Jugendlichen und Schwangeren als Folge der Inhalation radioaktiver Iodisotope. Die Erfahrungen des Unfalls von Tschernobyl haben gezeigt, dass hohe Schilddrüsendosen in der Folge besonders bei Personen, die zum Zeitpunkt des Unfalls Kleinkinder und Kinder waren, zu einem Anstieg von Schilddrüsenkrebs führen. Die Iodblockade der Schilddrüse durch Einnahme von Tabletten mit stabilem Kaliumiodid stellt eine wirksame Methode zur Vermeidung hoher Schilddrüsendosen durch Inhalation von radioaktiven Iodisotopen dar.

Die vorliegende Empfehlung befasst sich damit, ob und unter welchen Umständen das Instrumentarium der frühen Schutzmaßnahmen um die Anwendung von handelsüblichen partikelfiltrierenden Halbmasken erweitert werden sollte.

Die Empfehlung wurde in der 300. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 27./28. Juni 2019 verabschiedet.⁷

7.2 Quellterme und frühe Schutzmaßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen mit unklarer Lage

Im Rahmen der Umsetzung der neuen gesetzlichen Regelungen für den radiologischen Notfallschutz wird das radiologische Lagezentrum des Bundes im Falle eines überregionalen radiologischen Notfalls (hier eines schweren Kernkraftwerksunfalls) die Aufgabe übernehmen, das radiologische Lagebild zu erstellen.

Die Erstellung des radiologischen Lagebildes soll in der Regel ausgehend von Prognosen des beim Unfall erwarteten Quellterms in Verbindung mit RODOS-Vorhersagen erfolgen. Die RODOS-Vorhersagen erlauben Aussagen über die räumliche und zeitliche Entwicklung der Kontamination der Umwelt sowie über die erwarteten Strahlenexpositionen auf allen relevanten Expositionspfaden, aufgrund derer dann Empfehlungen für Schutzmaßnahmen möglich sind.

Die vorliegende Empfehlung befasst sich mit dem unwahrscheinlichen Fall, dass Prognosen des Quellterms – aus welchen Gründen auch immer – nicht zur Verfügung stehen.

Die Empfehlung wurde in der 300. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 27./28. Juni 2019 verabschiedet.⁸

7.3 Elektromagnetische Felder im Automobil durch Funkanwendungen, induktives Laden und elektrisches Fahren

Seit einiger Zeit rücken technologische Innovationen, die in verschiedenen Bereichen des Automobils nichtionisierende Strahlung nutzen, verstärkt in den Fokus des allgemeinen Interesses. Bei diesen neuen Technologien handelt es sich um funkbasierte Assistenz-, Komfort- und Unterhaltungssysteme, die zu einer Exposition der Insassen und der Umgebung führen.

Zudem ist in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme der Elektromobilität zu beobachten. Hierfür werden fokussiert Elektroantriebe und Akkumulatoren weiterentwickelt, die technisch bedingt während der Fahrt elektrische und magnetische Felder erzeugen. Die Akkumulatoren dieser Elektroautos werden überwiegend kabelgebunden aufgeladen, allerdings entwickeln die Hersteller derzeit verstärkt kabellose Ladesysteme. Letztere übertragen mithilfe von elektrischen und magnetischen Feldern Leistungen im Bereich von mehreren Kilowatt an den Akkumulator. Kabellose Ladestationen stellen somit eine neue Quelle für elektrische und magnetische Felder dar, die insbesondere im Hinblick auf die voraussichtlich flächendeckende Installation in Städten und an öffentlichen Orten an Bedeutung gewinnen werden.

In der vorliegenden Empfehlung richtet die Strahlenschutzkommission Hinweise an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), um u. a. verbindliche Strahlenschutzvorgaben und technische Normen bezüglich Feldimmissionen im Automobil zu entwickeln und zu etablieren.

Die Empfehlung wurde in der 300. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 27./28. Juni 2019 verabschiedet.⁹

⁷ Bekanntmachung im BAnz AT 29.01.2020 B4, urn:nbn:de:101:1-2020020311302777314573

⁸ Bekanntmachung im BAnz AT 10.12.2019 B4

⁹ Bekanntmachung im BAnz AT 04.03.2020 B5

7.4 Orientierungshilfe für bildgebende Verfahren

Im Jahr 2006 hat die Strahlenschutzkommission im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit erstmals eine „Orientierungshilfe für radiologische und nuklearmedizinische Untersuchungen“ in Deutschland erarbeitet. Hierbei wurde vereinbart, die Empfehlungen regelmäßig dem aktuellen Stand der medizinischen Wissenschaft und Technik anzupassen. In den Jahren nach dem Erscheinen einer 2. überarbeiteten Auflage (Heft 51 (2012) der Berichte der SSK) wurden von Ärzten, wissenschaftlichen Fachgesellschaften und Arbeitsgemeinschaften konstruktive Änderungs- und Verbesserungsvorschläge eingebracht. Diese wurden von einer Expertengruppe bewertet und größtenteils direkt oder mit Modifikationen übernommen.

In der jetzt vorliegenden 3. überarbeiteten Auflage (Heft 51 (2019) der Berichte der SSK) wurde eine Anpassung an die neue Strahlenschutzgesetzgebung vorgenommen. Die Tabelle „Typische effektive Dosen radiologischer und nuklearmedizinischer Untersuchungsverfahren für einen Standardpatienten“ wurde aktualisiert und erweitert. Ferner wurden die Mammatomosynthese, neue PET-CT-Indikationen, neue interventionelle Verfahren sowie Nebenwirkungen von MRT-Kontrastmitteln berücksichtigt. Die Liste klinischer Anwendungen wurde aktualisiert und erweitert. Maligne Erkrankungen wurden – mit Ausnahme der Mammakarzinome – erstmalig in einem eigenen Kapitel zur Onkologie zusammengefasst. Nach detaillierter Kommentierung durch die betreffenden medizinisch-wissenschaftlichen Fachgesellschaften wurde der Entwurf hierauf beruhend einer abschließenden Überarbeitung unterzogen.

Die Orientierungshilfe wird erstmals auch in englische Sprache übersetzt, um eine größere Verbreitung zu erreichen. Eine HTML-Webversion, die in klinische Informationssysteme eingebunden werden kann, und eine App für Smartphones/Tablets sind in Vorbereitung.

Die Empfehlung wurde in der 300. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 27./28. Juni 2019 verabschiedet.¹⁰

7.5 Anwendungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (EMF) zu nichtmedizinischen Zwecken am Menschen

Die Zahl der Anwendungen von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (EMF) am Menschen zu kosmetischen oder anderen nichtmedizinischen Zwecken nimmt stetig zu. Hier kommen sowohl Verbraucherprodukte wie auch primär für medizinische Anwendungen entwickelte Geräte zum Einsatz. Solche Produkte und Geräte werden beworben und verwendet z. B. zur Fettreduktion (Lipolyse), zur Hautstraffung und zur Haarentfernung, weiterhin auch zur „Optimierung“ bzw. dem Training von Gehirn-, Nerven- und Muskelfunktionen.

Die Empfehlung umfasst die Bewertung der derzeit am meisten verbreiteten Gerätearten bzw. Anwendungen von EMF (einschließlich statischer Felder) am Menschen. Wesentliches Bewertungskriterium sind die bei den Anwendungen erreichten biologischen Wirkschwellen, d. h. diejenigen Feldstärke- bzw. SAR-Werte im Gewebe, ab denen biologische Effekte nachweisbar sind. Weiterhin sind die Schwellen von Bedeutung, ab denen ein gesundheitliches Risiko nicht ausgeschlossen werden kann. Darüber hinaus werden in dieser Empfehlung die für den Einsatz der Geräte am Menschen notwendigen fachlichen Anforderungen an die Anwender spezifiziert.

Die Strahlenschutzkommission bewertet die möglichen Risiken der gezielten Anwendung von EMF zu nichtmedizinischen Zwecken am Menschen. Diese Bewertung wurde bereits bei der Erarbeitung der „Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen“ (NiSV) berücksichtigt, deren Regelungen Ende 2020 (bzw. teilweise erst frühestens Ende 2021¹¹) in Kraft treten.

Die Empfehlung wurde im Umlaufverfahren am 12. August 2019 verabschiedet.¹²

7.6 Abgeleitete Richtwerte für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Ereignissen mit Freisetzungen von Radionukliden

Zum Schutz der Menschen vor den Gefahren durch ionisierende Strahlung in einer Notfallexpositionssituation werden im Strahlenschutzgesetz Referenzszenarien gefordert, für die abgeleitete Richtwerte für Schutzmaßnahmen auf der Basis von Strahlungsmessungen zu entwickeln sind.

¹⁰ www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2019/2019-06-27Orientie.pdf?__blob=publicationFile

¹¹ vgl. <https://www.bmu.de/GE955>

¹² Bekanntmachung im BAnz AT 04.03.2020 B6, urn:nbn:de:101:1-2020030521482017956624

Um in der Frühphase eines Ereignisses, bei dem radioaktive Stoffe freigesetzt werden, Entscheidungen über konkrete Schutzmaßnahmen treffen zu können, wurden Richtwerte der Dosis festgelegt, die Personen während eines bestimmten Zeitraums erhalten könnten und die mit dem Referenzwert der verbleibenden Dosis von 100 mSv konsistent sind.

Da eine Dosis aber nicht direkt messbar ist und nach Möglichkeit bereits abgeschätzt werden soll, bevor eine Person überhaupt exponiert wird, müssen die Dosisrichtwerte in Beziehung zu messbaren Größen wie der Ortsdosisleistung, der Oberflächenkontamination oder der aus dem Ereignis resultierenden Aktivitätskonzentrationen vornehmlich in Luft, Wasser, Lebensmitteln sowie auf Gegenständen gebracht werden.

Dazu werden „Abgeleitete Richtwerte“ (Englisch: Operational Intervention Levels (OILs)) benötigt, die in der vorliegenden Empfehlung für Schutzmaßnahmen nach Eintritt eines radiologischen Notfalls abgeleitet wurden.

Die Empfehlung wurde in der 303. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 24./25. Oktober 2019 verabschiedet.¹³

8. Gemeinsames Europäisches Forschungsprogramm zum Strahlenschutz

Auch auf europäischer Ebene engagiert sich Deutschland im Bereich der Forschung zum Strahlenschutz. Das Forschungsprogramm CONCERT wurde im Jahr 2020 abgeschlossen. Ausführliche Informationen hierzu wird der Parlamentsbericht 2020 beinhalten. Der Status im Berichtsjahr ist in Kapitel VII dargestellt.

Das Projekt ANNETTE (Advanced Networking for Nuclear Education and Training and Transfer of Expertise) wurde im Berichtsjahr begonnen. In der Zusammenfassung des Projekts wurde angemerkt, dass „die gegenwärtige Situation der Kernenergie in Europa weitere Anstrengungen im Bereich der allgemeinen und beruflichen Bildung erfordert, um in den nächsten Jahrzehnten qualifizierte Arbeitskräfte zu gewährleisten“.

Um dem Abbau von Kompetenz entgegen zu wirken und auch in Zukunft qualifizierte Arbeitskräfte zur Verfügung zu haben, sind kontinuierliche Anstrengungen im Bereich der Aus- und Weiterbildung (E&T) erforderlich.

Im Projekt ANNETTE sollten deshalb bereits angestoßene Initiativen und das E&T Networking verschiedener Organisationen (Hochschulen, Forschungsinstitutionen und Industrie) verstärkt werden, um so die Aus- und Weiterbildung im nuklearen Bereich, einschließlich Strahlenschutz, weiter zu entwickeln und aufbauend auf dem bereits Erreichten, die künftigen Herausforderungen an die Qualifikation der in diesem Bereich Beschäftigten besser zu meistern.

Das Vorhaben ANNETTE (Advanced Networking for Nuclear Education and Training and Transfer of Expertise) verfolgte folgende Hauptziele:

- Übersicht über bestehende Netzwerke in E&T sowie Design und Implementierung von koordinierten E&T und VET (CPD) Aktivitäten im nuklearen Bereich einschließlich Strahlenschutz
- Generationsübergreifender Transfer von Fachkompetenz über Ländergrenzen hinweg auf der Basis der SET Plan Roadmap E&T (u. a. ECVET-basierter Austausch von Fachleuten)
- Verstärkung von ETI-Maßnahmen zur Verbesserung der Kompetenzen in Bezug auf eine gemeinsamen Sicherheitskultur in Europa
- Zusammenarbeit mit den Plattformen SNETP; IGD-TP und MELODI sowie anderen relevanten Institutionen (EHRO-N, NUGENIA, EUTERP, IAEA, HERCA, etc.) bei E&T-Maßnahmen
- Zusammenarbeit mit E&T-Maßnahmen im Bereich der Fusion
- die bereits in der Vergangenheit erzielten Erfolge zu festigen und besser zu nutzen
- Bewältigung der gegenwärtigen Herausforderungen bei der Vorbereitung der europäischen Arbeitskräfte in den verschiedenen Nuklearbereichen mit besonderem Augenmerk auf kontinuierliche berufliche Weiterentwicklung, lebenslanges Lernen und grenzüberschreitende Mobilität.

Während seiner Entwicklung und Umsetzung begann das Projekt mit der Verbesserung der Kursverläufe und verlegte den traditionellen Präsenzunterricht in gemischte und sogar vollständig online verfügbare Kurse oder Module. Neue Lehrbücher und Multimedia-Ausgaben wurden bereitgestellt sowie organisiert und die grenzüberschreitende Mobilität von Nuklearfachleuten sichergestellt.

Außerdem wurde ein neues Konzept eines modularen Masterstudiengangs eingeführt, das die hohe Spezialisierung von Professoren verschiedener Universitäten berücksichtigte und durch die Kombination dieser

¹³ Bekanntmachung im BAnz AT 22.04.2020 B3, urn:nbn:de:101:1-2020040313335986790823

Ressourcen den Teilnehmern eine höhere Leistung in Bezug auf erworbenes Wissen zur Verfügung stellte. Ein weiterer innovativer Ansatz war die Durchführung eines grenzüberschreitenden, unternehmensübergreifenden Personalaustauschs mit dem Ziel der Verbesserung und des Erfahrungsaustausches. Die Maßnahme zielte darauf ab, die Erhöhung des Bildungs- und Ausbildungsniveaus der Mitarbeiter des Unternehmens mit den Grundsätzen des ECVET-Lernens zu verbinden.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis des Projekts ist die Gestaltung von drei fusion-spezifischen Kursen, die in verschiedenen Formaten angeboten werden sollen: in Anwesenheit, mit Hilfe einer Summer School und per E-Learning.

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 Einzelnuclid 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 Lebensmitteln und Inhalation luftgetragener natürlicher Radionuklide resultiert eine innere Strahlenexposition. Die Inhalation des Edelgases Radon-222 aus der Uran-238-Zerfallsreihe und seiner an Aerosole gebundenen Folgeprodukte liefert den Hauptbeitrag zur natürlichen Strahlenexposition (Abbildung II. 2-1). 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.

2. Beiträge zur Strahlenexposition

2.1 Kosmische und terrestrische Strahlung

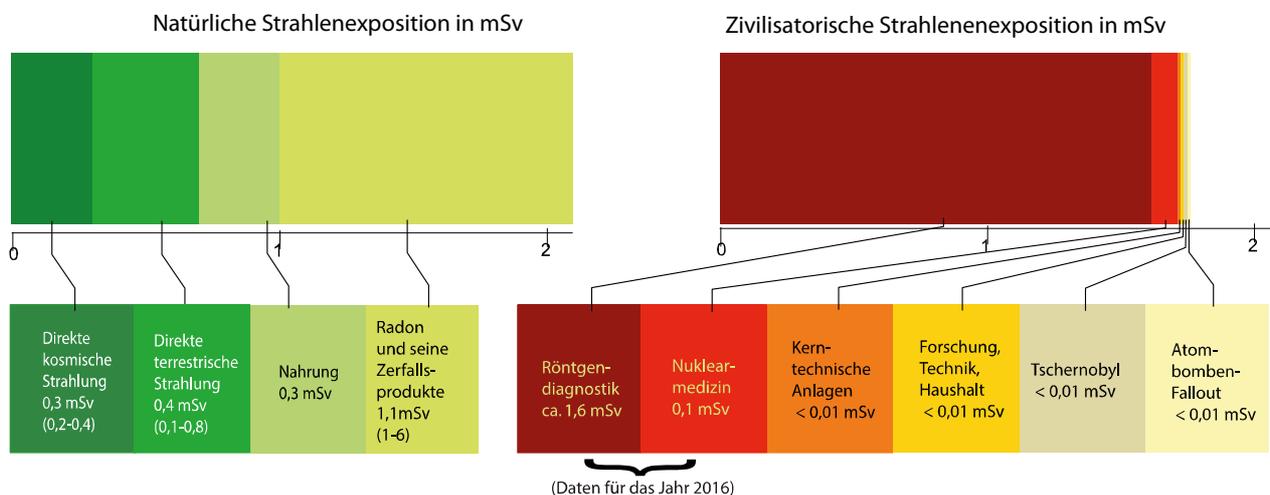
Die Strahlung, die die Erdatmosphäre aus dem Kosmos trifft (hauptsächlich Protonen), löst sekundäre kosmische Teilchen- und Gammastrahlung aus. Sie verursacht in Höhe des Meeresspiegels eine jährliche effektive Dosis von etwa 0,24 mSv und nimmt mit der Höhe über dem Meeresspiegel zu (Verdopplung bei 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 Bergbauggebiete in Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt sowie Gebiete im Bayerischen Wald, Schwarzwald, Odenwald, Harz und im Rheinischen Schiefergebirge.

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

Abbildung II.2-1

**Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in mSv im Jahr 2019,
gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands (Wertebereich in Klammern)**



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 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

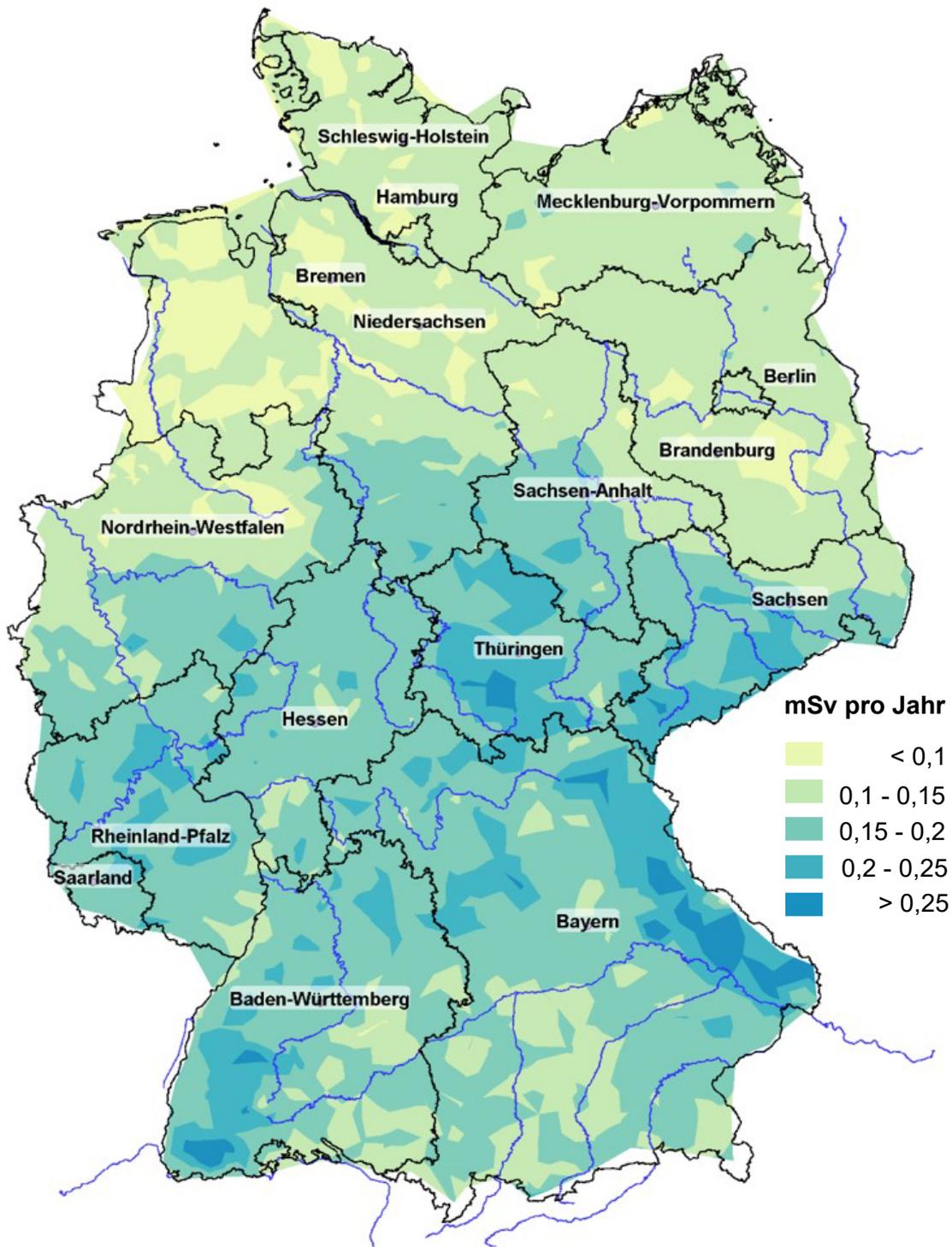
Wegen des hohen Dosisbeitrags ist das durch radioaktiven Zerfall aus Ra-226 entstehende Rn-222 aus der Sicht des Strahlenschutzes von besonderem Interesse. In den wichtigen mineralischen Baustoffen Beton, Ziegel, Porenbeton und Kalksandstein sowie in den Naturwerksteinen wurden allerdings Ra-226-Konzentrationen gemessen, die in der Regel nicht die Ursache für im Sinne des Strahlenschutzes relevante Radonkonzentrationen in Wohnungen 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 massenspezifischen 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 Exposition 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 Ergebnisse der dort beste-

Abbildung II.2-2

**Externe Strahlenexposition im Freien im Jahr 2019 in Deutschland
beim Aufenthalt von täglich 5 Stunden
(abgeleitet aus der Gamma-Ortsdosisleistung in Bodennähe)**



0 50 100 150km

Daten aus dem Messnetz des Bundes (IMIS)
Bundesamt für Strahlenschutz

henden Überwachungsprogramme bezogen auf Ableitungen und dadurch verursachte Strahlenexpositionen informiert der Abschnitt III.4.

2.3 Lebensmittel und Trinkwasser

Die innere Strahlenexposition durch Ingestion von Lebensmitteln 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 Lebensmitteln. Für die mittleren Verhältnisse in Deutschland wird in Anlehnung an den UNSCEAR-Report 2008¹⁴ 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 Prozent 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 Abschlussbericht¹⁵.

Verbraucherinnen und Verbraucher profitieren von einer verbesserten Qualitätssicherung hinsichtlich radioaktiver Stoffe im Trinkwasser. Mit der geänderten Trinkwasserverordnung vom 18. November 2015, die auf die Umsetzung der Richtlinie 51/2013/Euratom in nationales Recht zurückgeht, sind Inhaber von Wasserversorgungsanlagen in Abhängigkeit von Ihrer Versorgungsgröße verpflichtet, bis spätestens zum November 2019 Erstuntersuchungen des Trinkwassers auf Radionuklide natürlichen Ursprungs durchzuführen. Um ein einheitliches Verständnis und eine Erleichterung des Vollzugs dieser Regelungen zu gewährleisten, wurde der bereits 2012 erstmalig erschienene „Trinkwasser-Leitfaden“ federführend durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) überarbeitet¹⁶. Mit Bezug auf den vorgegebenen zeitlichen Rahmen für die Erstuntersuchung bei Bestandsanlagen von vier Jahren nach Inkrafttreten der Verordnung am 26. November 2015 sollten zum jetzigen Zeitpunkt diese Daten den Betreibern und den zuständigen Behörden der Länder vorliegen. Diesen umfangreichen Datensatz bundesweit zu erfassen und zu validieren ist Ziel eines Forschungsvorhabens, welches nach Abschluss aller Erstuntersuchungen im Jahr 2020 durchgeführt werden soll. Die Daten sollen eine aktuelle Einschätzung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser ermöglichen.

2.4 Radon in Gebäuden

Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben wurden 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 Aufenthaltszeit 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. Untersuchungen aus dem Jahr 2009 zeigten eine signifikante Erhöhung des Lungenkrebsrisikos um etwa 16 Prozent 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. Das Lüftungsverhalten der Bewohner spielt ebenfalls eine Rolle.

¹⁴ 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

¹⁵ 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, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-20100319945

¹⁶ Leitfaden zur Untersuchung und Bewertung von radioaktiven Stoffen im Trinkwasser bei der Umsetzung der Trinkwasserverordnung: Empfehlung von BMUB, BMG, BfS, UBA und den zuständigen Landesbehörden sowie DVGW und BDEW, unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2017020114224

Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Innenraumluft sind grundsätzlich 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 gesetzlich vorgeschrieben (§ 123 StrlSchG). 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.

Auf Grund der Regelungen im neuen Strahlenschutzgesetz sind von den Bundesländern bis zum Ende des Jahres 2020 Radonvorsorgegebiete festzulegen. In diesen Gebieten gilt eine Messpflicht an Arbeitsplätzen in Erd- und Untergeschossen. Des Weiteren gelten höhere Anforderungen für den Radonschutz bei Neubauten. In diesem Zusammenhang wurden umfangreiche Messprogramme von Bund und Ländern initiiert. Die Ergebnisse sowie ausführlicheres Datenmaterial - auch in Form von Tabellen - sind 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 2008¹⁴ 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 Abschnitten, 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. Bei wechselnden Rohstoffen oder Zusätzen von Rückständen mit erhöhten Radionuklidgehalten sind 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/m^3 liegt. 20 Bq/m^3 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 gelten in Deutschland Regelungen, 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 EU-Bauprodukttrichtlinie (durch in-Kraft-treten der EU-Bauproduktenverordnung am 01. Juli 2013 abgelöst) 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/m^3 Radonkonzentration, d. h. sechs Fälle pro einer Million Betroffener für lebenslange Nichtraucher bzw. $15 \cdot 10^{-5}$ pro Bq/m^3 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 $67 \text{ Bq}/\text{m}^3$ bzw. $6,7 \text{ Bq}/\text{m}^3$ für kontinuierliche Raucher (1 Schachtel pro Tag) und $1 670 \text{ Bq}/\text{m}^3$ bzw. $167 \text{ Bq}/\text{m}^3$ für lebenslange Nichtraucher.

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, Dresden-Rossendorf, Geesthacht, Berlin, Garching sowie der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe, der Forschungsreaktoren, des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben und der Schachanlage Asse II für das Jahr 2019 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 2019 ermittelten Aktivitätsableitungswerten geht hervor, dass die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die jährlichen Emissionen in allen Fällen eingehalten und mit Ausnahme der Ableitungen von Tritium deutlich unterschritten 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 Exposition 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“¹⁷. Die jährlichen Emissionen der Schweizer Anlagen werden im Strahlenschutzbericht des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ENSI veröffentlicht (www.ensi.ch/de/dokumente/document-category/strahlenschutzberichte/).

Die für das Jahr 2019 ermittelten Daten über die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen dienen als Grundlage für die Berechnung der Exposition 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 Schachanlage Asse II wurde für die Fortluft 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

¹⁷ ec.europa.eu/energy/en/radiation-protection-publications

Abbildung III.1-1

**Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2019
Schwebstoffe und Jod-131**

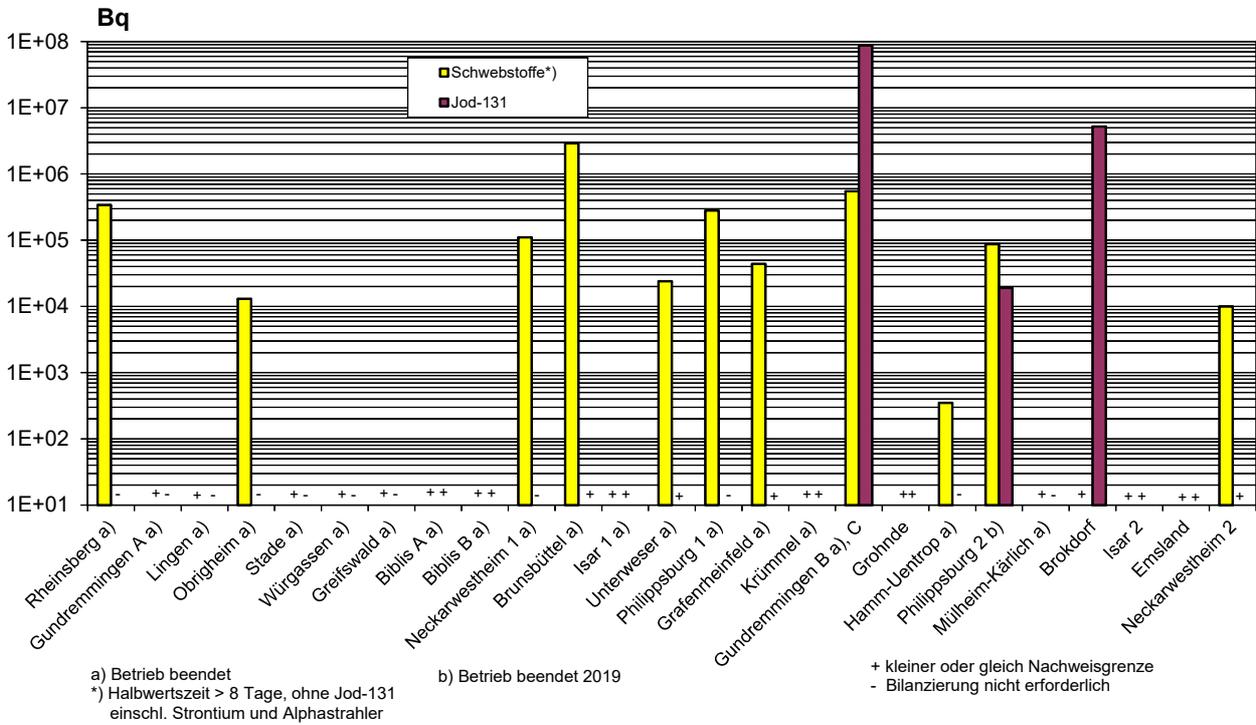


Abbildung III.1-2

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2019

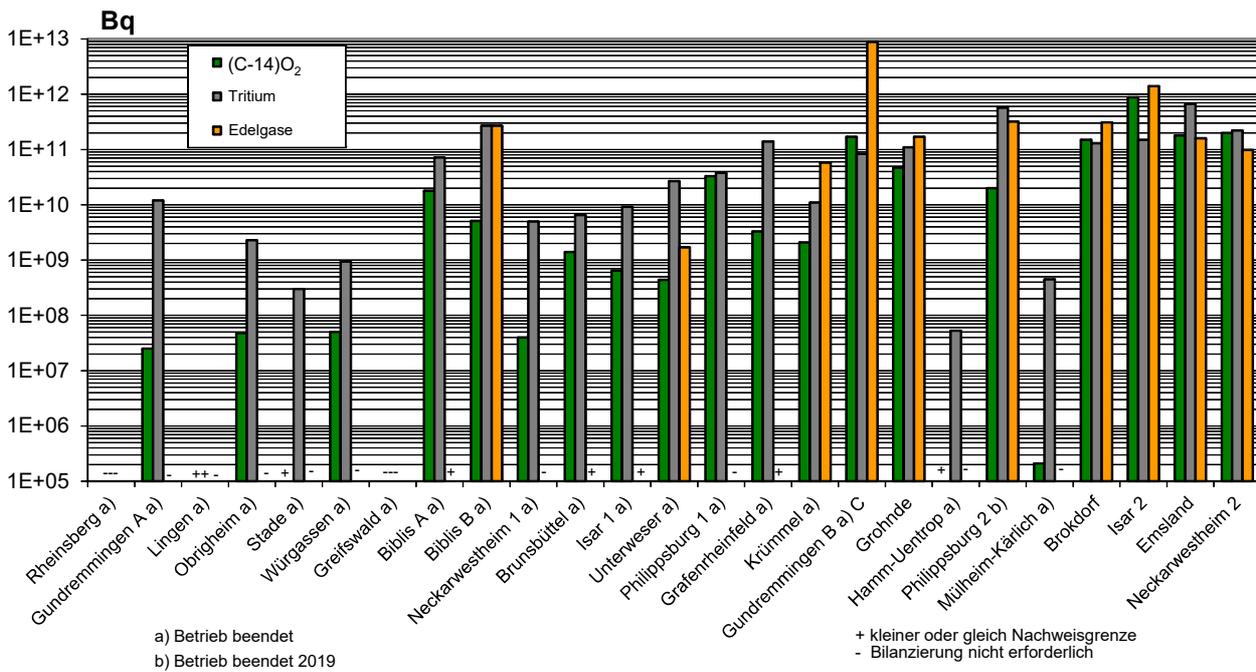
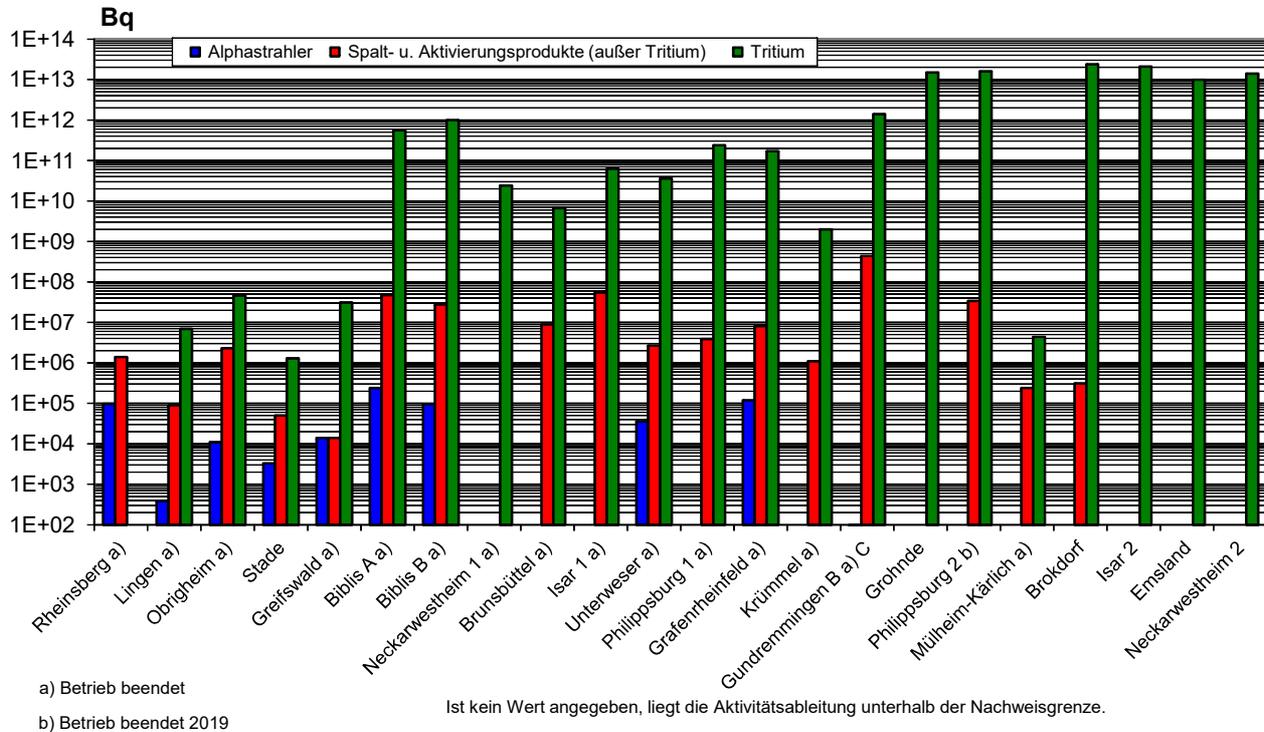


Abbildung III.1-3

**Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken im Jahr 2019
Alphastrahler, Summenwerte und Tritium**



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 2019 beträgt an den in Abbildung III. 1-2 aufgeführten Standorten etwa $2,8 \cdot 10^{12}$ Bq.

1.2 Berechnete obere Werte der Exposition

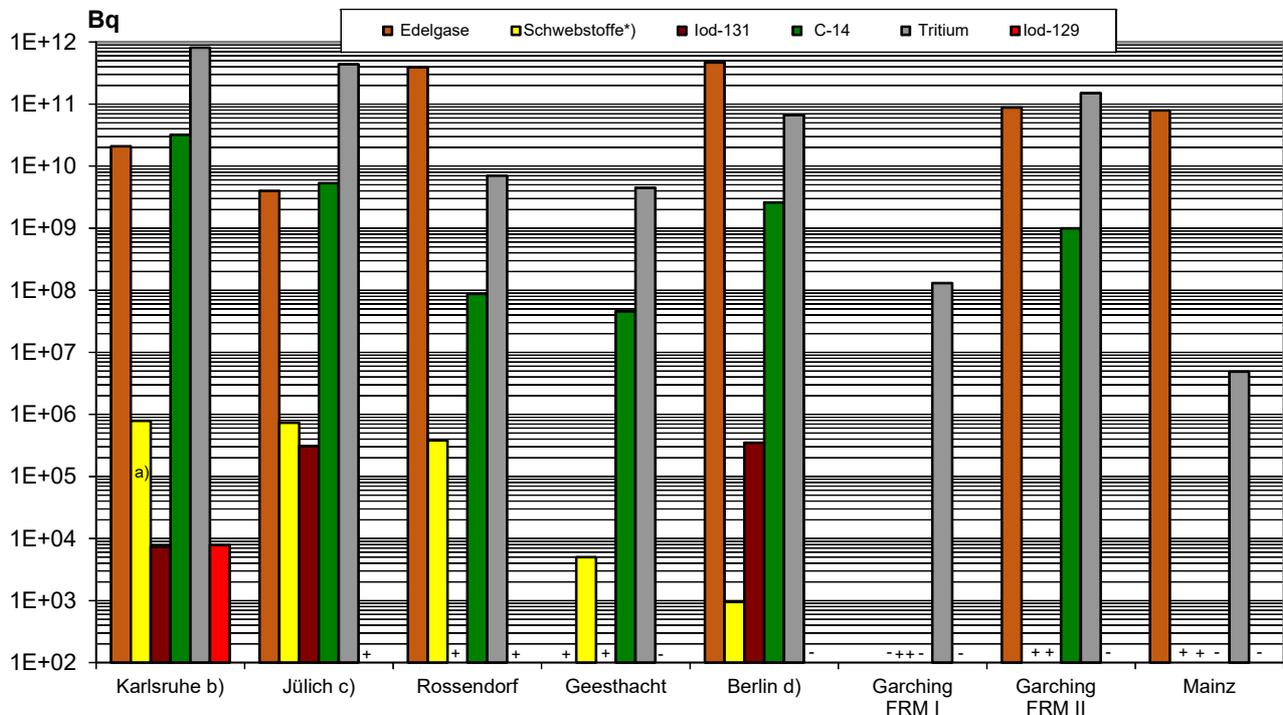
Die in den Abbildungen III. 1-6, 1-7, 1-8 und III. 2-3 angegebenen Expositionswerte für die kerntechnischen Anlagen sowie für das Endlager Morsleben und die Schachanlage Asse stellen obere Werte dar, da sie gemäß der AVV zu § 47 StrlSchV 2001¹⁸ für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen ermittelt wurden. Die Referenzperson ist eine fiktive Person, für die in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV2001, 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 Lebensmittel die höchste Strahlenexposition der Referenzperson zu erwarten ist. Es werden die effektive Dosis und einzelne Organdosen ermittelt. Nach der Strahlenschutzverordnung 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.

¹⁸ Die entsprechende AVV zur neuen Strahlenschutzverordnung (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten, AVV Tätigkeiten) wurde erst 2020 veröffentlicht (BAnz AT 16.06.2020 B3)

Abbildung III.1-4

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren im Jahr 2019 Schwebstoffe, Jod-131 und Jod-129, C-14, Tritium und Edelgase



- a) davon Alphastrahler: 1,4 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

Kernkraftwerke

Abbildung III. 1-6 enthält die Ergebnisse aus der Berechnung der Exposition der Bevölkerung im Jahr 2019 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft. Als größter berechneter Wert der effektiven Dosis für Erwachsene ergibt sich 3 µSv (1 Prozent des zulässigen Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) sowie für Kleinkinder 5 µSv (unter 2 Prozent des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) jeweils beim Standort Isar. Der größte berechnete Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 5 µSv (unter 1 Prozent des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) ebenfalls für Isar. Diese maximalen Werte sind gegenüber dem Vorjahr zum Teil etwas angestiegen.

Forschungszentren

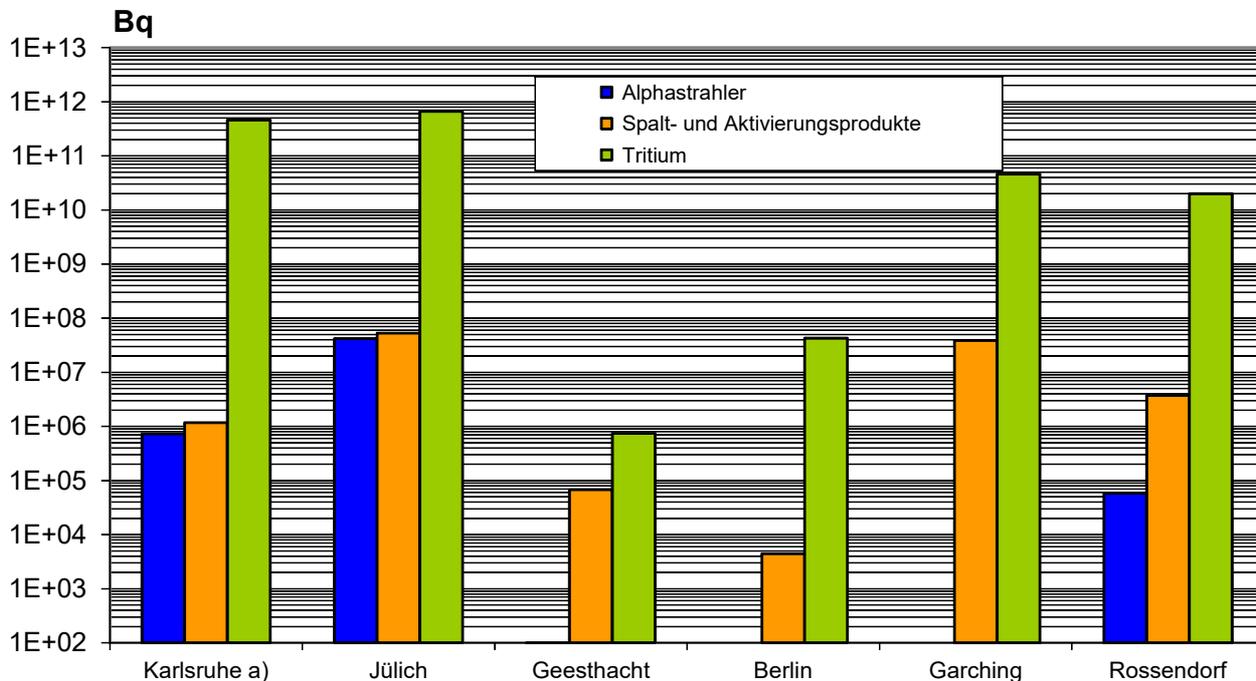
Die in Abbildung III. 1-7 dargestellten Werte für die entsprechenden Strahlenexpositionen durch die Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren stammen teilweise aus den Jahresberichten der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf und Geesthacht. Die Werte für das Forschungszentrum Garching sind vom BfS errechnet worden. Die Abbildung weist für die effektive Dosis im Jahr 2019 als höchsten Wert 2 µSv (unter 1 Prozent des Grenzwertes) für Erwachsene beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sowie 4 µSv (unter 1 Prozent des Grenzwertes) für Kleinkinder aus. Der höchste Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 7 µSv (unter 1 Prozent des Grenzwertes) ebenfalls am Standort Karlsruhe.

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 Kleinkin-

Abbildung III.1-5

**Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren im Jahr 2019
Alphastrahler, Summenwerte und Tritium**

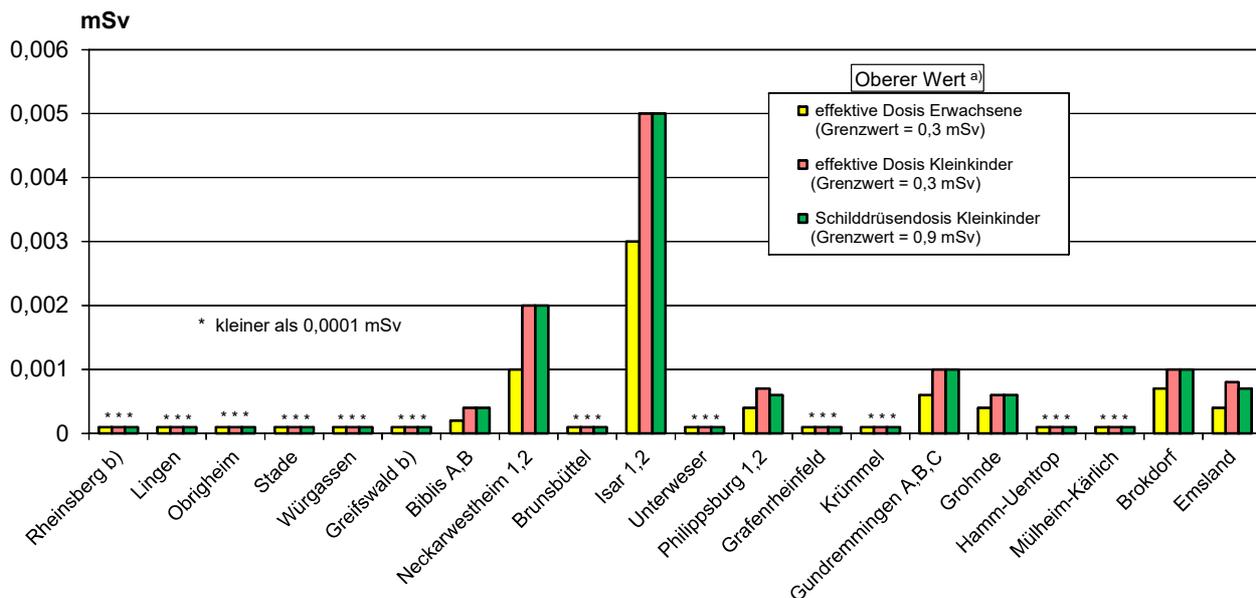


a) einschließlich Wiederaufbereitungsanlage

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

Abbildung III.1-6

**Strahlenexposition im Jahr 2019 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die
Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft**

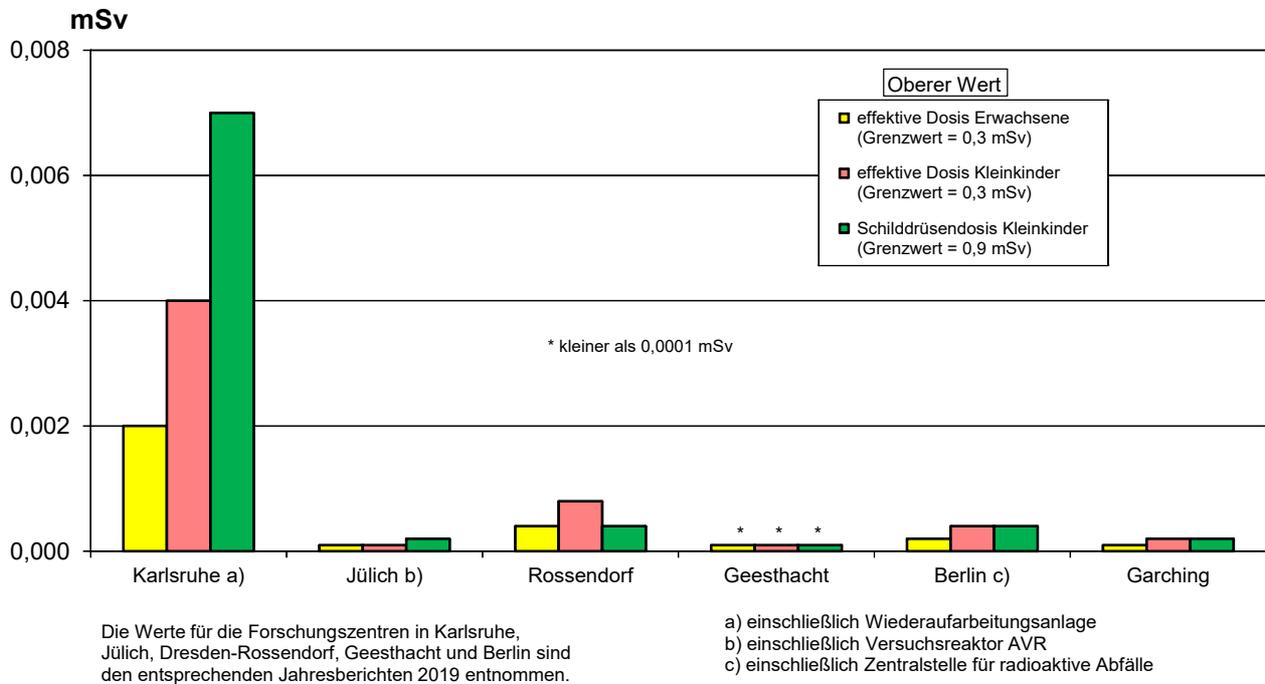


a) berechnet für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen

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

Abbildung III.1-7

Strahlenexposition im Jahr 2019 in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft



der sowie die oberen Werte der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft jeweils unter $0,1 \mu\text{Sv}$.

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 Verzehr- 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 $1,1 \mu\text{Sv}$ (entsprechend ca. 0,37 Prozent des Grenzwertes) am Standort des Kernkraftwerkes Emsland und für Erwachsene ebenfalls $1,1 \mu\text{Sv}$ am Kernkraftwerk Rheinsberg. Der höchste berechnete Wert einer Organdosis beträgt $19 \mu\text{Sv}$ und wurde für die Knochenoberfläche der Altersgruppe der 12- bis 17-Jährigen in der Umgebung des Kernkraftwerkes Rheinsberg berechnet. Bei Rheinsberg ist vor allem die niedrige Wasserführung der Havel im Jahr 2019 für die im Vorjahresvergleich höhere Exposition ursächlich.

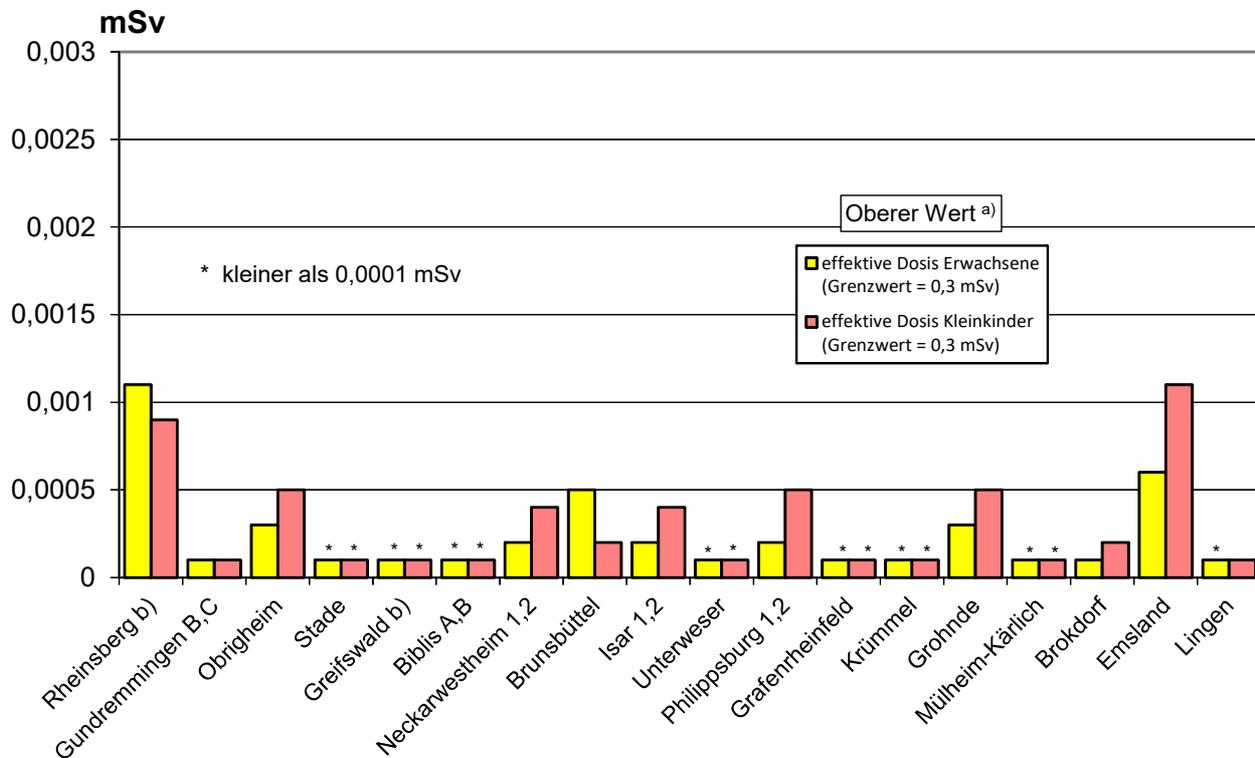
Entsprechend der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV 2001 wurde die Strahlenexposition am Unterlauf der Flüsse näher betrachtet, wobei jeweils sämtliche Emittenten berücksichtigt wurden. Für das Mündungsgebiet des Neckar wurde eine effektive Jahresdosis von $0,6 \mu\text{Sv}$ für Erwachsene und $1,0 \mu\text{Sv}$ für Kleinkinder ermittelt; für den Main wurden für beide Personengruppen Werte von weniger als $0,1 \mu\text{Sv}$ und für die Weser von $0,1 \mu\text{Sv}$ für Erwachsene und $0,3 \mu\text{Sv}$ für Kleinkinder berechnet; am Rhein liegen die berechneten effektiven Jahresdosen bei $0,1 \mu\text{Sv}$ und an der Donau bei $0,3 \mu\text{Sv}$ bzw. $0,4 \mu\text{Sv}$. Zu diesen Werten trägt vor allem die äußere Bestrahlung auf Überschwemmungsgebieten und auf Ufersediment bei, die im Wesentlichen durch Ablagerungen aus früheren Jahren bedingt ist.

Für die Strahlenbelastung über das Abwasser aus Forschungszentren ergeben sich im Jahr 2019 in Jülich obere Werte von $6,8 \mu\text{Sv}$ für Kleinkinder. In Karlsruhe und Geesthacht betragen die Werte $< 0,1 \mu\text{Sv}$. 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

Abbildung III.1-8

Strahlenexposition im Jahr 2019 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

oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder unter 0,1 µSv, der obere Wert der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder liegt in Lingen und in Gronau unter 0,1 µSv.

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 2019 jeweils unter 0,1µSv.

2. Sonstige kerntechnische Anlagen

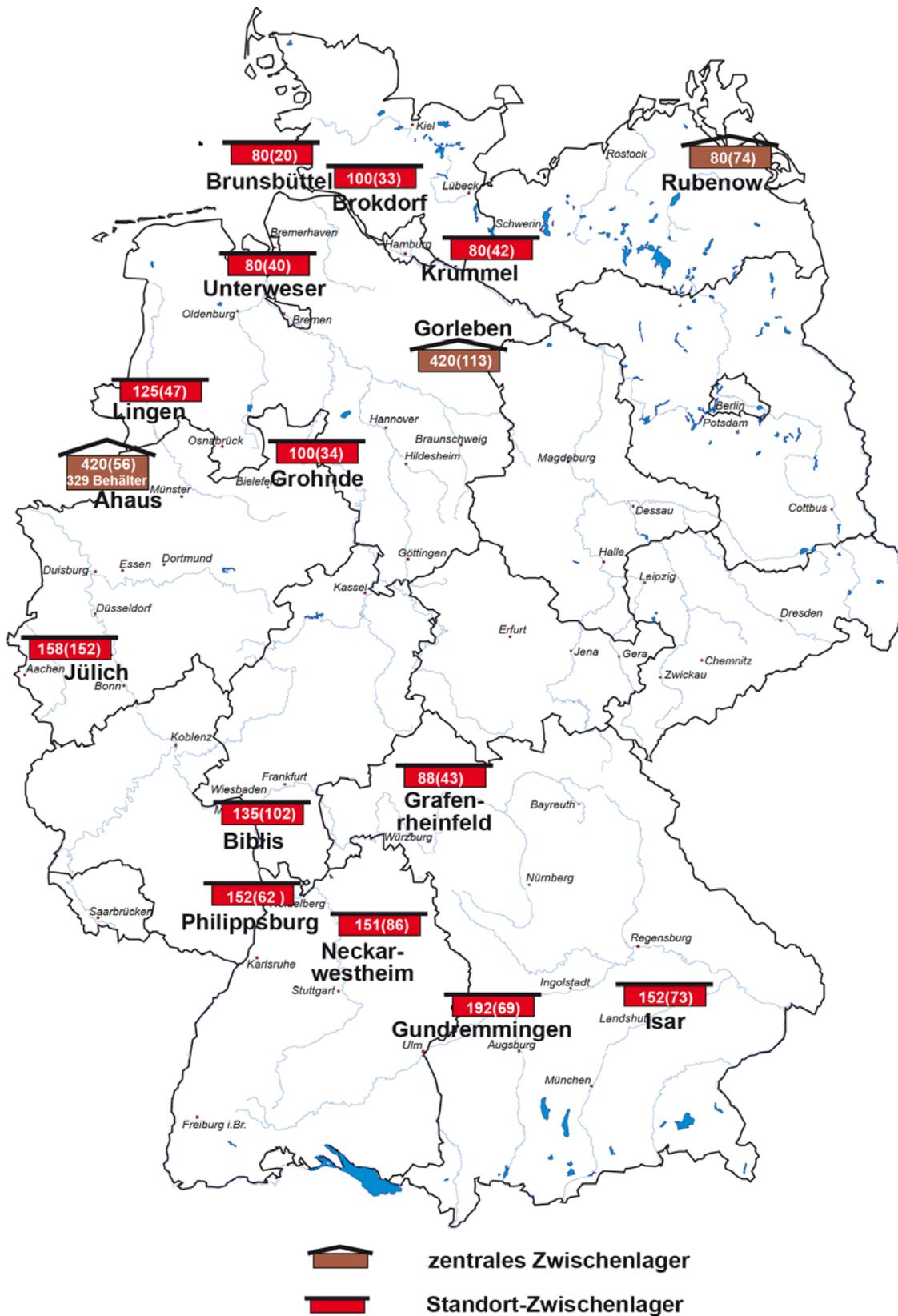
2.1 Zentrale und dezentrale Zwischenlager

Bei den in Betrieb befindlichen zentralen Zwischenlagern für bestrahlte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken wie dem Transportbehälterlager (TBL) Ahaus, dem TBL Gorleben 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 Kernkraftwerkstandorten treten im Normalbetrieb ebenfalls keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. Daher ist die hieraus resultierende Exposition 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 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 2019.

Abbildung III.2-1

Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Deutschland im Jahr 2019 mit Anzahl der Stellplätze (Belegung in Klammern, Stand 31. Dezember 2019)



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 Exposition der Bevölkerung berücksichtigt.

Tabelle IV.2-1

Ortsdosis durch Direktstrahlung an den zentralen Zwischenlagern im Jahr 2019

Zwischenlager ¹	Gamma-Ortsdosis mSv/a	Neutronen-Ortsdosis mSv/a
Transportbehälterlager Ahaus	0,43 (MP3,7)	<0,05 (alle MP, I.HJ) <0,05 (alle MP, II.HJ)
Zentrales Zwischenlager Nord (Rubenow)	0,42 (MP15, I.HJ) k.A., II.HJ)	0,05 (MP19, I.HJ) k.A. (II,HJ)
Transportbehälterlager Gorleben	k.A. (MP8)	k.A. (MP14) ²

¹ höchster gemessener Wert des Betreibers am Anlagenzaun einschließlich des natürlichen Untergrunds

² 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)

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

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 2019 0,7 µSv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 1 µSv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 2 µSv; dies sind 0,2 Prozent, 0,4 Prozent bzw. 0,6 Prozent des Grenzwertes nach der StrlSchV von 0,3 mSv. Die Dosis des für alle Altersgruppen kritischen Organs Knochenoberfläche errechnete sich zu 9 µSv für Erwachsene, 9 µSv für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) und 17 µSv für mit Muttermilch ernährte Säuglinge (ca. 0,5 Prozent, 0,5 Prozent bzw. 0,9 Prozent des Grenzwertes von 1,8 mSv). Die höchste Grenzwertausschöpfung (6 µSv, entsprechend 2 Prozent des Grenzwertes) erhält die Altersgruppe ≤1 Jahr für das rote Knochenmark. Die Dosiswerte sind allerdings sehr konservativ, da kein Abzug der Radioaktivität natürlichen Ursprungs in der Fortluft erfolgt. Die berechneten Dosiswerte sind gegenüber dem Vorjahr leicht angestiegen, weil bei der Berechnung der Strahlenexposition durch Radon ein Gleichgewichtsfaktor (GGF) von 1,0 statt wie in den Vorjahren von 0,01 angewendet wird. Der GGF ist ein Maß für das Verhältnis zwischen Radon-222 und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten. Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem **Abwasser** resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis liegen auch im Berichtsjahr 2019 unterhalb von 0,1 µSv für Erwachsene und Kleinkinder.

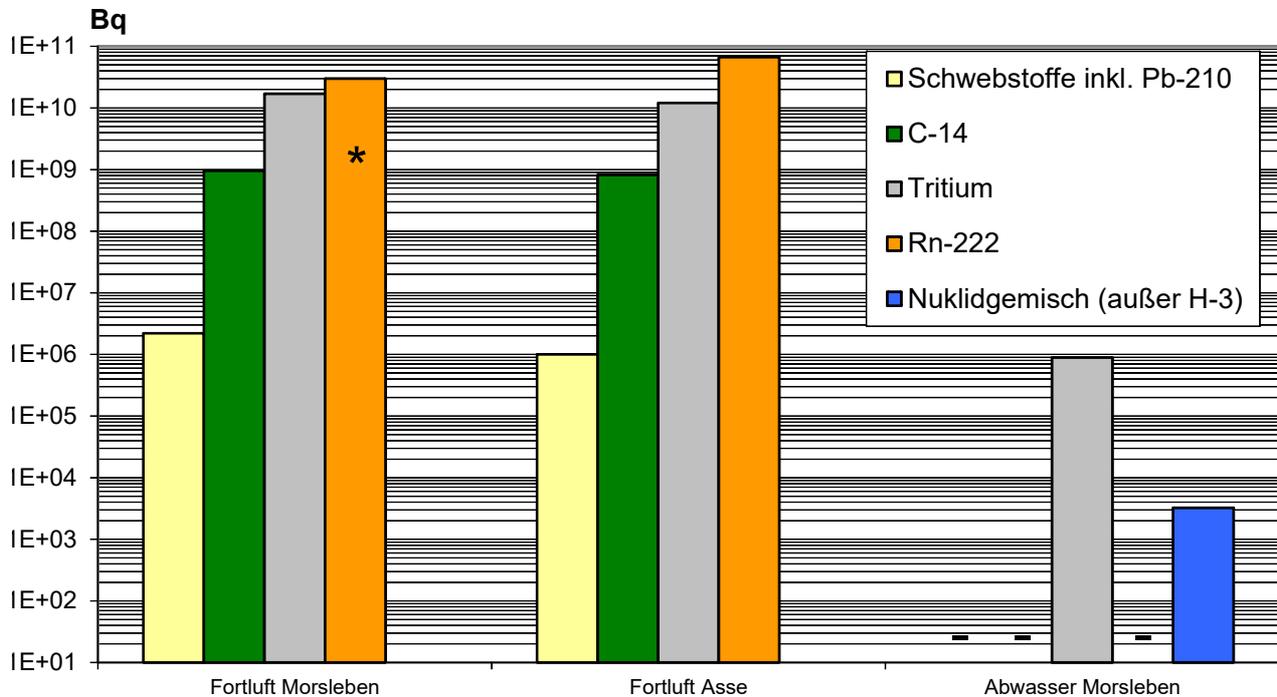
Schachtanlage Asse II

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 2019 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

Abbildung III.2-2

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben und der Schachanlage Asse im Jahr 2019

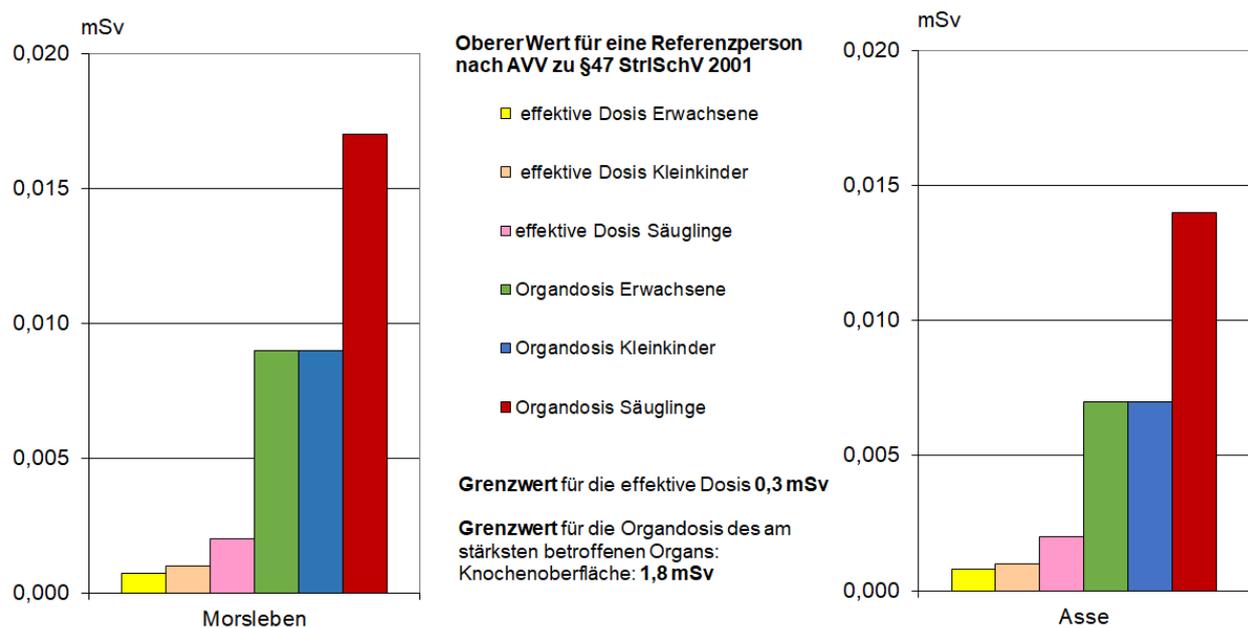


* aus den Zerfallsprodukten errechnete, gleichgewichtsäquivalente Radon-222-Aktivitätskonzentration

- Bilanzierung nicht erforderlich

Abbildung III.2-3

Maximale Strahlenexposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben und der Schachanlage Asse durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2019



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 2019 für Erwachsene 0,8 μSv , für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 1 μSv und für Säuglinge 2 μSv . (ca. 0,3 Prozent, ca. 0,3 Prozent bzw. 0,7 Prozent des Grenzwertes nach der StrlSchV von 0,3 mSv). Die Dosis einschließlich der Inhalationsdosis durch Radon-Folgeprodukte für das kritische Organ Knochenoberfläche wurde mit 14 μSv für Säuglinge, 7 μSv für Kleinkinder und 7 μSv für Erwachsene (ca. 0,8 Prozent, 0,4 Prozent bzw. 0,4 Prozent des Grenzwertes von 1,8 mSv) ermittelt (Abbildung III. 2-3). Die berechneten Dosiswerte sind gegenüber dem Vorjahr höher ausgefallen, weil bei der Berechnung der Strahlenexposition durch Radon ein Gleichgewichtsfaktor (GGF) von 0,5 statt wie in den Vorjahren von 0,01 angewendet wird. Der GGF ist ein Maß für das Verhältnis zwischen Radon-222 und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten.

3. Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen

Die für 2019 aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV 2001 berechneten Werte der Strahlenexposition haben die in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) 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 3 Prozent 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 2019 deutlich unter 20 μSv 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).

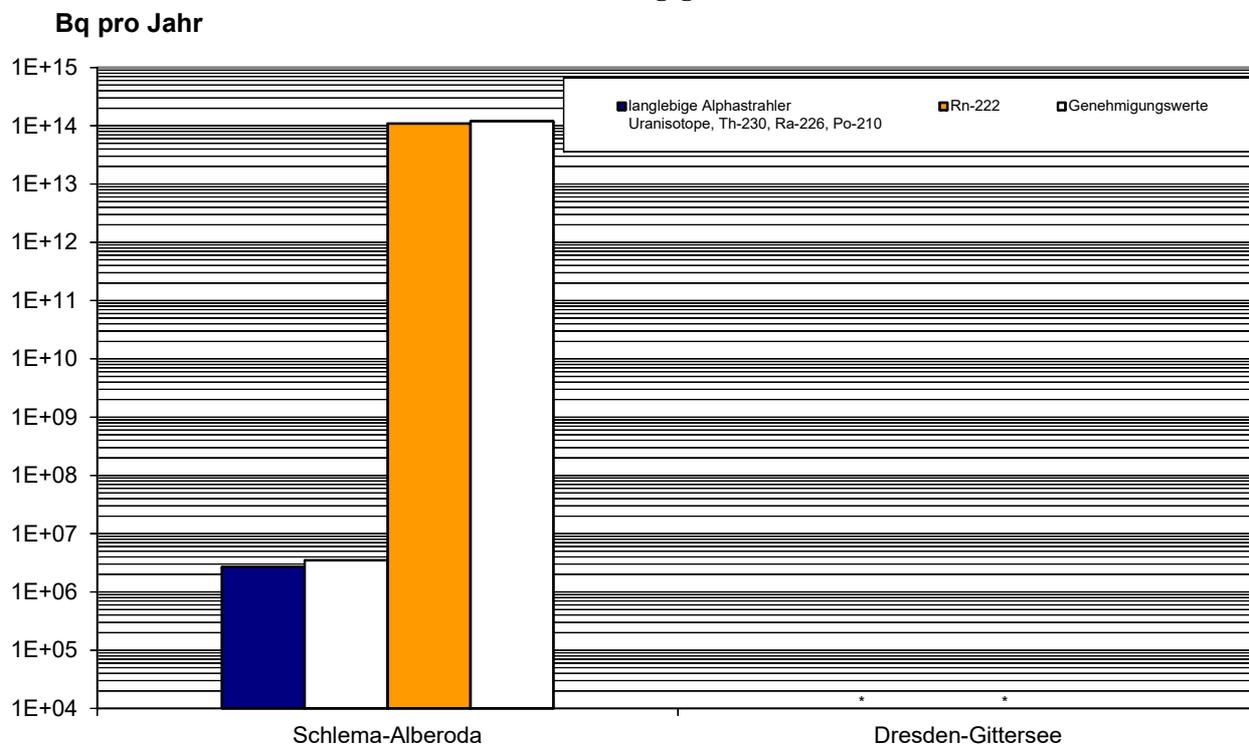
Tabellarische Übersichten über die gemessenen Werte finden sich in den Jahresberichten des BMU zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

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 auf dem Niveau der Vorjahreswerte. In Dresden-Gittersee konnte die aktive Bewetterung eingestellt werden, so dass lediglich noch geringfügige Rn-222-Freisetzungen mit jahreszeitlich bedingten Schwankungen mit der natürlichen Bewetterung erfolgen. Deren Überwachung geschieht im Rahmen der Immissionsmessungen in der Umgebung. Die Messung langlebiger Alphastrahler in Schlema/Alberoda ergab ebenfalls mit 2018 vergleichbare Emissionen; in Dresden-Gittersee erfolgten 2019 keine Ableitungen mehr und waren wegen zu geringer Konzentrationen bereits 2018 nicht mehr bilanzierbar. Die gesamten Ableitungen von Rn-222 und langlebigen Alpha-Strahlern werden inzwischen nur noch vom Standort Schlema/Alberoda verursacht. Die daraus resultierende jährliche Strahlenexposition kann hier im Berichtsjahr bis zu 0,5 mSv betragen, was den geltenden Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung sicher unterschreitet.

Abbildung III.4-1

Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern bzw. der Fortluft in die Atmosphäre aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2019



* Emission aus aktiver Bewetterung eingestellt

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 2019 gegenüber dem Vorjahr nochmals 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 etwa denen des Jahres 2018. Die Freisetzung in den Vorfluter Weiße Elster in Thüringen erhöhten sich bei deutlich steigender Abwassermenge, die durch das Aufrechterhalten des vorgegebenen Flutungs-niveaus in der Grube bedingt war, moderat für Uran und Ra-226. Dagegen blieben die Radioaktivitätsfreisetzungen in die Elbe und die Zwickauer Mulde in Sachsen summarisch etwa auf gleichem Niveau, 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 0,33 mSv/a betragen, so dass der geltende Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung in jedem Fall unterschritten wird.

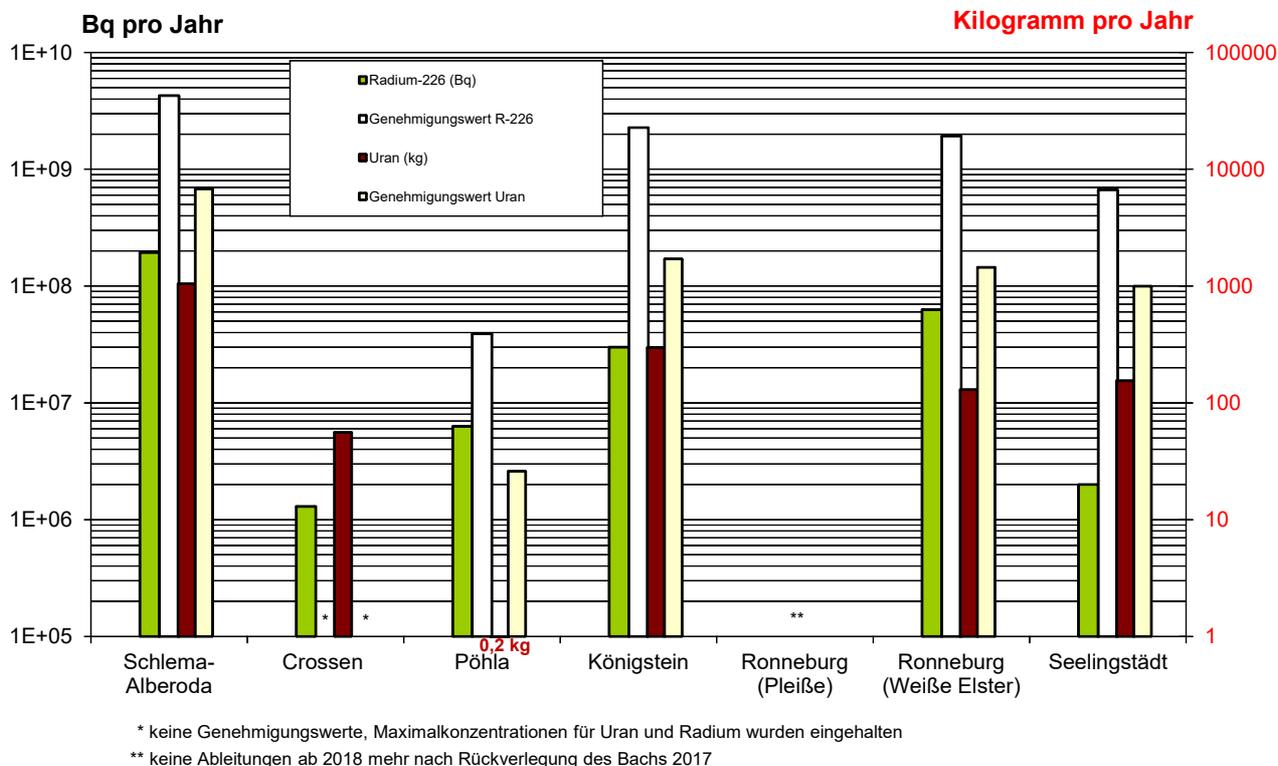
5. Rückstände aus Industrie und Bergbau mit erhöhter natürlicher Radioaktivität

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.

Abbildung III.4-2

Flüssige Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2019



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 die nicht aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung entlassen werden können, 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 Industrierzeugnisse und technische Strahlenquellen

Radioaktive Stoffe unterschiedlicher Art und Aktivität können in Industrierzeugnissen, wie z. B. wissenschaftlichen Instrumenten, elektronischen Bauteilen, Leuchtstoffröhren, Ionisationsrauchmeldern, Gasglühstrümpfen, Schweißelektroden und keramischen Gegenständen, enthalten sein. Der Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen bedarf der Genehmigung oder ist genehmigungsfrei, z. B. bei 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.

Das StrlSchG in Verbindung mit der StrlSchV regelt den Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen sowie 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, lag bisher unter 0,01 mSv pro Jahr. Es spricht nichts dafür, dass sich dieser Wert geändert hat.

6.2 Hochradioaktive Strahlenquellen

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 2019 wurden insgesamt 727 Genehmigungsinhaber mit ihren Stammdaten in das Register für hochradioaktive Strahlenquellen aufgenommen. 80 Bundes- und Landesbehörden wurde ein Zugang zum HRQ-Register erteilt.

In der Datenbank der hochradioaktiven Strahlenquellen wurden bis Ende 2019 225 000 Meldungen zu 53 200 registrierten Strahlenquellen über deren Erhalt und Abgabe aufgenommen. Von diesen 53 200 registrierten Strahlenquellen waren nur knapp 30 Prozent „hochradioaktive Strahlenquellen“ im Sinn der Strahlenschutzverordnung, da sich ein Großteil dieser Strahlenquellen zum Berichtszeitpunkt nicht mehr im Geltungsbereich der deutschen Strahlenschutzverordnung befand (also z. B. ins Ausland verbracht worden ist) oder auf Grund des radioaktiven Zerfalls (insbesondere Nuklide mit einer geringen Halbwertszeit wie Ir-192 oder Se-75) wieder eine Aktivität unterhalb des HRQ-Grenzwertes aufwies.

6.3 Störstrahler

Störstrahler sind Geräte, oder Vorrichtungen, z. B. Elektronenmikroskope oder Hochspannungsgleichrichter, bei deren Betrieb ungewollt Röntgenstrahlung entsteht, die selbst nicht genutzt wird. Sie unterliegen einer Genehmigungspflicht, falls keine Bauartzulassung vorliegt. Zu den Störstrahlern gehören auch Kathodenstrahlröhren in Bildschirmgeräten wie z. B. in Fernsehgeräten älterer Bauart. Der Beitrag von Störstrahlern zur Strahlenexposition der Bevölkerung ist sehr gering. In der Vergangenheit wurde ein Wert von weniger als 0,01 mSv abgeschätzt.

6.4 Konsumgüter und sonstige Anwendungen

Das StrlSchG verbietet zum Schutz des Verbrauchers den Zusatz von radioaktiven Stoffen zu bzw. die Aktivierung von bestimmten Produkten wie z. B. Spielwaren, Schmuck, Lebensmittel und Tabakerzeugnisse. Es regelt den genehmigungsbedürftigen Zusatz von radioaktiven Stoffen und die genehmigungsbedürftige Aktivierung bei der Herstellung von bestimmten Industrieerzeugnissen bzw. Konsumgütern und die Rückführung von diesen Produkten nach Beendigung des Gebrauchs.

7. Fall-out durch Kernkraftwerksunfälle und durch Kernwaffenversuche

7.1 Tschernobyl

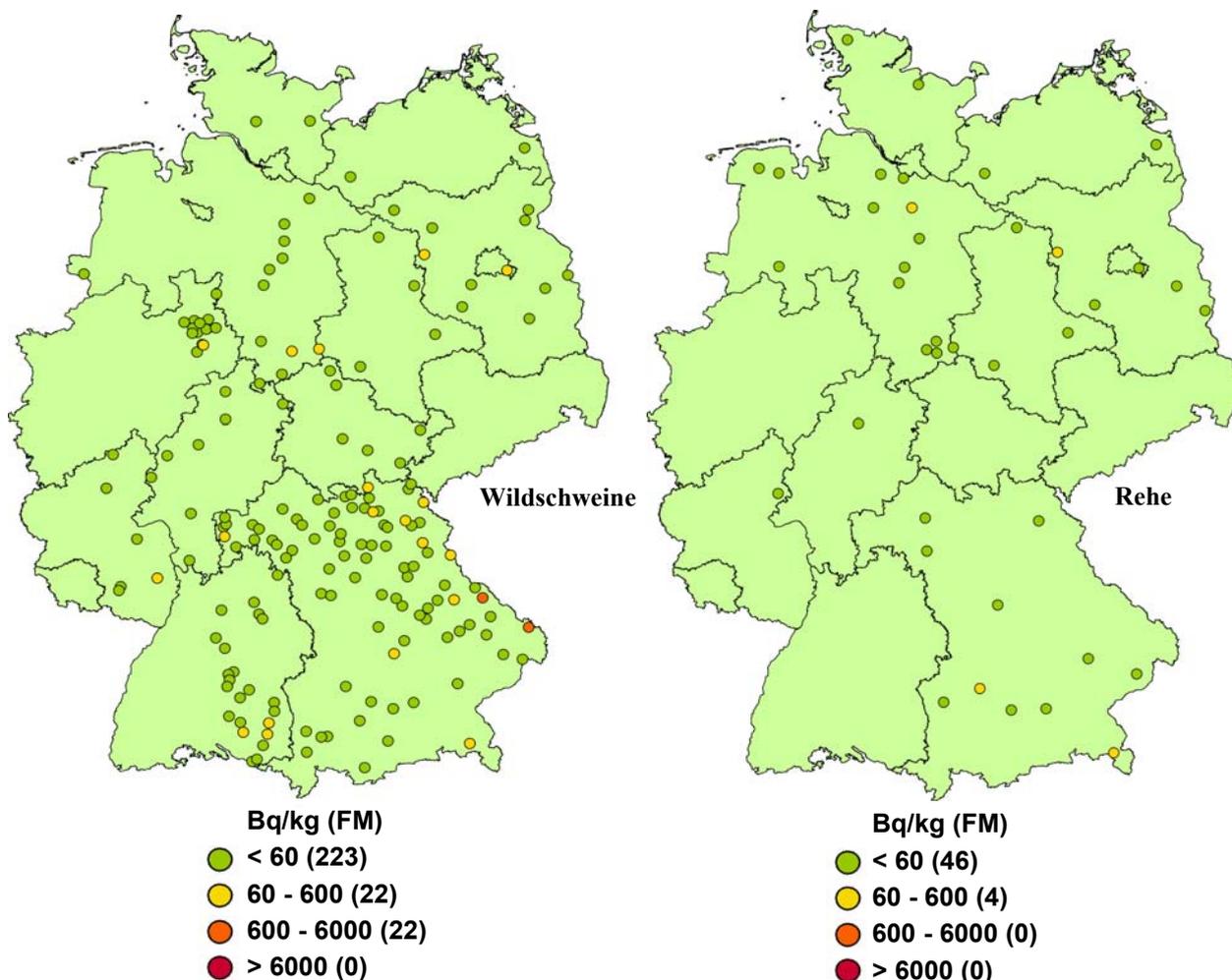
Die mittlere Exposition der Bevölkerung durch den Reaktorunfall von Tschernobyl wurde 2019 fast ausschließlich durch die Bodenstrahlung des im Jahr 1986 deponierten Cäsium-137 verursacht. Andere Radionuklide spielen keine Rolle mehr. Auf Grund seiner physikalischen Halbwertszeit von 30 Jahren liegen noch ca. 46 Prozent der 1986 deponierten Aktivität vor. Bei ausschließlicher Berücksichtigung des physikalischen Zerfalls nahm die äußere Strahlenexposition gegenüber dem Vorjahr um 2,3 Prozent 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 0,009 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 während 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 untersucht¹⁹. Dadurch wird eine bundesweite Überwachung der

Abbildung III.7-1

**Cäsium-137-Gehalt (Mittelwerte) von Rehen und Wildschweinen im Jahr 2019
(Datenbasis des Bundes, Anzahl der Werte in Klammern)**



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 1630 Bq/kg mit Cs-137 belastet, Wildpilze (Grünling) bis zu 324 Bq/kg und Flussbarsche bis zu 24 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“.

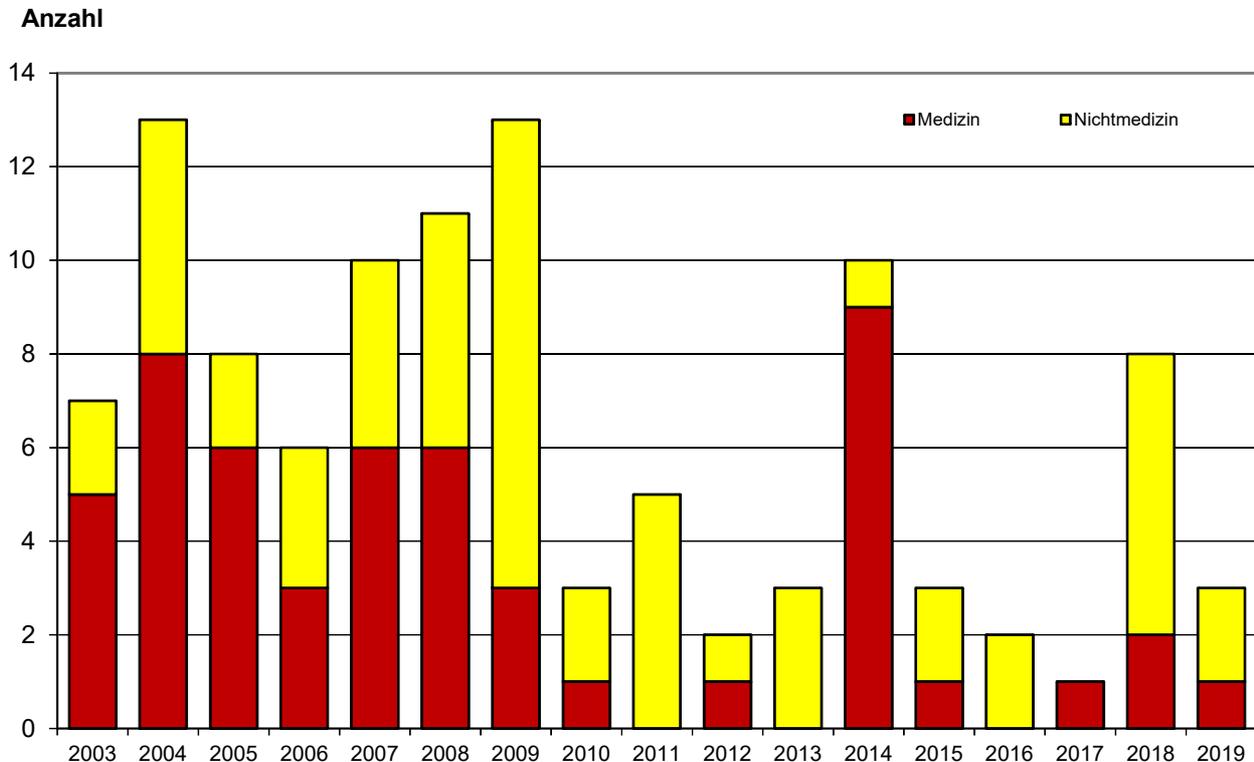
7.2 Fukushima

2019 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 zusammengefasst²⁰. Nähere Erläuterungen enthalten die Jahresberichte des BMU über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“, Grundlagenteil, G II 1.3.

¹⁹ 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

²⁰ 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

Abbildung IV.1-1

Anzahl der mit Dosimetern überwachten Personen mit Ganzkörperjahresdosen über 20 mSv**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, 2016 und 2017 unterirdische Kernwaffenversuche durchgeführt.

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.

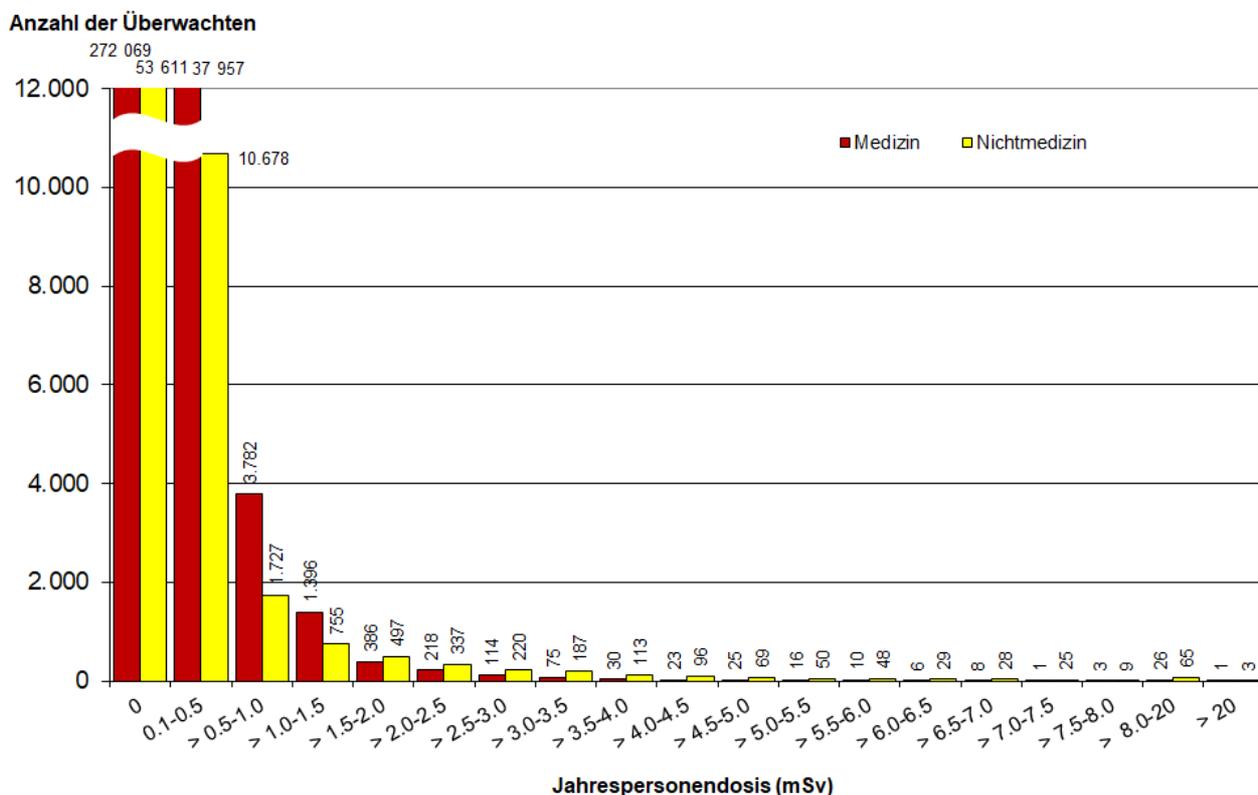
IV. Berufliche Strahlenexposition**1. Zivilisatorische Strahlenquellen****1.1 Personendosisüberwachung**

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.

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

Abbildung IV.1-2

Verteilung der Jahrespersonendosen der mit Dosimetern überwachten Personen im Jahr 2019



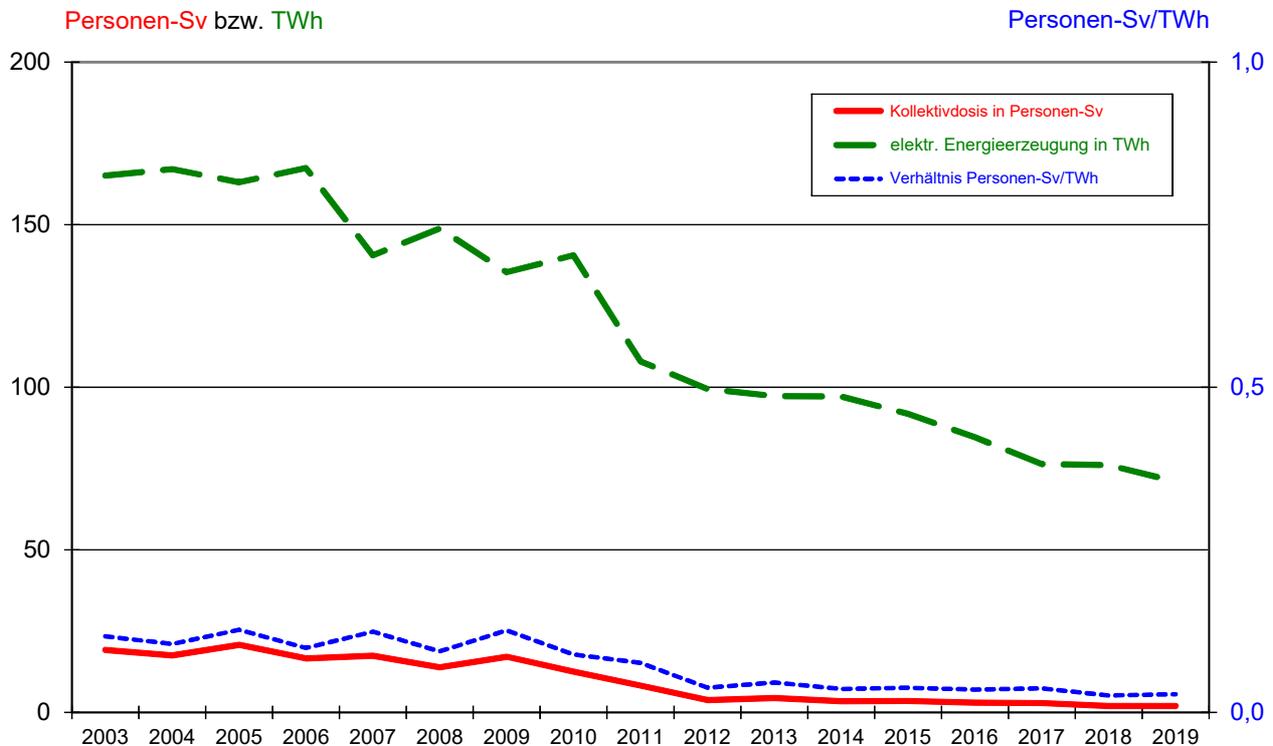
im Röntgenraum und sein Besitzer war im Urlaub, Dosimeter wurde absichtlich im Direktstrahl bestrahlt). Auch in diesen Fällen, in denen der festgestellte Dosiswert keine Personendosis sondern eine Ortsdosis ist, wird von der Aufsichtsbehörde eine Ersatzdosis festgesetzt. Sofern in solchen Fällen Ersatzdosiswerte festgesetzt und dem Strahlenschutzregister mitgeteilt wurden, sind diese in der folgenden Auswertung berücksichtigt.

Die amtliche Personendosimetrie bietet den zuständigen Aufsichtsbehörden die Möglichkeit, die Einhaltung der Grenzwerte der Körperdosis bei den beruflich strahlenschutzüberwachten Personen zu kontrollieren. Im neuen Strahlenschutzrecht sind dies die §§ 77 und 78 StrlSchG (ab 31. Dezember 2018). 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 2019 von drei Personen überschritten. Bezogen auf die Gesamtzahl der Überwachten sind dies 0,0008 Prozent (Abbildung IV. 1-1).

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. Dosiswerte zwischen 0,05 mSv und 0,09 mSv werden auf 0,1 mSv aufgerundet. Dies traf für den größten Teil der überwachten Personen zu. Eine messbare berufliche Strahlenexposition erhielten deshalb nur 14 Prozent aller mit Personendosimetern überwachten Personen.

Die Jahreskollektivdosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister gemeldeten gültigen Personendosiswerte im Kalenderjahr. Die mittlere Jahrespersonendosis im Jahr 2019 betrug 0,06 mSv. Bildet man den Mittelwert über jene Personen, die einer messbaren Strahlenexposition ausgesetzt waren (ca. 59 000 Personen), so ergibt sich für diese Gruppe der Exponierten eine mittlere Jahrespersonendosis von 0,46 mSv (Vorjahr: 0,46 mSv).

Abbildung IV.1-3

Erzeugte Energie, Kollektivdosis und Dosis pro Energie

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 2019 für die Hände bei ca. 25 000 Personen durchgeführt. Von diesen 25 000 Überwachten wiesen ca. 8 000 Personen Teilkörperdosen von mehr als 0,5 mSv auf (untere Erkennungsgrenze für Teilkörperdosimeter). Im Jahr 2019 kam es zu drei Überschreitungen des Grenzwertes für Hände von 500 mSv.

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) gGmbH im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz.

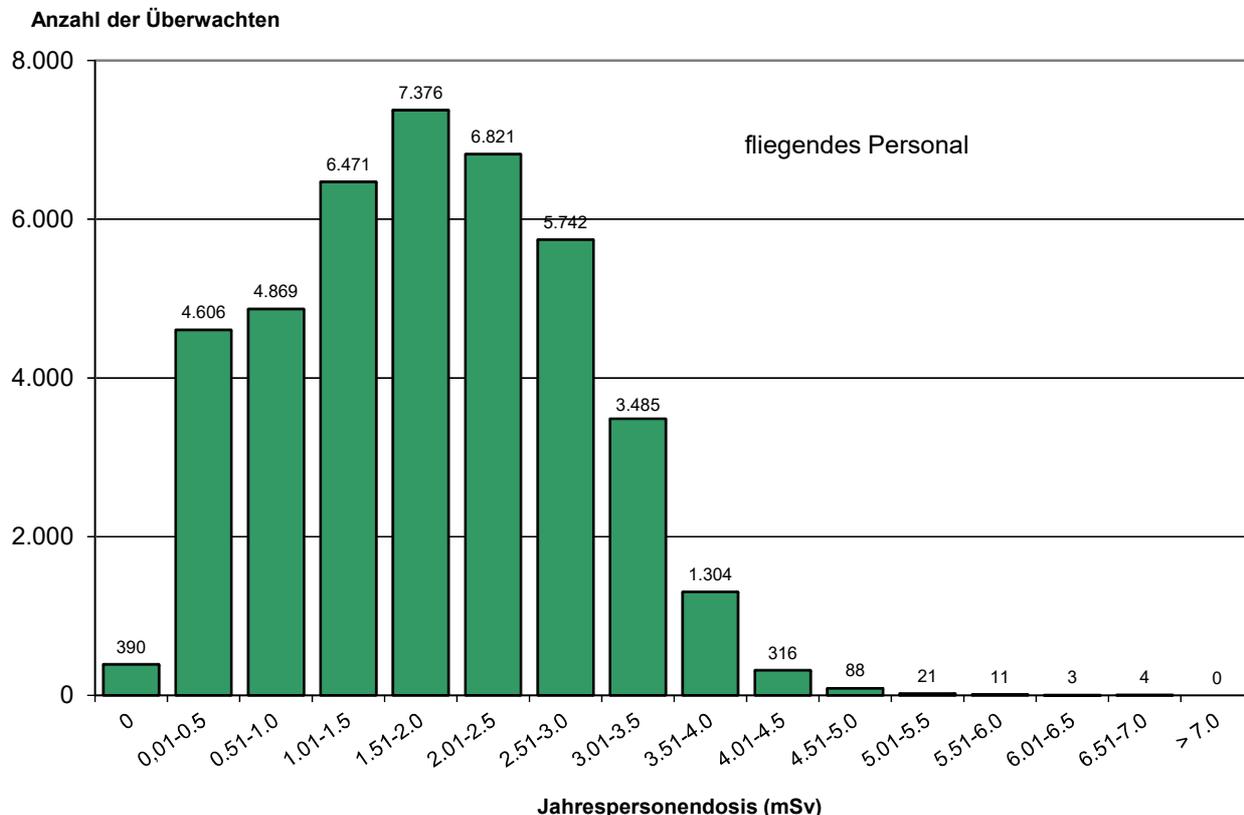
Schwankungen bei der Jahreskollektivdosis hängen überwiegend mit Änderungen bei der Anzahl des eingesetzten Fremdpersonals zusammen. In Jahren mit vermehrten Revisionen wird verstärkt Fremdpersonal eingesetzt, das dosisintensive Wartungsarbeiten durchführt. Die Werte verringerten sich in den letzten Jahren. Ursache des Rückgangs ist das Abschalten der Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel im Jahr 2011, Grafenrheinfeld im Jahr 2015 sowie Gundremmingen B im Jahr 2017. Jahrespersonendosen von mehr als 20 mSv traten 2019 bei Beschäftigten in den verbliebenen sieben Kernkraftwerken sowie 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 Ganz-

Abbildung IV.2-1

Verteilung der Jahrespersonendosis beim fliegenden Personal im Jahr 2019



und Teilkörperzählern bzw. durch Analyse ihrer Ausscheidungen überwacht. Von den Inkorporationsmessstellen wurden 571 Personen im Jahr 2019 (Vorjahr: 1355) überwacht, die Kollektivdosis durch Inkorporation betrug 0,04 Personen-Sv. Die höchste Jahrespersonendosis infolge von Inkorporation lag bei 14,5 mSv. Von den 571 Überwachten hatten lediglich 37 Personen Dosiswerte oberhalb der Nachweisgrenze.

2. Natürliche Strahlenquellen

2.1 Flugpersonal

Bereits mit der Strahlenschutzverordnung von 2001 (StrlSchV 2001) wurden die Anforderungen der Richtlinie 96/29 Euratom in nationales Recht umgesetzt. Überwachungspflichtig ist damit auch fliegendes Personal, welches in Luftfahrzeugen eingesetzt wird, die in der Deutschen Luftfahrzeugrolle eingetragen sind und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von mindestens 1 mSv im Kalenderjahr erhalten kann. Gleiches gilt unabhängig vom Eintragsstaats, wenn das eingesetzte, fliegende Personal in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht. 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.

In Deutschland wurden im Jahr 2019 insgesamt 41 500 „fliegende“ Personen (Vorjahr: 44 000) überwacht, die mittlere effektive Jahresdosis betrug 1,8 mSv (Vorjahr 2,0 mSv). Der höchste Jahrespersonendosiswert liegt bei 6,7 mSv. Die Verteilung ist in Abbildung IV. 2-1 wiedergegeben. Die Kollektivdosis für das Jahr 2019 beträgt ca. 75 Personen-Sv. Damit zählt das fliegende Personal bezüglich der Kollektivdosis und der mittleren Jahresdosis zu den am höchsten strahlenexponierten Berufsgruppen Deutschlands. Sowohl die Form der Dosisverteilung als auch ihre zeitliche Schwankung ist nicht mit anderen Berufsgruppen vergleichbar. Wichtige Einflussgrößen auf die Jahresdosis sind die Flugaktivität und die zyklische Schwankung der Sonnenaktivität, die physikalisch bedingt die Höhenstrahlung beeinflusst.

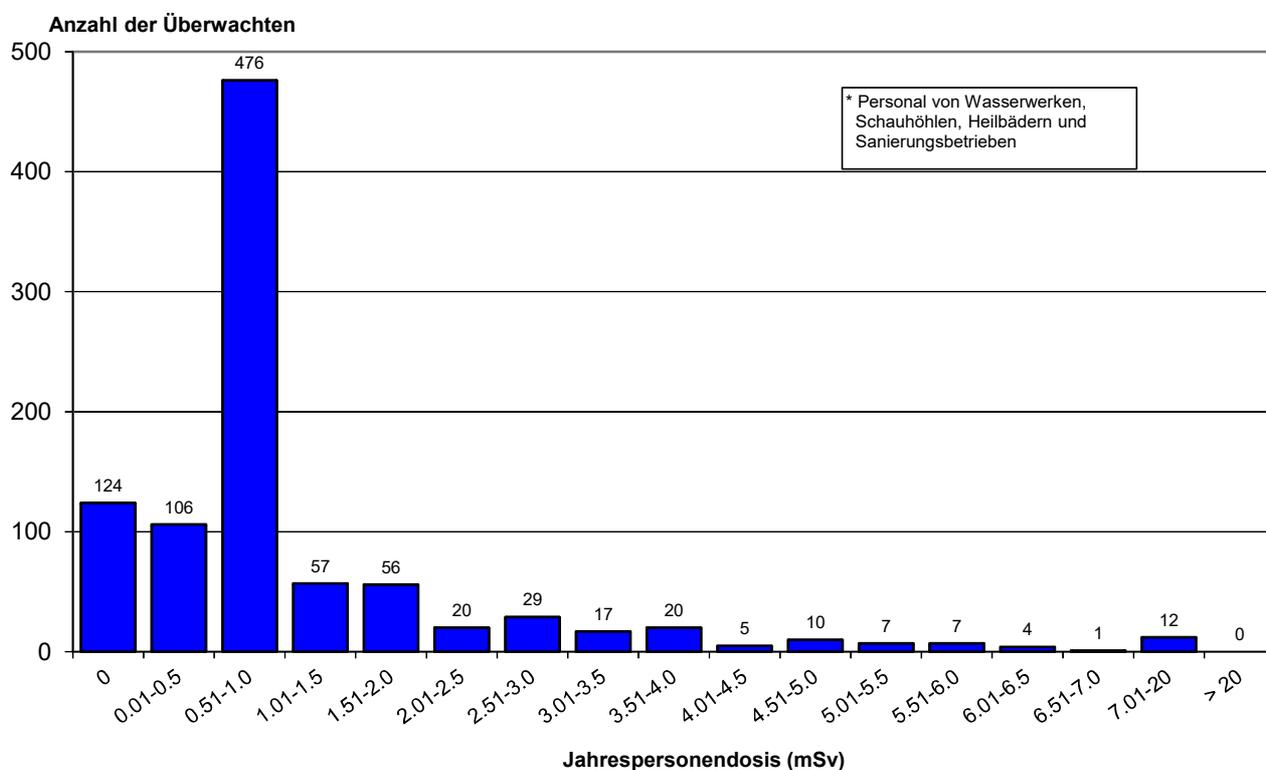
2.2 Arbeitsplätze mit erhöhter Radonexposition (Wasserwerke, Schauhöhlen, Heilbäder und Sanierungsbetriebe)

Für Personen, bei denen am Arbeitsplatz eine Radonexposition von mehr als 6 mSv auftreten kann, ist die Exposition zu überwachen bzw. eine Dosisermittlung durchzuführen (§ 130 Absatz 3 StrlSchG). 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).

Insgesamt wurden im Jahr 2019 dem Strahlenschutzregister im BfS für 951 Personen (Vorjahr: 382 Personen) Dosiswerte übermittelt. Von diesen 951 Personen führten 538 Personen (Vorjahr: 43 Personen) Sanierungsarbeiten in den Betrieben der Wismut GmbH aus²¹. Die Kollektivdosis der 951 Beschäftigten betrug 1,2 Personen-Sv, die mittlere Jahrespersonendosis 1,2 mSv (Vorjahr: 2,4 mSv). Im Jahr 2019 gab es wie im Vorjahr keine Überschreitungen des Jahresgrenzwertes von 20 mSv. Der höchste Wert der effektiven Jahresdosis betrug 14 mSv (Vorjahr: 14 mSv). Die Dosisverteilung zeigt Abbildung IV. 2-2.

Abbildung IV.2-2

Verteilung der Jahrespersonendosen durch natürlich erhöhte Radonexposition 2019



3. Strahlenunfälle und bedeutsame Vorkommnisse

Durch die strengen Vorschriften im Strahlenschutzrecht sind meldepflichtige besondere Vorkommnisse mit Personenbeteiligung beim Umgang mit ionisierender Strahlung und radioaktiven Stoffen selten. Derartige Vorkommnisse werden dem BfS gemeldet und in den Jahresberichten „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des BMU zusammengefasst.

Ein Großteil der für das Jahr 2019 nach § 170 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.

²¹ zu den 2019 durchgeführten Tätigkeiten vgl. https://www.wismut.de/de/download.php?download=Wi_T%C3%A4tigkeitsbericht+PTALT+2019_Stand20200904-Endfassung.pdf

Vorkommnisse, die im medizinischen Anwendungsbereich aufgetreten sind, werden seit dem Jahr 2019 im Melde- und Informationssystem für bedeutsame Vorkommnisse bei Strahlenanwendungen in der Medizin (www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-medizin/bevomed/bevomed_node.html) erfasst. Die Meldung eines bedeutsamen Vorkommnisses erfolgt dabei elektronisch durch die zuständige Behörde an die zentrale Stelle im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) mit Hilfe des webbasierten Systems BeVoMed (bevomed.bfs.de). Die zentrale Stelle im BfS wertet die gemeldeten bedeutsamen Vorkommnisse in der Medizin regelmäßig systematisch wissenschaftlich aus. Eine Darstellung dieser Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Empfehlungen für den Strahlenschutz findet sich in Kapitel IV 4 des Jahresberichtes „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des BMU.

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). Nach § 125 Absatz 3 StrlSchV ermittelt das Bundesamt für Strahlenschutz mindestens alle zwei Jahre die medizinische Exposition der Bevölkerung und ausgewählter Bevölkerungsgruppen. Gegenüber dem Vorbericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung: Jahresbericht 2018“ (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021011124821) hat sich im Bezug auf die Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen keine neue Datenlage ergeben. Es wird daher auf diesen Bericht verwiesen. Um den Zusammenhang zu wahren, wird die auf den Daten für die Jahre 2007 bis 2016 beruhende Auswertung hier nochmals wiedergegeben. Der Status des Mammographie-Screening-Programms sowie die Angaben zur medizinischen Forschung wurden aktualisiert. Ein Absatz über die bedeutsamen Vorkommnisse in der Medizin nach der neuen StrlSchV wurde ergänzt (siehe Abschnitt 4).

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 2019) vorliegenden Daten dargestellt. Diese beziehen sich auf die Jahre 2007 bis 2016. 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 bis 2017. 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 2016 wurde für Deutschland eine Gesamtzahl von etwa 137 Millionen Röntgenuntersuchungen abgeschätzt (ohne zahnmedizinischen Bereich: etwa 78 Millionen Röntgenuntersuchungen). Die mittlere Anzahl von Röntgenanwendungen in Deutschland lag während des betrachteten Zeitraums 2007 bis 2016 nahezu konstant bei etwa 1,7 pro Einwohner und Jahr. Die Häufigkeit von zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen (Zähne und Kiefer) nahm zwischen 2007 und 2016 von etwa 0,6 auf 0,7 Untersuchungen pro Einwohner und Jahr zu, was 2016 etwa mehr als 40 Prozent der Gesamtanzahl aller Röntgenuntersuchungen entspricht. Dieser Anstieg ist durch Röntgenuntersuchungen des Kiefers bedingt, die inzwischen etwa 20 Prozent aller zahnmedizinischen Röntgen-

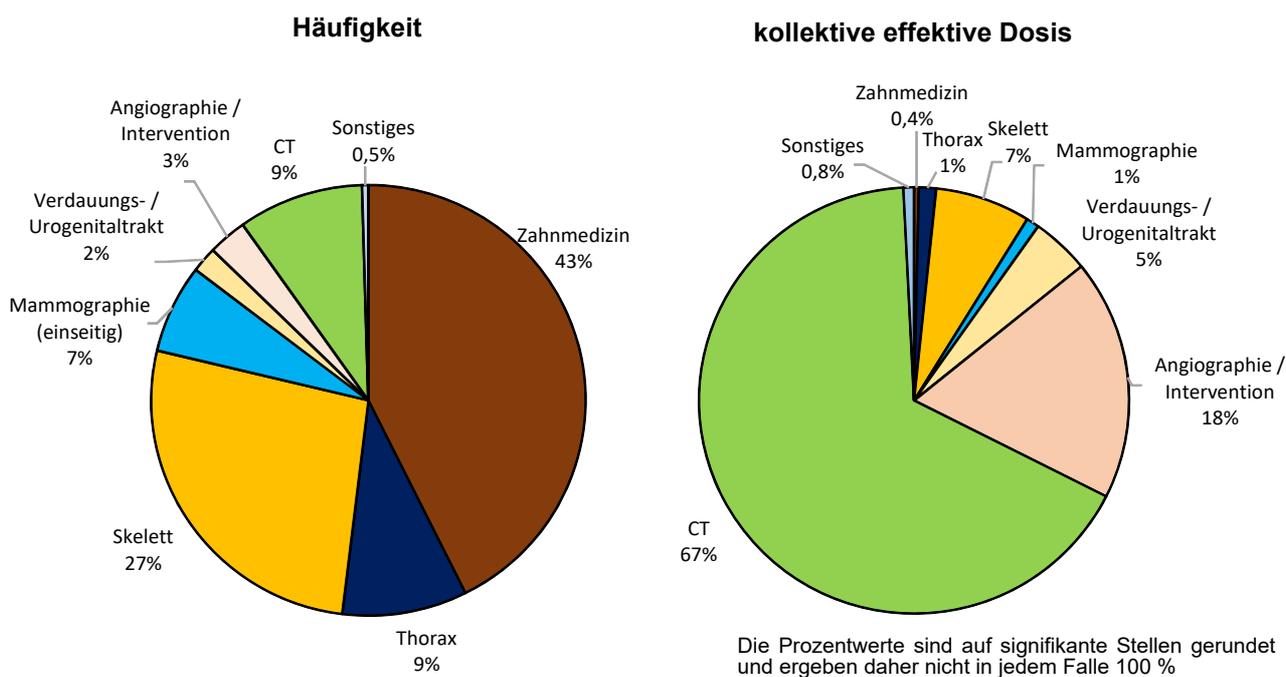
untersuchungen ausmachen. Neben den Röntgenuntersuchungen im zahnmedizinischen Bereich entfällt der größte Teil aller Röntgenanwendungen auf konventionelle Untersuchungen des Skeletts (d. h. Schädel, Schultergürtel, Wirbelsäule, Beckengürtel, Extremitäten) und auf den Thorax (Brustkorb, siehe Abbildung V. 1-1).

Die Anzahl der meisten konventionellen Röntgenuntersuchungen hat im betrachteten Zeitraum abgenommen (z. B. Schädel um mehr als 15 Prozent, Thorax und Wirbelsäule um etwa 25 Prozent, Verdauungs- und Urogenitaltrakt um etwa 40 Prozent). Die Häufigkeit von Mammographien nahm infolge der Einführung des Mammographie-Screening-Programms zwischen 2007 und 2009 um ca. 35 Prozent 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 2016 um gut 40 Prozent erhöht. Ein noch deutlicherer Anstieg ist auch bei der Magnetresonanztomographie (MRT) zu verzeichnen, einem Schichtbildverfahren, das keine ionisierende Strahlung verwendet (Zunahme um gut 65 Prozent). Inzwischen ist die Anzahl von CT- und MRT-Untersuchungen nahezu gleich. 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.

Abbildung V.1-1

Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für verschiedene Untersuchungen in der Röntgendiagnostik 2016 in Deutschland



Die mittlere effektive Dosis aus Röntgenuntersuchungen pro Einwohner in Deutschland beläuft sich für das Jahr 2016 auf 1,6 mSv. Über den Beobachtungszeitraum 2007 bis 2016 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 Prozent 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 2016 ab. Diese Abnahme ist bedingt sowohl durch die zurückgehende Häufigkeit konventioneller Röntgenuntersuchungen als auch den Rückgang der effektiven Dosis einiger dieser Untersuchungen.

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 Prozent zu der Gesamthäufigkeit bei, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis betrug im Jahr 2016 jedoch mehr als 80 Prozent (siehe Abbildung V. 1-1).²²

Röntgenuntersuchungen zur Früherkennung von Brustkrebs (Mammographie-Screening)

Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung und die häufigste Krebstodesursache bei Frauen. Im Jahr 2016 wurde laut Robert Koch-Institut²³ bei etwa 68 950 Frauen eine Brustkrebsdiagnose gestellt (mittleres Erkrankungsalter: 64 Jahre; Prognose für 2020: rund 70 000 Fälle). Die 5-Jahres-Prävalenz für Brustkrebs, also die Zahl der lebenden Frauen, bei denen innerhalb der vorherigen fünf Jahre diese Erkrankung neu diagnostiziert wurde, ist verglichen mit den restlichen Krebserkrankungen relativ hoch (ca. 314 000 Fälle Ende 2016). Nach Angaben des Robert-Koch-Instituts verstarben im Jahr 2016 insgesamt 18 600 Frauen an den Folgen einer Brustkrebserkrankung. Wird Brustkrebs frühzeitig erkannt, kann dies den Erfolg einer Therapie und damit die Überlebenschance 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 ist die letzte der insgesamt 95 SE in Betrieb gegangen. 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 Teilnehmerquote lag laut „Jahresbericht Evaluation 2018“, Seite 13 bei 50 Prozent²⁴.

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 Brustkrebsmortalität. Im Jahr 2010 wurden vom BMU in Kooperation mit dem BfS erste konkrete Schritte zur Evaluation der Brustkrebsmortalität in die Wege geleitet. An der Finanzierung des seit Juli 2012 laufenden komplexen 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

²² 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

²³ „Krebs in Deutschland für 2015/2016“, S.78, <https://www.krebsdaten.de>, abgerufen am 16. Juni 2020)

²⁴ Jahresbericht Evaluation 2018. Deutsches Mammographie-Screening-Programm. Kooperationsgemeinschaft Mammographie, Berlin, November 2020, (<https://www.mammo-programm.de/download/downloads/berichte/Jahresbericht-Evaluation-2018.pdf>)

eigentliche Hauptstudie (Programmreport 2017, S. 192, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018071915600 und Programmreport 2018, S. 143, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019102319808).

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.^{25, 26}

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 2012 bis 2016. Pro Jahr wurden 2012 bis 2016 in Deutschland im Mittel ca. 2,5 Millionen nuklearmedizinische Untersuchungen durchgeführt, was einer jährlichen Anwendungshäufigkeit von etwa 30 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 2016 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.

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 Prozent aller Untersuchungen des Skeletts und des Herzens werden im ambulanten Sektor durchgeführt.

Es wurde eine über den Zeitraum 2012 bis 2016 gemittelte effektive Dosis von rund 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).

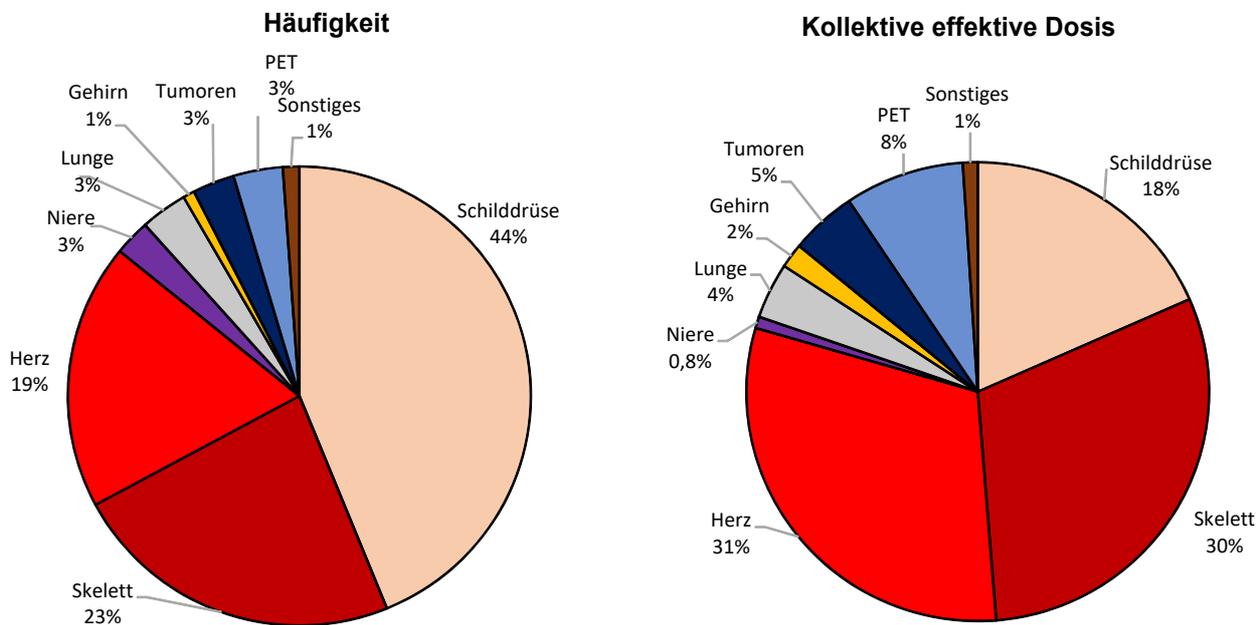
Die Anzahl von Positronenemissionstomographien (PET) nimmt kontinuierlich zu. Auf Grund der relativ hohen Dosis pro Untersuchung spielt die PET daher bei der durch alle nuklearmedizinischen Untersuchungen verursachten kollektiven effektiven Dosis zunehmend eine Rolle. Für den kassenärztlichen ambulanten Bereich wurde erst im Jahr 2016 eine Gebührensatz für PET eingeführt. Daher ließ sich hier die Anzahl von PET für den Zeitraum vor 2016 mit der üblichen Methodik nicht bestimmen.

²⁵ 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

²⁶ Lindner O, Burchert W, Schäfer W, Hacker M: Myocardial perfusion SPECT 2015 in Germany. Results of the 7th survey. *Nuklearmedizin* 56: 31-38, 2017

Abbildung V.2-1

Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für verschiedene Untersuchungen in der nuklearmedizinischen Diagnostik 2016 in Deutschland



Die Prozentwerte sind auf signifikante Stellen gerundet und ergeben daher nicht in jedem Falle 100 %

In den Jahresberichten der letzten Jahre erfolgte die Abschätzung der PET-Häufigkeiten auf Basis von Daten aus der Literatur²⁵. Verwendet man diese Methode auch für das Jahr 2016, so ergäbe dies eine deutlich höhere Anzahl von PET. Abbildung V. 2-1, die sich auf das Jahr 2016 bezieht, richtet sich nach der Anzahl tatsächlich abgerechneter PET. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass es sich hierbei um eine Unterschätzung handelt. PET/CT-Untersuchungen ersetzen immer mehr reine PET-Untersuchungen. Im stationären Bereich wurden 2016 bereits mehr als 85 Prozent aller PET-Untersuchungen mittels eines PET/CT-Systems durchgeführt. Der Dosisbeitrag durch die Exposition mit ionisierender Strahlung durch die CT findet sich in Abbildung V. 2-1 nicht wieder. Bei Berücksichtigung der CT wäre der Dosisbeitrag der PET und PET/CT zur kollektiven Dosis 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 Herzsintigraphien (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 Schilddrüsensintigraphie 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 – ohne CT – 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 gewisses 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 „al-

ternativer“ 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.

4. Bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin nach Anlage 14 StrlSchV

Gemäß § 108 Absatz 1 StrlSchV hat der Strahlenschutzverantwortliche dafür zu sorgen, dass der Eintritt eines bedeutsamen Vorkommnisses der zuständigen Behörde gemeldet wird. Ein Vorkommnis bei Strahlenanwendungen am Menschen ist insbesondere dann bedeutsam, wenn eines der in Anlage 14 StrlSchV genannten Kriterien erfüllt ist. In diesem Fall übermittelt die zuständige Behörde - gemäß § 110 Absatz 2 Nummer 2 StrlSchV - die Informationen über das bedeutsame Vorkommnis in pseudonymisierter Form an die zentrale Stelle im BfS nach § 111 StrlSchV.

Nach § 111 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchV bewertet das BfS die gemeldeten Vorkommnisse insbesondere im Hinblick auf die Übertragbarkeit und Bedeutsamkeit der Erkenntnisse auf andere Anwendungen und andere Anwender. Gemäß § 111 Absatz 1 Nummer 6 StrlSchV führt das BfS eine regelmäßige systematische wissenschaftliche Aufarbeitung der durchgeführten Auswertungen durch und veröffentlicht die Ergebnisse einschließlich der daraus abgeleiteten Empfehlungen für den Strahlenschutz. Diese Veröffentlichung erfolgt in Form eines Jahresberichts. Darüber hinaus sollen die aus der Aufarbeitung von Vorkommnissen gewonnenen Erkenntnisse, die auch für andere Anwendungen und andere Anwender relevant sind, kurzfristig auf der Homepage des BfS in anonymisierter Form in einem passwortgeschützten Bereich veröffentlicht werden.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben wurde gemäß § 111 Absatz 2 StrlSchV ein webbasiertes IT-System BeVoMed (Bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin) implementiert. Es ermöglicht die bundesweite Erfassung, Verarbeitung und Auswertung der von den zuständigen Behörden übermittelten Informationen über bedeutsame Vorkommnisse.

Für das Jahr 2019 liegen der zentralen Stelle Informationen zu 82 Erstmeldungen über bedeutsame Vorkommnisse vor. Zu 80 Erstmeldungen liegen Abschlussmeldungen vor, die ausgewertet wurden. Zu Expositionen von untersuchten Personen bei nichtmedizinischen Anwendungen erfolgten keine Meldungen. Tabelle V.4-1 zeigt die Verteilung der bedeutsamen Vorkommnisse, zu denen eine Abschlussmeldung vorliegt, auf die medizinischen Fachgebiete.

Tabelle V.4-1

Verteilung der bedeutsamen Vorkommnisse, zu denen eine Abschlussmeldung vorliegt, auf die medizinischen Fachgebiete

Medizinisches Fachgebiet	Anzahl der Vorkommnisse
Röntgendiagnostik (einschließlich Röntgendurchleuchtung)	17
Interventionen (zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken)	2
Therapie mit ionisierender Strahlung und umschlossenen radioaktiven Stoffen	49
Nuklearmedizin (Diagnostik und Therapie)	12

Die meisten Meldungen gab es mit 49 Fällen (61 Prozent) zur Strahlentherapie. Die häufigsten Meldungen betrafen dabei Bestrahlungsplanverwechslungen. Hier kann nur eine kritische Analyse der Prozessabläufe entlang der gesamten Behandlungskette zu einer Senkung der Fehlerrate führen (siehe dazu auch die Empfehlungen von BfS, DEGRO, DGMP und DGN zur Risikoanalyse bei therapeutischen Strahlenanwendungen²⁷). Die zweithäufigsten Meldungen in der Strahlentherapie betrafen Personenverwechslungen. Obwohl von strahlentherapeutisch behandelten Patienten vor Therapiebeginn in der Regel Portraitfotos erstellt werden, kamen derartige Verwechslungen

²⁷ Bundesamt für Strahlenschutz, <https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/fachinfo/ion/empfehlungen-risikoanalyse.html> (abgerufen am 22. April 2020)

trotzdem vor. Zusätzliche Maßnahmen, wie z. B. Patientenarmbänder oder Handscanner, können hier die Fehlerquote reduzieren.

Weiterhin fällt die geringe Meldefrequenz zur Röntgendiagnostik auf. So erfolgten in 2019 nur neun Meldungen aus dem Bereich Computertomographie. In Anbetracht der ca. 13 Millionen CT-Untersuchungen, die pro Jahr in Deutschland durchgeführt werden, erscheint die Anzahl der Meldungen als gering.

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 2019“ unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>.

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. Die Elektromobilität wirft neue Fragen auf, aber auch bei Anwendungen elektromagnetischer Felder zu medizinischen oder kosmetischen Zwecken sind stark im Kommen.

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 werden im neuen Forschungsprogramm untersucht.

Strahlenschutz beim Stromnetzausbau

Um den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung zu erhöhen, werden die bestehenden Stromnetze ausgebaut und verstärkt. Hierfür werden nicht nur bestehende Wechselstromleitungen ertüchtigt, sondern auch neue Wechselstromleitungen sowie erstmals Hochspannungsgleichstromleitungen (HGÜ-Leitungen) 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.

In insgesamt zehn Themenfeldern sollen 39 einzelne Forschungsvorhaben durchgeführt werden. Einige dieser Forschungsvorhaben wurden bereits im Rahmen des Ressortforschungsplans begonnen bzw. sind beendet. Die Beschreibung des Forschungsprogramms sowie den aktuellen Stand der Forschungsvorhaben können auf der Seite des BfS eingesehen werden²⁸. Darüberhinaus sind die Statusberichte und Abschlussberichte im jeweiligen Programmreport 2018²⁹ und Programmreport 2019³⁰ nachschlagbar

- Erfassung der Magnetfeldexposition der allgemeinen Bevölkerung (siehe Programmreport 2018, Seite 210 ff, (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019102319808))
- Untersuchung der Machbarkeit und Vorbereitung einer gepoolten Analyse zum Zusammenhang von Amyotropher Lateralsklerose (ALS) und Magnetfeldexposition, Universität Mainz. Abschlussbericht unter (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020011721003)
- Leukämie im Kindesalter - Einfluss des Immunsystems auf die Entstehung der Erkrankung (experimentelle Studie an einem geeigneten Tiermodell) (siehe Programmreport 2018, S 207 ff (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019102319808))
- Evaluierung der Botschaften und Texte des BfS aus dem Bereich des Stromnetzausbaus (siehe Programmreport, S. 217 ff (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019102319808))
- Umfragen zur Ermittlung in der Bevölkerung 1. Welchen Stellenwert haben Magnetfelder in der öffentlichen Wahrnehmung des Stromnetzausbaus? Eine deutschlandweite Befragung (siehe Programmreport 2018, S. 220 ff (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019102319808))
- Fachgespräch zur Risikobewertung und Risikowahrnehmung beim Stromnetzausbau (siehe Programmreport 2018, S. 238 ff (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019102319808)). Abschlussbericht unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019081318803

²⁸ www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/bfs-forschungsprogramm/stromnetzausbau/netzausbau_node.html

²⁹ „Strahlenschutzforschung Programmreport 2018“ unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019102319808

³⁰ „Strahlenschutzforschung Programmreport 2019“ unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424

- Überprüfung von Darstellungsformaten für Messergebnisse niederfrequenter Felder und deren Bedeutung für die Risikokommunikation (siehe Programmreport 2018, S. 239 ff (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019102319808))

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 Bereich niedriger Intensitäten hochfrequenter Felder konnten bisher – trotz intensiver jahrzehntelanger Forschung – wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Wissenschaftliche Unsicherheiten verbleiben jedoch hinsichtlich der Frage zu möglichen Langzeitriskien für intensive Handynutzung von mehr als 15 Jahren und der Frage nach einer möglichen Alters- und Geschlechtsabhängigkeit bzw. der Existenz von empfindlicheren Bevölkerungsgruppen. Diese Unsicherheiten in der Risikobewertung 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 2019“ unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>.

Selbstverpflichtung Mobilfunkbetreiber

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 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.

Berichte über Forschungsvorhaben, die über die freiwillige Selbstverpflichtung mitfinanziert wurden, sind auf doris.bfs.de abrufbar.

Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung mittels Gutachten

Durch unabhängige Gutachten wird seit 2002 in regelmäßigen Abständen überprüft, ob die Zusagen der Selbstverpflichtung eingehalten werden. Die Gutachten prüfen verschiedene Möglichkeiten, die Kommunen und die Öffentlichkeit besser mit Informationen zum Netzausbau und zu Mobiltelefonen zu versorgen. Die Ergebnisse des Gutachtens 2017, das im Juli 2018 veröffentlicht wurde, sind unter www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/mobilfunk_jahresgutachten_2017_bf.pdf einsehbar.

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. Vor allem die Versteigerung der 5G-Frequenzbereiche im Frühjahr 2019 hat den Informationsbedarf in der Bevölkerung neuerlich gesteigert. Auf den Internetseiten des BMU und des BfS wurden viele der Fragen aus der Bevölkerung aufgegriffen und u. a. in FAQs umfassend beantwortet.

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 Protokolle der Sitzungen und die aktuelle Mitgliederliste sind unter www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/runder-tisch/runder-tisch_node.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. Anders als Grenzwerte zum Schutz vor nachgewiesenen Wirkungen orientiert sich der niedrigere Wert am technisch Machbaren. Mitte 2017 erfolgte eine Überarbeitung der Vergabekriterien. Im Zuge dessen wurden für die Anwendungsfälle „Betrieb am Ohr“ und „Betrieb am Körper“ neue Höchstwerte von 0,5 W/kg und 1,0 W/kg festgelegt.

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 3429 klassische Mobiltelefone und Smartphones - wobei für 3111 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 Prozent 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. 2019 waren mehrere Modelle eines Herstellers mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

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

- Babyüberwachungsgeräte,
- Haushaltslampen,
- Router,

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-index/uv-messnetz/uv-messnetz_node.html) wurde auch im Jahr 2019 an elf repräsentativen Standorten in Deutschland kontinuierlich die bodennahe, solare UV-Strahlung spektral aufgelöst gemessen.

Um alle Bürger*innen verlässlich über die aktuelle solare UV-Belastung zu informieren, erweitert das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) sein UV-Messnetz mit zusätzlichen 20 Breitbandradiometer-Stationen. Sechs Messstationen befinden sich noch im Aufbau. Für den Ausbau nutzt das BfS die Infrastruktur seines Ortsdosisleistungs (ODL) -Messnetzes (www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/luft-boden/odl/odl.html) und ergänzt passende ODL-Sonden mit kompakten Breitbandradiometern. Im Jahr 2019 nahmen zwölf weitere Breitbandradiometer-Stationen den aktiven Messbetrieb im solaren UV-Messnetz auf.

Die Messdaten aller 29 Stationen werden in der BfS-Messnetzzentrale in Neuherberg/Oberschleißheim gesammelt, dokumentiert, gesundheitlich bewertet und regelmäßig als UV-Index (UVI) auf den Internetseiten des BfS (https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-index_node.html) und über das BfS Geoportal (<https://www.imis.bfs.de/-geoportal>) veröffentlicht.

Von den ermittelten Messwerten der bodennahen, solaren UV-Bestrahlungsstärke wird der so genannte UV-Index (UVI) abgeleitet und die Bevölkerung auf den Internetseiten des BfS (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-index_node.html) und über das BfS Geoportal (www.imis.bfs.de/geoportal) darüber informiert.

In den Sommermonaten werden zusätzlich 3-Tages-Prognosen der UVI-Werte vom BfS im Internet unter www.bfs.de/uv-prognose veröffentlicht und per Newsletter (www.bfs.de/uv-newsletter) an Abonnenten verschickt. In den Wintermonaten von Oktober bis März werden 3-Monats-Prognosen veröffentlicht. Zusätzlich werden über Twitter (<https://twitter.com/strahlenschutz>) Warnmeldungen bei ungewöhnlich hohen UVI-Werten herausgegeben.

Die Messungen ergaben, dass im Jahr 2019 die höchsten ermittelten Tagesspitzenwerte des UV-Index in Nord- und Mitteldeutschland im Juni und Juli bei UV-Index-Werten von 7 bis 9 lagen. Im gleichen Zeitraum wurden in Süddeutschland UV-Index-Werte von 8 bis 9 und im alpinen Hochgebirgsraum UV-Index-Werte von 9 bis 11 gemessen (Abbildung VI. 2-1). Dabei lag an vierzehn Tagen im Juni und Juli der UV-Index-Tagesspitzenwert im alpinen Hochgebirgsraum bei 11. Die außergewöhnlich hohe Anzahl an Tagen mit diesem extremen UV-Index-Tagesspitzenwert korreliert mit einer außergewöhnlich großen Schneemenge im alpinen Raum im ersten Halbjahr 2019. Der sogenannte Albedo-Effekt führt bei großflächiger Schneebedeckung zu einem Anstieg der gemessenen UV-Bestrahlungsstärke auf Grund von höherer Rückstreuung der UV-Strahlung an Schnee im Vergleich zu beispielsweise Stein, Wiese oder Wald. Im Jahr 2019 hielt die großflächige Schneebedeckung des Hochgebirgsraumes bis weit über den Zeitraum des Jahres-Sonnenhöchststandes an, in dem die höchsten UV-Index-Werte im Jahresverlauf auftreten.

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

2.2 Forschung

Mikroskalige Modellierung von UV-Belastung

Um verhältnispräventive Maßnahmen wie Schaffung von Schattenoasen sinnvoll zu planen, sind Werkzeuge zu schaffen, mit denen sich übermäßige UV-Belastungen an einem bestimmten kleinräumigen (mikroskaligen) Ort wie Außenbereiche von Kindergärten, Schulhöfe oder Stadtparks abschätzen lassen. Für großräumige Anlagen existieren bereits Computerprogramme, die eine derartige Abschätzung grob zulassen. Im mikroskaligen Raum herrschen Bedingungen, die im Vergleich zu makroskaligen Modellierungen dazu zwingen, zahlreiche weitere bzw. vermehrt detailliert zu berücksichtigende Parameter zur Darstellung der UV-Expositionen einzuschließen. Dies stellt erhebliche Ansprüche an die Datenverarbeitung. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat darum 2019 eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben, die aufzeigen soll, ob und wenn ja wie die Modellierung von UV-Exposition im mikroskaligen Raum derart vereinfacht werden kann, so dass ohne Abstriche an der Qualität der

Abbildung VI. 2-1

Stationen des solaren UV-Messnetzes mit Angabe des maximalen UV-Index-Wertes im Jahr 2019 bei Stationen mit ausreichender Datenlage



Aussage die mikroskalige Modellierung der UV-Belastung in bestehende GIS-basierte Modellierungsprogramme zur Visualisierung der Hitzebelastung in städtischen Umgebungen integriert werden kann. Ergebnisse werden corona-bedingt verzögert im Programmreport 2020 veröffentlicht.

- Machbarkeitsstudie zur mikroskaligen Modellierung von UV-Belastungen in urbanen Umgebungen für verschiedene Bevölkerungsgruppen zur Hautkrebsprävention (Vorhaben Nr. 3619S72490)

Umfrage: Verhältnispräventive Maßnahmen zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen bei Kindertagesstätten und Schulen

Die Rate der UV-bedingten Hautkrebsneuerkrankungen steigt weiterhin. Die mit dem Klimawandel einhergehenden Wetterveränderungen und Extremwetterereignisse haben nach derzeitigen Prognosen das Potenzial, auch dieses Problem noch zu verschärfen. Ärzteschaft und Institutionen des Strahlenschutzes drängen darum auf eine wirkungsvolle Prävention UV-bedingter Erkrankungen (s. Grundsatzpapier des UV-Schutz-Bündnisses, www.bfs.de/uv-grundsatzpapier) durch deutschlandweite Etablierung weiterer verhaltenspräventiver Maßnahmen. Im Rahmen der „Nationalen Versorgungskonferenz Hautkrebs“ (NVKH, <https://nvkh.de>) wurde unter anderem das Versorgungsziel „Schattenspendende Maßnahmen zum Schutz vor hohen UV-Belastungen im Freien sind deutschlandweit in den Lebenswelten der Menschen vorhanden“ formuliert. Um dieses Versorgungsziel zu erreichen, ist zunächst der Ist-Zustand zu erfassen. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat darum 2019 ein Forschungsvorhaben initiiert, mit dessen Hilfe bereits vorhandene UV-reduzierende Maßnahmen wie schattenspendende Strukturen oder an UV-Bedingungen angepasste Konzepte/Abläufe in Kindertagesstätten, Kindergärten und Schulen bundesweit erfasst und katalogisiert werden sollen.

- Repräsentative Umfrage zur deutschlandweiten Erfassung verhältnispräventiver Maßnahmen zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen bei Kindertagesstätten und Schulen (Vorhaben Nr. 3619S72401)

Missbrauch starker optischer Strahlungsquellen - Blendattacken und Augenschäden

Die missbräuchliche Verwendung starker optischer Strahlungsquellen wie Laserpointer oder Lasertaschenlampen stellt ein Risiko für die Allgemeinbevölkerung dar. Bei Blendattacken auf Flugzeug- oder Fahrzeugführer*innen sind nicht nur die direkt angegriffenen Personen betroffen, sondern durch die erhöhte Unfallgefahr bei Beeinträchtigung des Sehvermögens auch andere Verkehrsteilnehmer, Passagiere von Flugzeugen, Bussen oder Zügen sowie Anwohner*innen und Passant*innen. Dieses Thema soll verstärkt bearbeitet werden. 2019 erfolgte die Planung für das im Ressortforschungsplan 2020 verankerte Projekt „Blendattacken und Augenschäden durch Laser und andere starke optische Strahlungsquellen“ (Vorhaben Nr. 3620S72410). Im Rahmen dieses Projekts sollen Attacken mit starken optischen Strahlungsquellen in Deutschland quantifiziert, die mit diesen Attacken verbundenen Risiken eingeschätzt und die rechtliche Situation analysiert werden. Zudem sollen mögliche Ansätze zur Minimierung der Risiken aufgezeigt werden.

Weiterhin erfolgte 2019 die Planung und Vorbereitung für das Fachgespräch „Gefährdungen durch Laserpointer und ähnliche optische Strahlungsquellen“. Das Fachgespräch dient dem Austausch mit Expertinnen und Experten vor allem zu den Themen:

- Augenschäden und Blendung durch Lasergeräte oder ähnliche optische Strahlungsquellen
- Relevante Strahlungsquellen
- Sicherheit von Laserprodukten in Verbraucherhand
- Erfahrungen aus der Praxis
- Rechtliche Regelungen und Strategien zur Risikominimierung
- Forschungsbedarf

2.3 Hautkrebspräventionsmaßnahmen

Die auf der Basis des Grundsatzpapiers „Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch die Sonne - Verhältnisprävention in der Stadt und auf dem Land“ (siehe www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/buendnis/buendnis_node.html) nach Vorgaben des Kooperationsverbundes „gesundheitsziele.de“ (gesundheitsziele.de) erarbeitete Kriterienanalyse³¹ wurde 2019 dem Evaluationsbeirat, dem Steuerungskreis und dem Ausschuss des Kooperationsverbundes „gesundheitsziele.de“ präsentiert. Von allen drei Gremien wurde UV-Schutz als ein wichtiges Teilziel der Gesundheitsziele „gesund aufwachsen“, „gesund älter werden“ und „Rund um die Geburt“ gesehen. Bei einer erneuten Überarbeitung dieser Gesundheitsziele soll darum eine entsprechende Ergänzung in Betracht gezogen werden. Eine gemeinsame Veröffentlichung der Kriterienanalyse durch den Kooperationsverbund und das UV-Schutz-Bündnis im Bundesgesundheitsblatt wurde beschlossen. Das UV-Schutz-Bündnis ist eine Kooperation namhafter Gesellschaften, Organisationen und Behörden aus Strahlenschutz, Medizin, Wissenschaft und Arbeitsschutz, die sich seit Jahren für gelebten UV-Schutz einsetzen.

2019 wurde weiter daran gearbeitet, im Grundsatzpapier konkret genannte Maßnahmen umzusetzen. So wurde vom BfS die Erweiterung des UV-Messnetzes (s. Absatz 2.1 Solares UV-Monitoring) vorangetrieben. 2019 wurden vom BfS die UV-Unterrichtsmaterialien für Kindergärten und Grundschulen überarbeitet und im neuen Design mit Hinweisen bezüglich der Anwendbarkeit von UV-Schutz-Maßnahmen in Kindergärten und Schulen neu aufgelegt (www.bfs.de/DE/mediathek/unterrichtsmaterial/sonne/sonne_node.html). Des Weiteren wurde durch die Bündnispartner „Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention (ADP)“ und „Deutsche Krebshilfe (DKH)“ in Zusammenarbeit mit weiteren Akteuren weiter daran gearbeitet, einen Grundkatalog für Lehr- und Ausbildungspläne zu erstellen und unterschiedliche Materialien zur Ergänzung von Lehr- und Ausbildungsplänen entsprechender Berufe (s. Grundsatzpapier) wie Lernvideos oder Material für „Spielerisches / Kreatives“ Lernen zu erstellen.

Auf Grund der Tatsache, dass die mit dem Klimawandel einhergehenden Wetterveränderungen und Extremwetterereignisse nach derzeitigen Prognosen das Potenzial haben, auch das Problem des Anstiegs der UV-bedingten Hautkrebsneuerkrankungen noch zu verschärfen, wurde das Bundesamt für Strahlenschutz zum Behördennetzwerk „Klimawandel und Anpassung“ hinzugezogen. Das Behördennetzwerk „Klimawandel und Anpassung“ wurde 2017 durch die Interministerielle Arbeitsgruppe (IMA) Anpassungsstrategie mandatiert und unterstützt als Netzwerk von Bundesbehörden und -institutionen die IMA-Anpassung bei der Umsetzung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Die Klimawirkung „UV-bedingte Gesundheitsschädigungen (insb. Hautkrebs)“ ist nun fester Bestandteil im Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“. Das Bundesamt für Strahlenschutz erarbeitete entsprechende Texte zur Beschreibung dieser Klimawirkung für die Klimawirkungs- und Vul-

³¹ www.gesundheitsziele.de/cms/medium/798/Kriterienkatalog_final_121024.pdf

nerabilitätsanalyse (KWVA), die 2021 veröffentlicht werden soll. Des Weiteren ist das Bundesamt für Strahlenschutz im Bund-Länder-Dialog „Gesundheit im Klimawandel“ vertreten, der vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) organisiert ist. Das Thema „Klimawandel und UV-Strahlung“ wird auch in die aktualisierte S3-Leitlinie „Prävention von Hautkrebs“ (<https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/hautkrebs-praevention/>) aufgenommen und dort in einem eigenen Kapitel behandelt. Die aktualisierte Leitlinie wird voraussichtlich 2021 veröffentlicht.

2.4 Rechtliche Regelungen

Solarien

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 zehn Jahren, die gemäß NiSG erlassene „Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher Ultravioletter Strahlung“ (UV-Schutz-Verordnung, UVSV) seit sieben Jahren. Die Kontrolle der Einhaltung der rechtlichen Vorgaben obliegt den Bundesländern.

Laut der Berichte der Bundesländer zeigen auch die 2019 durchgeführten Kontrollen, dass viele Betreiber das erforderliche Angebot einer qualifizierten Beratung nicht machen (angedeutet durch fehlende Dokumentationen über Hauttypbestimmungen und hauttypbezogene Dosierungspläne), 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.

Im Rahmen der Deutschen Großstudie „Nationales Krebshilfe-Monitoring zur Solariennutzung“ (National Cancer Aid Monitoring of Tanning Bed Use, NCAM)³² wurde gezeigt, dass zwar die Nutzung von Solarien rückläufig ist, gleichzeitig die Nutzung von Solarien durch Minderjährige trotz gesetzlichem Verbot von 1,6 Prozent auf 4,8 Prozent alarmierend gestiegen ist. Bei allen Umfragen war die Attraktivität ein wichtiger Grund für die Nutzung von Solarien. Über den gesamten Befragungszeitraum hinweg gab es einen Anstieg der medizinischen Gründe für den Gebrauch. Darüber hinaus zeigte das Monitoring einen Rückgang des Risikobewusstseins in Bezug auf die Nutzung von Solarien und UV-Strahlung. Auf Grund des abnehmenden Risikobewusstseins ist es notwendig, Präventions- und Aufklärungskampagnen durchzuführen, die sich speziell an diese Gruppe richten.

Das BMU und das BfS haben sich auch 2019 im Rahmen Ihrer Aufgabenbereiche für die Umsetzung der rechtlichen Regelungen zur Reduzierung der UV-Belastung für Nutzerinnen und Nutzer von Solarien eingesetzt. Darüber hinaus unterstützen BMU und BfS das von der Deutschen Krebshilfe und der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e. V. (ADP) organisierte und durchgeführte „Interventionsprogramm Solarien“.

Verordnung „Nichtionisierende Strahlung“

Mit der Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen (NiSV) werden insbesondere Anforderungen an den Betrieb und an die Fachkunde professioneller Anwender*innen nichtionisierender Strahlung zu kosmetischen und sonstigen nichtmedizinischen Zwecken rechtlich verbindlich geregelt. Im Bereich der optischen Strahlung stehen Anwendungen wie die Tattoorentfernung mit Lasergeräten und die dauerhafte Haarentfernung (Epilation) mit Lasern oder IPL-Geräten im Vordergrund. Im Jahr 2019 wurde an der NiSV gearbeitet. Ab Inkrafttreten gilt sie für bestimmte Anwendungen, beispielsweise die Tattoorentfernung, der Arztvorbehalt. Die Anforderung zum Nachweis der Fachkunde für Anwendungen, die nicht unter Arztvorbehalt stehen, soll anschließend in Kraft treten¹¹. 2019 lag der Arbeitsschwerpunkt in der Ausgestaltung und Konkretisierung der Anforderungen für den Erwerb der Fachkunde. So wurden Rahmenlehrpläne erstellt und fachliche Unterstützung bei der Definition der Anforderungen an Schulungen und Schulungsträger geleistet. Weitere Informationen hierzu sind veröffentlicht unter <https://www.bmu.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/nichtionisierende-strahlung/kosmetische-anwendung-nichtionisierender-strahlung>.

³² Diehl K, Görig T, Greinert R, Breitbart EW, Schneider S (2019) Trends in tanning bed use, motivation, and risk awareness in Germany: findings from four waves of the national cancer aid monitoring (NCAM). *Int J Environ Res Public Health* 16(20):3913 - 3923. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203913>

VII. Strahlenschutzforschung

1. 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 aktuellen Berichtsjahr sind sowohl die drei Projekte, die im Rahmen der ersten öffentlichen Ausschreibung von CONCERT finanziert wurden als auch drei der sechs Projekte aus der zweiten öffentlichen Ausschreibung erfolgreich finalisiert worden. Sie legten ihre Endberichte mit der Beschreibung der Tätigkeiten aller Konsortialpartner und der erreichten Ergebnisse bzw. Beiträge zur Entwicklung der Strahlenschutzforschung in Europa vor, die durch externe Expert*innen geprüft wurden.

Um die Multidisziplinarität und Integration der europäischen Forschungsgemeinschaft im Bereich der Strahlenschutzforschung weiter zu stärken, wurde zusätzlich zu den unten aufgeführten strategischen Forschungsagenden der Forschungsplattformen und mit Unterstützung von CONCERT eine strategische Forschungsagenda für sozial- und geisteswissenschaftliche Aspekte des Strahlenschutzes (SSH) entwickelt und die Bildung einer Forschungsplattform für Sozial- und Geisteswissenschaften angeregt. Die resultierende Forschungsplattform SHARE wurde im Juli 2019 als Verein gegründet. Die SHARE SRA wurde im Rahmen der CONCERT-Aufgabe 2.6 entwickelt und im International Journal of Radiological Protection veröffentlicht.

Ziel von CONCERT ist es, basierend auf den aktuellen strategischen Forschungsagenden (Strategic Research Agenda, SRA) der europäischen Forschungsplattformen MELODI (Strahlenwirkungen und -risiken), ALLIANCE (Radioökologie), NERIS (nuklearer und radiologischer Notfallschutz), EURADOS (Strahlendosimetrie) und EURAMED (medizinischer Strahlenschutz) langfristig 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.

Anhang**Verwendete Abkürzungen**

ALS	Amyotrophe Lateralsklerose
ARTM	Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell
AVR	Atomversuchsreaktor (Jülich)
BAnz	Bundesanzeiger
BASE	Bundesamt für die Sicherheit nuklearer Entsorgung
BDBOS	Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGBI	Bundesgesetzblatt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
Bq	Becquerel
Bq/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
GGF	Gleichgewichtsfaktor
HF	hochfrequente elektromagnetische Strahlung
HGÜ	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 Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung)
ICRP	International Commission on Radiological Protection (Internationale Strahlenschutzkommission)
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem
mSv	Millisievert
MRT	Magnetresonanztomographie (Kernspintomographie)
NF	niederfrequente elektrische und magnetische Strahlung
NIR	non ionizing radiation (nichtionisierende Strahlung)
NiSG	Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung
nSv	Nanosievert
Personen-Sv	Personen-Sievert, siehe Kollektivdosis (Erläuterungen Fachausdrücke)
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
ReFoPlan	Ressortforschungsplan des BMU (früher Umweltforschungsplan, UFOPLAN) zur Gewinnung von Entscheidungshilfen und sachgerechter Erfüllung der Fachaufgaben
RöV	Röntgenverordnung - Die RöV wurde zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung 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
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.

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 (DRW)	In der RÖV sind DRW definiert als „Dosiswerte für typische Untersuchungen mit 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 Strahlung 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)
Hochspannungsgleichstromübertragung (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 Kollektivdosis 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 Quadratcentimeter. 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 Energietransfer 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)
Magnetresonanztomographie	

(MRT) (Kernspintomographie)	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 Prozent der Messwerte liegen
Myokardszintigraphie (MSZ)	Nuklearmedizinisches Untersuchungsverfahren, das je nach Durchführung Informationen über die Durchblutungsverhältnisse, Vitalität und Funktion des Herzmuskels liefert.
Nachweisgrenze	Die Nachweisgrenze bezeichnet den Wert eines Messverfahrens, bis zu dem die 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
Notfall	Ereignis, bei dem sich durch ionisierende Strahlung erhebliche nachteilige Auswirkungen auf Menschen, die Umwelt oder Sachgüter ergeben können. Kein Notfall liegt vor, wenn abzusehen ist, dass ein Ereignis, das im Rahmen einer geplanten Tätigkeit eingetreten ist, voraussichtlich durch die für geplante Expositionssituationen geregelten Maßnahmen bewältigt werden kann (§ 5 Absatz 26 StrlSchG)
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 Prozent der Stichprobe überschritten wird)
Positronen-Emissions-Tomographie (PET)	Nuklearmedizinisches Schnittbildverfahren, mit dessen Hilfe physiologische Funktionen und Stoffwechselprozesse sichtbar gemacht und quantifiziert werden 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.
Pyranometer	Messgerät zur kontinuierlichen Aufnahme der Globalstrahlung
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.)
Risikowahrnehmung	Prozess der subjektiven Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von risikobezogenen Informationen auf Grund persönlicher Erfahrungen, aufgenommener Informationen und der Kommunikation mit anderen Individuen
Schwebstoffe	Feste oder flüssige Schwebeteilchen in der Luft (Durchmesser: 10^{-3} bis 10^{-8} cm). 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. <i>Système international d'unités</i>). 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 Organodosis, der effektiven Dosis sowie der Äquivalentdosis 1 Sievert (Sv) = 100 Rem 1 Sievert = 1 000 Millisievert (mSv) = 1 000 000 Mikrosievert (μ Sv) = 1 000 000 000 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. Brachytherapie)
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	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 BMUV-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

Abklingbecken 27
Absorption **56**
Abwasser 21 , 23 –25
Aerosol **56**
Aktivität (Radioaktivität) **56**
ALLIANCE 53
Alphastrahler 21 , 23 , 25 , **56**
Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) 46
Angiographie 40 , **56**
Angiographie 39
Äquivalentdosis **56**
athermische Effekte **56**
Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell
(ARTM) 19 , 27 , **54**
AVR 22 , **54**

B

Baugrund 18
Baumaterialien 14 –15 , 18
Baustoffe 15
Bayerischer Wald 14 , 32
BDBOS **54**
Becquerel **56**
Bergbau 15 , 29 –30
Besondere Vorkommnisse 38
Betastrahlung **56**
Betasubmersion **56**
Bims 18
biologische Effekte **56**
Blut-Hirn-Schranke **57**
BMBF **54**
BMG **54**
Böden 14 –15
BOS **54** , **57**
Brachytherapie **57**
Brennelemente 25
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) 5 , 16 –18 , 32 ,
37 , 41 , 45 , 47 , 53 –**54**
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und
nukleare Sicherheit (BMU) 5 , 47
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und
Reaktorsicherheit (BMUB) 15 , 41 , 44 , **54**

C

Cäsium-137 32
Computertomographie **57**
Computertomographie (CT) 39 –40
CONCERT **54**

D

Dekontamination **57**
deterministisch **57**
Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm (DMF)
48 , **54**
Diagnostische Referenzwerte (DRW) **54** , **57**
Diuretika **57**
Dosimeter 34 , **57**
Dosimetrie **57**
Dosis **57**
Dosisfaktor **57**
Druckwasserreaktor 19

E

Edelgase 20 , 22
effektive Dosis 35 , **58**
effektive Jahresdosis 15
elektrische Feldstärke **58**
elektrische Ladung **58**
elektrische Spannung **58**
elektrischer Strom **58**
elektrisches Feld **58**
elektromagnetisches Feld 45
Elektrosensibilität **58**
Elektrosensitivität **58**
elektrostatisches Feld **58**
EMF **54**
Endlager Morsleben 19 , 27
Energiedosis **58**
Epidemiologie **58**
Erhöhte natürliche Radioaktivität 31
EURADOS 53
EURAMED 53
Euratom **54**
Euratom-Grundnormen 15 , 53

F

Fall-Kontroll-Studie **59**
Fall-out **59**
Fernfeld **59**
Flugpersonal 37
Flussfisch 24
FM **54**
Forschungszentrum 19 , 22 –24
Dresden-Rossendorf 22
Garching 22
Geesthacht 22
Jülich 22
Karlsruhe 22
Fortluft 19 –20 , 23 –24

Frequenz **59**

Fukushima 33

G

Gamma-Ortsdosisleistung 14 , 16

Gammastrahlung 14 , **59**

Gammasubmersion **59**

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
(GRS) 36

Gips 18

Globalstrahlung **59**

Granit 14

H

Heilbäder 38

Hochfrequenz 47 , **59**

Hochradioaktive Strahlenquellen 32

Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) 45 ,
54 , 59

Hot spots **59**

Hz **54**

I

IAEA **54**

IARC 47 , **54**

ICNIRP **55**

ICRP **55**

IMIS 16 , 33 , **55**

Induktion **59**

Industrie 15 , 31

Industrieprodukte 15 , 31

Influenz **60**

Infrarot-Strahlung **60**

Ingestion **60**

Inhalation 18 , **60**

Inkorporation 14 , **60**

Inkorporationsüberwachung 36

Interventionelle Radiologie **60**

Ionisierende Strahlung 39

ionisierende Strahlung (Begriff) **60**

Isotop **60**

J

Jod-129 22

Jod-131 20 , 22

Jülich 24

K

Kalium-40 14 , 17

Kalksandstein 18

Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe 19 , 22 , 24 –25

Kernkraftwerk 19 –22 , 25

Biblis 20

Brokdorf 20

Brunsbüttel 20

Emsland 20 , 24

Greifswald 20

Gundremmingen 20

Isar 20

Krümmel 20

Lingen 20

Neckar 20 , 24

Obrigheim 20

Phillipsburg 20

Rheinsberg 20

Stade 20

Unterweser 20

Würgassen 20

kerntechnische Anlagen 36

Kernwaffenversuche 32 , 34

Kleinkinder 22

Kohlenstoff-14 19 –20 , 22

Kohortenstudie **60**

Kollektivdosis **60**

Konsumgüter 32

Kontamination **60**

kosmetische Zwecke 45

kosmische Strahlung **60**

kosmogene Radionuklide 14 , **60**

kritische Organe 21

L

Lebensmittel 4 , 13 –14 , 17 , 21 , 32

Leukämie **60**

Linearer Energietransfer **60**

M

Machbarkeitsstudie 41 , **60**

Magnetfeld **61**

magnetische Feldstärke **61**

magnetische Flussdichte **61**

Main 24

Mammographie-Screening 40 –41

MEAL-Studie 17

Medianwert **61**

MELODI 53

Milch 32

MRT **55 , 61**

Myokardszintigraphie **61**

N

Nachweisgrenze **61**

Nahfeldexposition **61**

Nahrung 17

Neckar 24

NERIS 53

Neutronen 14

Neutronendosis 25

nichtionisierende Strahlung 5 , 45 , **61**
nicht-thermische Effekte

 siehe athermische Effekte

NIR **55**

Notfall 7

Notfallschutz 6

Nuklearmedizin **61**

Nuklearmedizinische Diagnostik 42

Nuklid **61**

O

optische Strahlung 49

Organdosis 21 , 29 , **61**

Ortsdosis **62**

Ortsdosisleistung **62**

P

Personendosimeter **62**

Personendosis 34 –35 , 37 –38 , **62**

Perzentil **62**

PET **55** , **62**

Pyranometer **62**

Q

Querschnittsstudie **62**

R

Radioaktive Stoffe

 im Haushalt 31

 in der Technik 31

Radioaktivität **62**

Radiojod **62**

Radium-226 15

Radon 17 , 19

 in der Bodenluft 17

 in Wasser 19

Radon-220 14

Radon-222 18

REI-Bergbau 29

Rhein 24

Risiko 45 , **62**

Risikokommunikation 47 , **62**

Risikowahrnehmung **62**

Röntgendiagnostik 39 , 41

Röntgenverordnung (RöV) **55**

Rubenow 25

Rückstände 30

Runder Tisch Elektromagnetische Felder (RTEMF) 48

S

Sachsen 14 –15

Sachsen-Anhalt 14

Schachtanlage Asse 19 , 27

Schauhöhlen 38

Schilddrüsendosis 22

Schwarzwald 14

Schwebstoffe 20 , **62**

Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber 47

Sendeleistung **62**

SI-Einheiten **63**

Sievert **63**

Signaltransduktion **63**

Solares UV-Monitoring 49

Solarien 52

Spezifische Absorptionsrate (SAR) 48 , **63**

stochastisch **63**

Störstrahler 32

Strahlenbelastung **63**

Strahlenexposition

 äußere - siehe externe 18

 berufliche 34

 externe 14 , 16 , 18

 im Freien - siehe externe

 in der Umgebung kerntechnischer Anlagen 21 , 29

 in der Umgebung von Kernkraftwerken 23

 innere 14 , 17

 kosmische 14 , 34

 medizinische 39 , 43

 natürliche 14 , 18 , 37

 obere Werte 21

 terrestrische 14

 zivilisatorische 19 , 34

Strahlenexposition (Begriff) **63**

Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) 5

Strahlenschutzkommission (SSK) 11 , 48 , **55**

Strahlenschutzregister 7 , 38

Strahlenschutzverordnung 2001 17 , 19 , 21 , 31 , 37

Stromnetzausbau 45 –46

T

Teletherapie **63**

Terrestrische Strahlung 14

terrestrische Strahlung 15 , **63**

Thorium-232 14

Thorium-Zerfallreihe 15

Thüringen 14 –15

Transportbehälterlager 25

Transportbehälterlager (TBL) **55**

Trinkwasser 17

Tritium 20 –23 , **63**

Tschernobyl 32

U

Umweltforschungsplan (UFOPLAN) 55

Umweltradioaktivität 29

Umweltzeichen „Blauer Engel“ 48

UNSCEAR 17 –18 , **55**

Uran-235 14

Uranbergbau 15
Uran-Radium-Zerfallsreihe 15 , 29 –30
UV-Index (UVI) **56**
UV-Schutz-Verordnung (UVSV) 52
UV-Strahlung **55 , 63**

W

Wasserwerke 38

WBA **56**
Wirbelstrom **63**
Wismut GmbH 29 , 38

Z

Zentralstelle des Bundes (ZdB) 5
Zwischenlager 25

