

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2013

Inhaltsverzeichnis	Seite
Auftrag	4
1. Zusammenfassung für die natürliche Strahlenexposition durch Radon, Nahrung, kosmische und terrestrische Strahlung	4
2. Zusammenfassung für die zivilisatorische Strahlenexposition durch Medizin, kerntechnische Anlagen, Bergbau, Industrie, Technik, Haushalt und Fallout	5
I. Natürliche Strahlenexposition	8
1. Arten natürlicher Strahlenquellen	8
2. Beiträge zur Strahlenexposition	10
2.1 Kosmische und terrestrische Strahlung	10
2.2 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien, Industrieprodukten und im Bergbau	10
2.3 Nahrungsmittel und Trinkwasser	11
2.4 Radon in Gebäuden	11
3. Bewertung der Komponenten der natürlichen Strahlenexposition	11
3.1 Äußere und innere Strahlenexposition	11
3.2 Baumaterialien	12
3.3 Radon	12
II. Zivilisatorische Strahlenexposition	13
1. Kernkraftwerke, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe	13
1.1 Jahresableitungen radioaktiver Stoffe	13
1.2 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition	16
2. Sonstige kerntechnische Anlagen	20
2.1 Zentrale und dezentrale Zwischenlager	20
2.2 Endlager	20
3. Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen	23
4. Umweltradioaktivität aus Bergbau und Sanierung durch die Wismut GmbH	23
5. Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung in Industrie und Technik, sowie im Haushalt	26

5.1	Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen	26
5.2	Hochradioaktive Strahlenquellen	26
5.3	Störstrahler	27
5.4	Konsumgüter und sonstige Anwendungen	27
6.	Rückstände aus Industrie und Bergbau mit erhöhter natürlicher Radioaktivität	27
7.	Fall-out durch Kernkraftwerksunfälle und durch Kernwaffenversuche ...	28
7.1	Tschernobyl	28
7.2	Fukushima	29
7.3	Kernwaffenversuche	30
III.	Berufliche Strahlenexposition	30
1.	Zivilisatorische Strahlenquellen	30
1.1	Personendosisüberwachung	30
1.2	Beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen	33
1.3	Inkorporationsüberwachung	34
2.	Natürliche Strahlenquellen	34
2.1	Flugpersonal	34
2.2	Arbeitsplätze mit erhöhter Radonexposition (Wasserwerke, Schauhöhlen, Heilbäder und Sanierungsbetriebe)	35
3.	Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse	36
IV.	Medizinische Strahlenexposition	37
1.	Röntgendiagnostik	37
2.	Nuklearmedizinische Diagnostik	40
3.	Therapie mit ionisierender Strahlung	41
4.	Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen	42
5.	Internationaler Vergleich	42
6.	Strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition ...	43
V.	Nichtionisierende Strahlung	43
1.	Elektromagnetische Felder	43
2.	Optische Strahlung	46
2.1	Forschung zur UV-Strahlung	46
2.2	Solares UV-Monitoring in Deutschland	46
2.3	Rechtliche Regelungen von Solarienbetrieben	49
2.4	Hautkrebspräventionsmaßnahmen	50
Anhang:		
	Verwendete Abkürzungen	51
	Erläuterung wichtiger Fachausdrücke	52
	Stichwortverzeichnis	60

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2013

Wesentliche Ergebnisse im Berichtsjahr

Gesamtbewertung der ionisierenden Strahlung

- Berechnete Gesamtexposition beträgt 4,0 mSv pro Person und Jahr (wie im Vorjahr)

Medizinische Strahlenexposition:

- Anzahl der Computertomographien pro Einwohner und Jahr zwischen 1996 und 2012 mehr als verdoppelt (Zunahme: 130%).
- Dadurch Anstieg der mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung durch Röntgen von 1996 bis 2012 auf ca. 1,8 mSv.

Berufliche Strahlenexposition:

- Mittlere Jahresdosis exponierter Personen von 0,53 mSv leicht über Vorjahresniveau (2012: 0,52 mSv).

Strahlenexposition des Flugpersonals:

- Wie im Vorjahr betrug die mittlere Jahresdosis 1,9 mSv.
- Höchste Jahresdosis des fliegenden Personals bei 6,2 mSv (2012: 6,4 mSv).

Register hochradioaktiver Strahlenquellen:

- Zunahme auf 31 000 registrierte Quellen (2012: 27 200) von 657 Genehmigungsinhabern (2012: 646)

Schachtanlage Asse:

- Strahlenexposition der Bevölkerung im Bereich des Vorjahres 2012 (ermittelt nach der AVV zu § 47 StrlSchV vom 28.08.2012).

Kernkraftwerksunfälle:

- Tschernobyl: Jährliche Abnahme der Cäsium-137-Inventare von Boden und Nahrungsmitteln aus dem Unfall um 2–3 % mit Ausnahme der Kontamination von Wild, die stellenweise immer noch sehr hoch ist.
- Fukushima: Im Berichtsjahr keine Radionuklidaktivitäten aus dem Unfall in Deutschland messbar.

Nichtionisierende Strahlung

- 26. Bundesimmissionsschutzverordnung novelliert
- „Low-Ozone-Event“ mit kurzzeitigem Anstieg der UV-Strahlung im April 2013

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, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Auftrag

Das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) vom 19. Dezember 1986 sieht die jährliche Berichterstattung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 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) zusammengefasst, aufbereitet und dokumentiert (§ 5 Absatz 1 und § 11 Absatz 7 StrVG).

Zusätzlich enthält dieser Bericht Informationen über den Bereich „nichtionisierende Strahlung“ (NIR).

Ausführlicheres Datenmaterial ist den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ (<https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2015060312762>) zu entnehmen.

Zusammenfassung für die ionisierende Strahlung

Der Bericht behandelt im Bereich der ionisierenden Strahlung folgende Themen:

- die natürliche Strahlenexposition infolge der Inhalation von Radon und seinen Zerfallsprodukten, die natürliche Strahlenexposition durch Nahrung sowie durch direkte kosmische und terrestrische Strahlung.
- die zivilisatorische Strahlenexposition durch medizinische Diagnostik (Röntgen und Nuklearmedizin), durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Forschung, Technik und Haushalt, die Auswirkungen von Unfällen in Kernkraftwerken und von Kernwaffenversuchen sowie die Strahlenexposition durch kerntechnische Anlagen, Zwischen- und Endlager.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die mittlere effektive Jahresdosis in diesen Bereichen.

Die mittlere effektive Dosis für eine Person der Bevölkerung durch die natürliche und die zivilisatorisch veränderte natürliche Strahlenexposition liegt zwischen 2 und 3 mSv pro Jahr. Rechnerisch ergibt sich für Erwachsene ein Wert von 2,1 mSv.

Bei der zivilisatorischen Strahlenexposition wurde der Dosisbeitrag durch die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin auf insgesamt etwa 1,9 mSv pro Jahr für röntgendiagnostische und nuklearmedizinische Untersuchungen abgeschätzt. Die Beiträge der anderen Strahlenquellen sind sehr gering. Die berechnete Gesamtexposition beträgt dadurch 4,0 mSv pro Jahr und Person.

Zusätzlich wird über die berufliche Strahlenexposition, die Strahlenexposition durch Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus der ehemaligen SDAG Wismut, über besondere Vorkommnisse beim Umgang mit ionisierender Strahlung und radioaktiven Stoffen, über hochradioaktive Strahlenquellen und die Freigabe schwach radioaktiver Stoffe berichtet. Die Strahlenexposition in diesen Bereichen betrifft einen eng umrissenen Personenkreis und wird deshalb nicht in die Aufstellung der über die Gesamtbevölkerung gemittelten Jahresdosis (**Abbildung 1**) einbezogen. Die Charakterisierung der beruflichen Strahlenexposition (siehe **Abbildung 2**) berücksichtigt sowohl natürliche als auch zivilisatorische Strahlenquellen.

1. Zusammenfassung für die natürliche Strahlenexposition durch Radon, Nahrung, kosmische und terrestrische Strahlung

Die natürliche Strahlenexposition durch ionisierende Strahlung setzt sich aus der kosmischen und der terrestrischen Komponente (Höhen- und Bodenstrahlung) sowie aus der Exposition durch die Aufnahme (Ingestion und Inhalation) natürlicher radioaktiver Stoffe in den Körper zusammen.

Kosmische und terrestrische Strahlung

Die kosmische Strahlung und die überall in der Umwelt vorkommenden natürlichen Radionuklide sind die Ursache der natürlichen Strahlenexposition. Zur jährlichen effektiven Dosis aus der äußeren Strahlenexposition tragen die kosmische Strahlung mit 0,3 mSv und die in den Böden, Gesteinen und in den Baumaterialien vorkommenden Radionuklide mit 0,4 mSv bei (**Abschnitt I.2.1**).

Nahrung

Aus der Inkorporation (Aufnahme) natürlicher Radionuklide mit der Nahrung ergibt sich bei durchschnittlichen Ernährungsbedingungen eine jährliche effektive Dosis von 0,3 mSv (**Abschnitt I.2.3**).

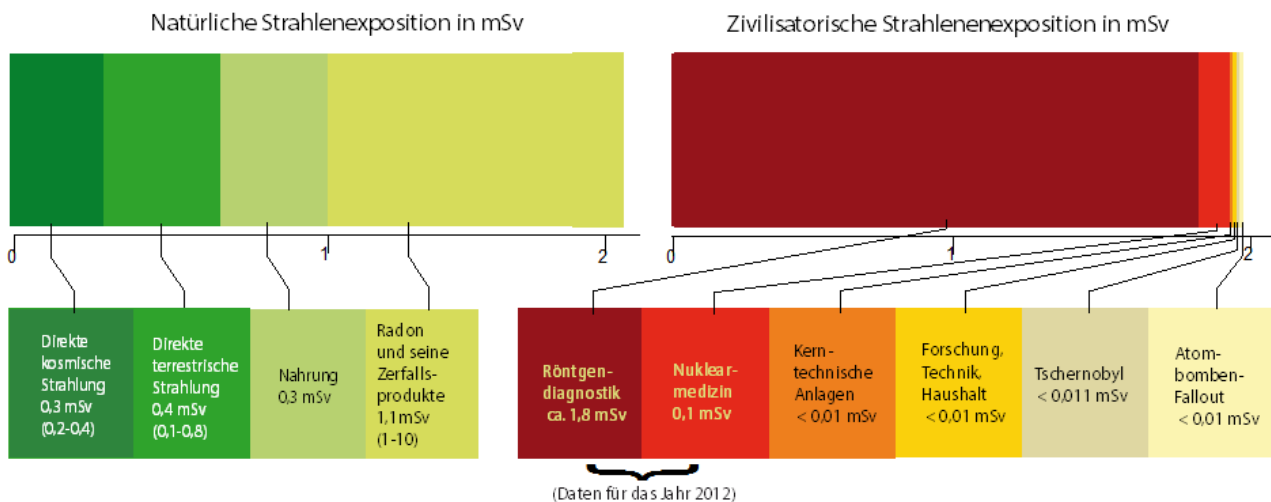
Radon

Veränderungen der Umwelt des Menschen durch technische Entwicklungen, die eine unbeabsichtigte Anreicherung natürlicher radioaktiver Stoffe zur Folge haben, führen zu einer zivilisatorisch bedingten Erhöhung der na-

türlichen Strahlenexposition. Insbesondere das radioaktive Edelgas Radon in Gebäuden führt zur Erhöhung der Exposition. Die Inhalation (Einatmung) von Radon und seiner kurzlebigen Zerfallsprodukte liefert den Hauptbeitrag zur natürlichen Strahlenexposition. Die jährliche effektive Dosis, die durch die Inhalation dieser Radionuklide entsteht, beträgt etwa 1,1 mSv, davon 0,9 mSv durch Aufenthalt in Gebäuden ([Abschnitt I.2.4](#)).

Abbildung 1

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in mSv im Jahr 2013, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands und aufgeschlüsselt nach Strahlenursprung



Gesamtbewertung der natürlichen Strahlenexposition

Insgesamt beträgt die jährliche effektive Dosis durch natürliche Strahlenexposition bei durchschnittlichen Bedingungen in Deutschland 2,1 mSv. Sie weist aber beträchtliche Unterschiede auf, die vor allem durch die geologische Beschaffenheit des Untergrundes, aber auch durch die Lebens- und Ernährungsgewohnheiten und die Höhe des Aufenthaltsortes verursacht werden.

Insbesondere die Strahlenexposition durch Radon und seine kurzlebigen Zerfallsprodukte in der Atemluft variiert bundesweit beträchtlich. Ursachen dafür sind die geologischen Bedingungen, aber auch Art und Zustand der Gebäude. Durch epidemiologische Untersuchungen ist nachgewiesen, dass eine erhöhte Strahlenexpositionen durch Radon eine Ursache für Lungenkrebs sein kann. Deshalb sollten die Radonkonzentrationen in Wohn- und Aufenthaltsräumen – soweit wie möglich – reduziert werden ([Abschnitt I.3](#)).

2. Zusammenfassung für die zivilisatorische Strahlenexposition durch Medizin, kerntechnische Anlagen, Bergbau, Industrie, Technik, Haushalt und Fallout

Die mittlere effektive Dosis der zivilisatorischen Strahlenexposition lag im Berichtsjahr bei ca. 1,9 mSv pro Einwohner und Jahr.

Die zivilisatorische Strahlenexposition der Bevölkerung resultiert aus Beiträgen kerntechnischer Anlagen, aus der Sanierung von Bergbauanlagen durch die Wismut GmbH, aus der Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in Medizin, Forschung, Technik und Haushalt sowie aus dem Fall-out von Kernwaffenversuchen in der Atmosphäre bis Anfang der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts.

Medizin

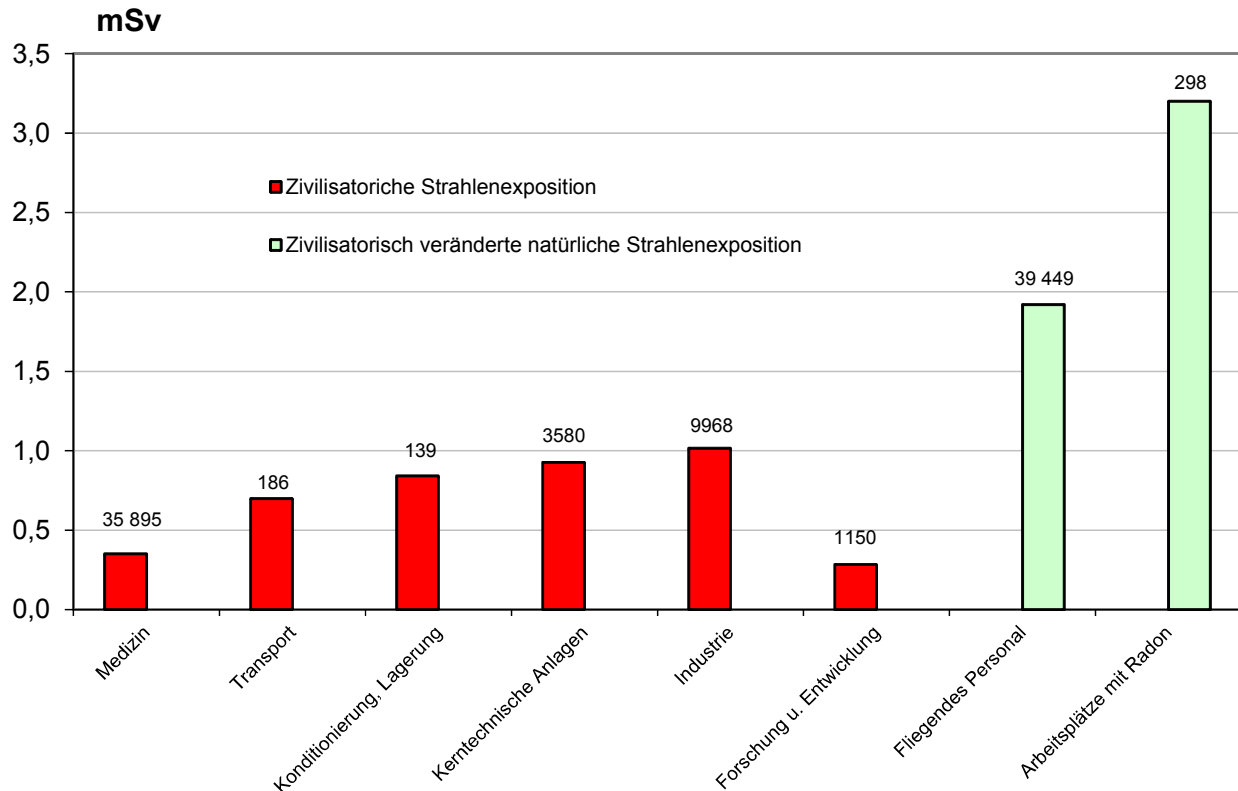
Der größte Beitrag zur zivilisatorischen Strahlenexposition wird durch die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin, insbesondere durch die Röntgendiagnostik, verursacht. Dieser Beitrag ist in den letzten Jahren angestiegen. Die aktuelle Schätzung für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner bezieht sich auf das Jahr 2012 und beträgt ca. 1,8 mSv für die Röntgendiagnostik und 0,1 mSv für die Nuklearmedizin ([Abschnitt IV](#)).

Kerntechnische Anlagen und Uranbergbau

Der Beitrag der Strahlenexposition durch Kernkraftwerke und sonstige kerntechnische Anlagen sowie durch die Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus und deren Sanierung durch die Wismut GmbH in der Bundesrepublik Deutschland zur mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung blieb auch im Jahr 2013 deutlich unter 1 % der ge-

Abbildung 2

Mittlere Jahrespersonendosis und Anzahl der beruflich strahlenexponierten Personen mit Jahresdosen > 0 mSv in Deutschland im Jahr 2013 in ausgewählten Tätigkeitsbereichen



samen zivilisatorischen Strahlenexposition. Sie ist also kleiner als 0,01 mSv ([Abbildung 1](#)). Dieser Wert ist eine obere Abschätzung unter sehr konservativen Annahmen. Die tatsächliche Strahlenexposition liegt deshalb in der Regel weit unterhalb dieses Wertes. Die Ableitungen radioaktiver Stoffe lagen bei allen kerntechnischen Anlagen unterhalb, bei den meisten weit unterhalb der genehmigten Jahreswerte ([Abschnitt II.1](#)).

Abschaltung von Kernkraftwerken

Mit Inkrafttreten des novellierten Atomgesetzes zum 6.8.2011 ist die weitere Berechtigung zum Leistungsbetrieb für die acht Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel erloschen.

Im novellierten Atomgesetz wurde festgelegt, dass die letzten Kernkraftwerke in Deutschland Ende 2022 außer Betrieb gehen sollen. Weitergehende Informationen zur Kernenergienutzung in Deutschland und zu den verbleibenden Elektrizitätsmengen können dem „Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2013“ des Bundesamtes für Strahlenschutz entnommen werden.¹

Forschung, Technik und Haushalt

Die Beiträge durch die Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in Forschung, Technik und Haushalt lagen unterhalb 0,01 mSv. „Haushalt“ beinhaltet Aspekte des Verbraucherschutzes, „Technik“ umfasst Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen ([Abschnitt II.5](#)).

Unfälle in Kernkraftwerken

Der Unfall im Atomkraftwerk Tschernobyl am 26. April 1986 verursachte auch im Jahr 2013 noch einen, wenn auch geringen Beitrag zur zivilisatorischen Strahlenexposition. Das Ereignis in Fukushima hatte 2013 dagegen keine messbaren Auswirkungen auf die Strahlenexposition in Deutschland ([Abschnitt II.7.2](#)).

¹ Bredberg I, Hutter J, Kühn K, Niedzwiedz K, Philippezyk F, Dose J: Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2013. BfS-SK-Bericht BfS-SK-23/14, [urn:nbn:de:0221-2014073111441](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2014073111441), Salzgitter, Juli 2014

Die durch den Unfall im Atomkraftwerk Tschernobyl resultierende mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung ging zwar von 0,11 mSv im Jahr 1986 auf weniger als 0,011 mSv im Jahre 2013 zurück, dennoch finden sich in Lebensmitteln (z. B. Pilze und Wildbret) aus einigen Waldgebieten immer noch stark erhöhte Cäsium-137-Werte. Regional treten Strahlenbelastungen auf, die bis zu einem Faktor 10 über dem o. g. Mittelwert liegen ([Abschnitt II.7.1](#)).

Kernwaffen-Fallout

Die Dosis durch die in großer Zahl bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts und letztmals im Jahr 1981 in der Atmosphäre durchgeführten Kernwaffenversuche ist weiterhin rückläufig; sie betrug 2013 weniger als 0,01 mSv ([Abschnitt II.7.3](#)).

Zusammenfassung der beruflichen Strahlenexposition

Die berufliche Strahlenexposition hat sich gegenüber dem Vorjahr geringfügig verändert ([Abschnitt III](#)). [Abbildung 2](#) gibt einen Überblick über die Strahlenexposition der exponierten Personen, aufgeschlüsselt nach Tätigkeitsbereichen. Über den Säulen ist zusätzlich die Anzahl der betroffenen Personen vermerkt.

Die Zahl der Personen, die mit Dosimetern beruflich strahlenschutzüberwacht werden, betrug im Jahr 2013 ca. 355 000. Von den Überwachten erhielten ca. 50 000 Personen eine messbare Dosis. Die mittlere Jahrespersonendosis der exponierten Personen betrug 0,53 mSv und liegt damit leicht über dem Wert des Vorjahres (0,52 mSv).

Zivilisatorisch veränderte, natürliche berufliche Strahlenexposition

Seit 1. August 2003 ist Luftfahrtpersonal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von mindestens 1 Millisievert (mSv) im Kalenderjahr erhalten kann, überwachungspflichtig. Das Flugpersonal wird nicht mit Dosimetern überwacht, die Luftfahrtgesellschaften ermitteln stattdessen die Dosis für das fliegende Personal mit amtlich zugelassenen Rechenprogrammen. Hiervon waren 39 500 Personen im Jahr 2013 betroffen (Vorjahr: ca. 39 700). Die mittlere Jahresdosis dieser Beschäftigten betrug 1,9 mSv (Vorjahr: 1,9 mSv). Dieser Rückgang wurde hauptsächlich durch die abnehmende Höhenstrahlung, die von der variierenden Sonnenaktivität beeinflusst wird, verursacht.

Im Jahr 2013 wurden 298 Personen an Arbeitsplätzen mit erhöhter Radonexposition überwacht (Schauhöhlen, Wassergewinnung, Beschäftigte der Wismut GmbH). Die mittlere Jahresdosis dieser Personen betrug 3,2 mSv (Vorjahr 3,0 mSv) ([Abschnitt III.2.2](#)).

Zusammenfassung für die nichtionisierende Strahlung

Nichtionisierende Strahlung ist der Oberbegriff für den Teil des elektromagnetischen Spektrums, dessen Energie nicht ausreicht, um andere Atome zu ionisieren. Dazu gehören die statischen Magnetfelder (z. B. Erdmagnetfeld), niederfrequente elektrische und magnetische Felder (z. B. Stromversorgung) und hochfrequente elektromagnetische Felder (z. B. Mobilfunk) sowie die optische Strahlung (Ultraviolette Strahlung, sichtbares Licht, Infrarot).

Statische Felder

Statische Magnetfelder werden z. B. in der medizinischen Diagnostik eingesetzt. Für den Strahlenschutz relevant ist hier die Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT), da das betreuende medizinische Personal und die Patienten unter Umständen starken statischen Magnetfeldern ausgesetzt werden ([Abschnitt V.1](#)).

Niederfrequente Felder

Gegenstand wissenschaftlicher Forschung im Hinblick auf die Exposition der Allgemeinbevölkerung mit niederfrequenten Feldern waren auch 2013 die Fragen

- Sind die in den durch die Internationale Kommission zum Schutz vor Nichtionisierender Strahlung (ICNIRP, www.icnirp.de) aktualisierten Richtlinien zur Begrenzung der Exposition gegenüber niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern neu eingeführten Basiswerte konservativ?
- Wie können Expositionssituationen auf Basis der neuen Richtlinien dosimetrisch untersucht und bewertet werden?

Bei beruflicher Exposition mit starken niederfrequenten Magnetfeldern deuten epidemiologische Studien auf ein erhöhtes Risiko für neurodegenerative Erkrankungen (Alzheimer-Demenz, amyotrophe Lateralsklerose) hin. Eine 2012 begonnene Studie, ob diese neurodegenerativen Erkrankungen tatsächlich ursächlich mit niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern zusammenhängen und welche Wirkmechanismen zu Grunde liegen könnten, wurde 2013 abgeschlossen ([Abschnitt V.1](#)).

Leukämie im Kindesalter

Epidemiologischen Studien zufolge erhöhen niederfrequente Magnetfelder das Risiko an Leukämie im Kindesalter zu erkranken. Da bei der Entstehung dieser Erkrankung von einem multifaktoriellen Geschehen ausgegangen wird, wurden auf Basis einer breit angelegten, international abgestimmten Forschungsagenda vom BfS Forschungsarbeiten mit dem Ziel initiiert, den möglichen Einfluss schwacher niederfrequenter Magnetfelder und ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich abzuklären. 2013 wurden die Ergebnisse vorgestellt und diskutiert ([Abschnitt V.1](#)). Zum Verständnis für die Ursachen von Leukämie im Kindesalter, aber auch zu Krebs im Allgemeinen, besteht grundsätzlich weiterer Forschungsbedarf.

Hochfrequente Felder

In Bezug auf gesundheitliche Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung hat das Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm (DMF) Hinweise auf mögliche Effekte unterhalb der Grenzwerte nicht bestätigt. Weiterer Forschungsbedarf besteht noch hinsichtlich möglicher Langzeitriskiken für Handynutzungszeiten über 10 Jahre. Auch der Frage, ob ein früher Beginn der Handynutzung mit Risiken verbunden ist, wird weiter nachgegangen. Zusätzlich wurden seit 2012 wissenschaftliche Studien zu Wissensmanagement und Risikokommunikation speziell für den Bereich Mobilfunk gefördert, anteilig mitfinanziert durch die Mobilfunkbetreiber im Rahmen ihrer Selbstverpflichtung. Des Weiteren wurden Forschungsvorhaben zur Risikobewertung von Feldern des TETRA-Standards durchgeführt, finanziert durch die Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS). 2013 wurde eine Probandenstudie zum Einfluss des BOS-Funks auf das Gehirn abgeschlossen ([Abschnitt V.1](#)).

Optische Strahlung

Im Bereich "Optische Strahlung" war auch 2013 die Hautkrebsprävention ein Schwerpunktthema. Am 1. Januar 2012 trat die auf dem "Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen" (NiSG) beruhende "Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher ultravioletter Strahlung" (UVSV) für Solarien in Kraft. Die Kontrolle der Einhaltung der rechtlichen Vorgaben liegt bei den Bundesländern, für die das BfS 2013 mit Unterstützung des BMUB Informationsveranstaltungen bezüglich der durchzuführenden Kontrollen anbot. Zur Aufklärung und mit dem Ziel einer nachhaltigen Hautkrebsprävention informierte das BfS die Öffentlichkeit über die herrschende UV-Bestrahlungsintensität (Messung und Veröffentlichung des UV-Index) und führte ergänzt durch überregionale Lehrerfortbildungen seine Informationskampagne "Sonne - Aber sicher!" weiter. Des Weiteren bemühte sich das BfS zusammen mit dem 2011 durch das BfS ins Leben gerufene UV-Schutz-Bündnis um eine Harmonisierung der Empfehlungen verschiedener fachlicher Akteure in Deutschland zum Thema "UV-Exposition im Zusammenhang mit Vitamin-D-Bildung" ([Abschnitt V.2](#)).

I. Natürliche Strahlenexposition

1. Arten natürlicher Strahlenquellen

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

Äußere Strahlenexposition

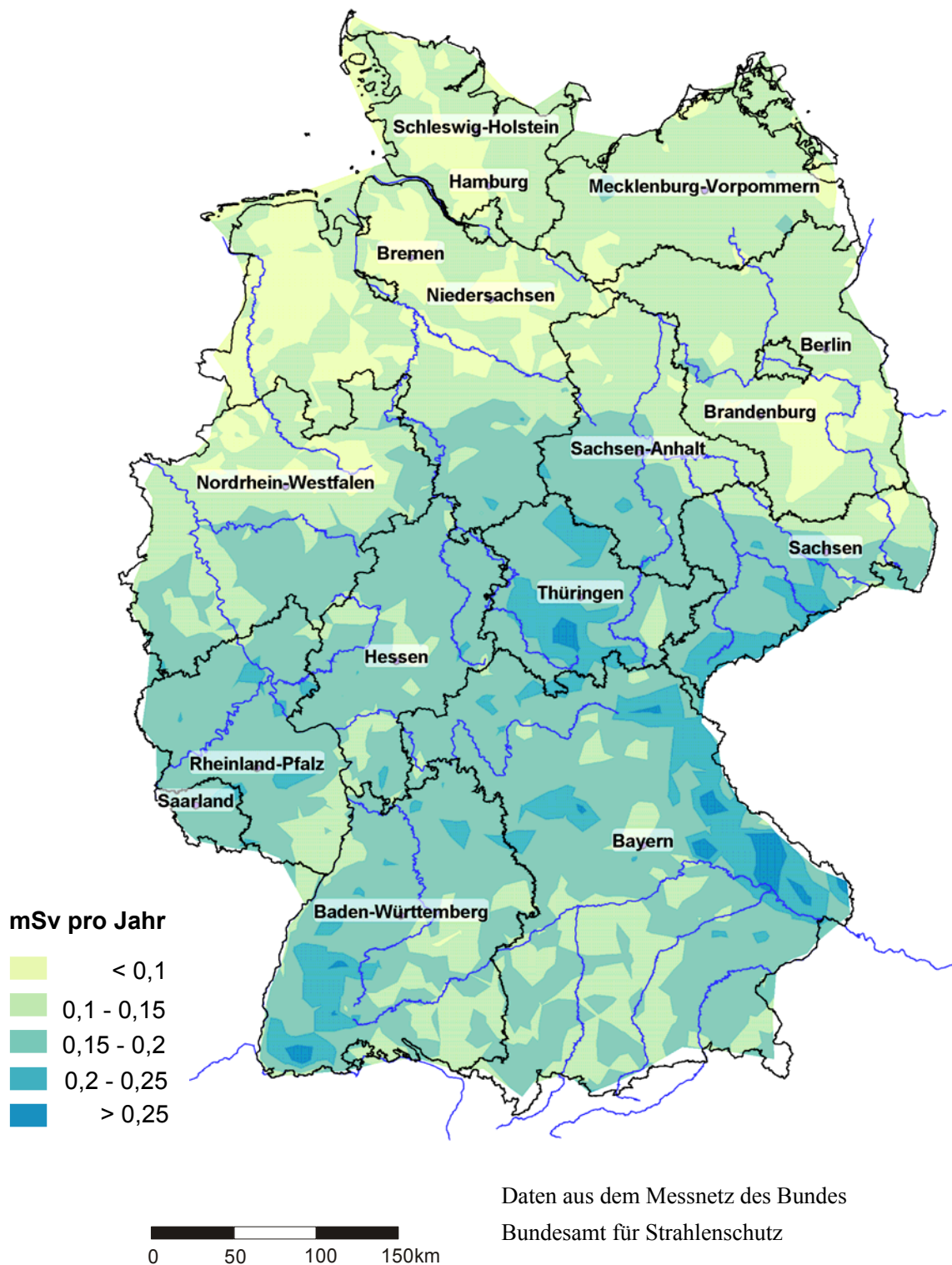
Zur äußeren Strahlenexposition trägt neben der aus dem Weltall stammenden kosmischen Strahlung die Gammastrahlung bei, die von den in Böden, Gesteinen und Baumaterialien vorkommenden Radionukliden ausgeht und als terrestrische Strahlung bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um Radionuklide aus der Uran-238-,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

Innere Strahlenexposition

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

Abbildung I.2-1

**Externe Strahlenexposition im Freien im Jahr 2013 in Deutschland
beim Aufenthalt von täglich 5 Stunden
(abgeleitet aus der Gamma-Ortsdosisleistung in Bodennähe)**



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 1500 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.

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

[Abbildung I.2-1](#) 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 einen Anteil von 40 nSv/h, die kosmische Strahlung 32 nSv/h zur effektiven Dosis bei. Bei einem mittleren Aufenthalt von 5 Stunden pro Tag im Freien ergibt die Summe dieser beiden Werte pro Jahr im Mittel 0,13 mSv.

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

In Gebäuden wird die äußere Strahlenexposition durch den Gehalt an Radionukliden in den verwendeten Baustoffen bestimmt ([Abschnitt I.2.2](#)). 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 1](#)).

2.2 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien, Industrieprodukten und im Bergbau

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

Vor dem Hintergrund der neuen EURATOM-Grundnormen zum Strahlenschutz und den Regelungen zu den von Baustoffen ausgehenden Gammastrahlungen, wurde in einem Projekt in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V. (bbs) die Nuklidkonzentration und Radonexhalation von über 100 in Deutschland aktuell üblichen, repräsentativen Innenraumprodukten untersucht. Die Spannweite der Ergebnisse der mas-sespezifischen Aktivitätsmessungen in den Baustoffen ist in den [Jahresberichten](#) des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ zusammengefasst.

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

2.3 Nahrungsmittel und Trinkwasser

Die innere Strahlenexposition durch Ingestion von Nahrungsmitteln wird überwiegend durch den Kaliumgehalt des Körpers bestimmt, der zu einem bestimmten Anteil aus Kalium-40 besteht. Er ist auf Grund spezieller biologischer Regelmechanismen konstant und variiert nicht 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 0,165 mSv.

Für die übrigen Radionuklide hängt die innere Strahlenexposition von der Aufnahme der Radionuklide mit der Nahrung ab und wird entsprechend ermittelt. Auf Grund der unterschiedlichen geologischen Bedingungen variieren die Gehalte natürlicher Radionuklide in den Umweltmedien und deshalb auch in den Nahrungsmitteln. Für die mittleren Verhältnisse in Deutschland wird in Anlehnung an den UNSCEAR-Report 2008² 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. Die Ergebnisse des BfS-Trinkwasser-Messprogrammes finden sich im Bericht für das Jahr 2009 und unter www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/lebensmittel/trinkwasser/trinkwasser.html.

2.4 Radon in Gebäuden

Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben wurden in den vergangenen Jahren Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft und in Gebäuden durchgeführt. Der Jahresmittelwert der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen liegt in Deutschland bei 50 Bq/m³. Dies entspricht bei einer durchschnittlichen Aufenthaltszeit in den Räumen von ca. 19 Stunden pro Tag einer mittleren jährlichen effektiven Dosis von ca. 0,9 mSv. In Einzelfällen wurden Höchstwerte von bis zu 10 000 Bq/m³ festgestellt. Bereits bei Radonkonzentrationen über 100 Bq/m³ zeigt sich eine signifikante Erhöhung des Lungenkrebsrisikos um etwa 10 % pro 100 Bq/m³. Welche Radonkonzentrationen in einzelnen Gebäuden anzutreffen sind, hängt vom geologischen Untergrund am Gebäudestandort und der Radondichtheit der Gebäudehülle ab, da in den überwiegenden Fällen das in der Bodenluft vorkommende und durch erdberührende Wände und die Bodenplatte in das Haus eindringende geogene Radon die Ursache für eine erhöhte Radoninnenraumkonzentration ist.

In den Regionen mit einer Bodenluftkonzentration von mehr als 20 kBq/m³ sind Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Innenraumluft zu empfehlen, um die tatsächliche Strahlenexposition betroffener Personen durch Radon bewerten und gegebenenfalls angemessene Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Bei der Planung neuer Gebäude sind Maßnahmen zur Begrenzung des Radoneintritts aus dem Boden in das Gebäude in Betracht zu ziehen, deren Umfang sich an den Standortbedingungen orientieren sollte. Bei der Bauausführung ist besonderes Augenmerk auf die dichte Verbindung der einzelnen Elemente des Feuchteschutzes sowie die fachgerechte Abdichtung von Rohr- und Leitungsdurchführungen zu legen. Insbesondere bei Radonkonzentrationen in der Bodenluft von über 100 kBq/m³ ist auch bei neu errichteten Gebäuden ohne Radonschutzmaßnahmen häufig mit Radonkonzentrationen über 100 Bq/m³ zu rechnen. Die [Tabelle I.2-1](#) zeigt die auf der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft beruhende Abschätzung (Stand 2007) der Anzahl von Ein- und Zweifamilienhäusern mit Radonaktivitätskonzentrationen in Aufenthaltsräumen oberhalb von 100 Bq/m³.

Tabelle I.2-1

Geschätzte Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser mit Radonkonzentrationen über verschiedenen Schwellenwerten in Aufenthaltsräumen

Radonkonzentration in Bq/m ³	Relative Häufigkeit in %	Anzahl
> 100	10 - 12	1 300 000 - 1 600 000
> 200	1,6 - 3,1	220 000 - 420 000
> 400	0,3 - 0,9	40 000 - 140 000
> 1000	0,03 - 0,2	4 000 - 25 000

3. Bewertung der Komponenten der natürlichen Strahlenexposition

3.1 Äußere und innere Strahlenexposition

Wie im [Abschnitt I.2.1](#) dargestellt, beträgt der Mittelwert für die äußere Strahlenexposition mit Beiträgen für den Aufenthalt im Freien und in Häusern 0,7 mSv. 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.

² 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

Abbildung 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 2008² wird für die durchschnittlichen Verhältnisse weltweit ein Wert von 2,4 mSv angegeben.

Die natürlichen Radionuklide in Baumaterialien und vor allem das Rn-222, das aus dem Baugrund in die Gebäude gelangt, 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 I.3.2 und Abschnitt I.3.3 gegeben.

3.2 Baumaterialien

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

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

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

Die Ergebnisse des aktuellen Untersuchungsprogramms des BfS zur Radioaktivität von Baustoffen für Innenräume in Deutschland haben gezeigt, dass deren Beitrag zur externen Strahlenexposition in der Regel deutlich kleiner als der von der EU dafür vorgesehene Bewertungsmaßstab von 1 mSv pro Jahr ist. 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 der gegenwärtig in Überarbeitung befindlichen EURATOM-Grundnormen zum Strahlenschutz und den „Basic Safety Standards (BSS)“ der IAEA werden künftig auch in Deutschland Regelungen getroffen, um nicht nur die Strahlenexposition durch Zusätze bestimmter industrieller Rückstände auf Werte unterhalb 1 mSv/a, sondern auch den Beitrag bereits natürlicherweise in den Ausgangsstoffen vorhandener Radioaktivität zu begrenzen.

3.3 Radon

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

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

Im Jahr 2005 startete die Weltgesundheitsorganisation (WHO) ein internationales Radonprojekt, um die Gesundheitsaspekte einer Radonexposition zu analysieren und Empfehlungen für Messungen und Sanierungen sowie Leitfäden zur administrativen Regelung in den Mitgliedsstaaten zu formulieren. Als Ergebnis dieser weltweiten Betrachtung weist die WHO im 2009 veröffentlichten WHO-Radonhandbuch³ wiederholt darauf hin, dass Radon ein wichtiges Gesundheitsproblem darstellt und für den Menschen krebserregend ist. Ferner wird festgestellt, dass die Unsicherheit bei der Risikoabschätzung geringer ist als bei anderen krebserregenden Stoffen. In diesem Handbuch wird empfohlen, die Radonkonzentration möglichst auf unter 100 Bq/m³ zu begrenzen. Wo dies nicht möglich ist, wird ein Referenzwert von höchstens 300 Bq/m³ empfohlen. Bei Neubauten sind Maßnahmen einzusetzen, die zu einer Konzentration deutlich unter 100 Bq/m³ führen sollten.

³ WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, 2009, http://wholibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf

Eine Zusammenstellung wichtiger Innenraumschadstoffe als Teil der neuen Leitlinien zur Raumluftqualität wurde im Jahr 2010 von der WHO veröffentlicht. In dieser Zusammenfassung wird Radon als Innenraumschadstoff aufgeführt. Das aus den epidemiologischen Studien abgeleitete zusätzliche Lebenszeitrisko in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, beträgt im Alter von 75 Jahren $0,6 \cdot 10^{-5}$ pro Bq/m³ Radonkonzentration, d.h. sechs Fälle pro einer Million Betroffener für lebenslange Nichtraucher bzw. $15 \cdot 10^{-5}$ pro Bq/m³ (für Raucher). Das Risiko für Ex-Raucher liegt dazwischen und verringert sich mit zunehmender Abstinenzdauer. Die Radonkonzentration, die mit einem zusätzlichen Lebenszeitrisko von 1 pro 100 oder 1 pro 1000 einhergeht, beträgt dementsprechend 67 Bq/m³ bzw. 6,7 Bq/m³ für Raucher und 1670 Bq/m³ bzw. 167 Bq/m³ für lebenslange Nichtraucher.

Im Jahr 2010 wurde im Auftrag des BfS für Deutschland erstmalig eine Kosten-Nutzen-Analyse mit unterschiedlichen potenziellen Regelungsszenarien durchgeführt⁴. Es wurden verschiedene Szenarien untersucht, die in bauliche Sanierungsmaßnahmen bei bestehenden Gebäuden und das radonsichere Errichten von Neubauten unterteilt wurden. Zudem gingen unterschiedliche Eingriffsniveaus von 100, 200 und 400 Bq/m³ Innenraumluft, die Unterscheidung nach freiwilligen und verpflichtenden Maßnahmen sowie unterschiedliche regionale Ebenen in die Berechnung ein. Der Interventionseffekt wurde in Form verminderter Lungenkrebserkrankungen und gewonnener qualitätsadjustierter Lebensjahre (QALY) dargestellt. Aus der Perspektive der durch etablierte Methoden ermittelten Kosteneffektivität ist festzustellen, dass für Deutschland allgemein die Sanierung bestehender Gebäude mit einem verpflichtenden Eingriffswert von 100 Bq/m³ mit anschließender Erfolgskontrolle die geringsten Kosten verursacht. Für Radon-Hochrisiko-Gebiete ist das radonsichere Bauen hingegen vorzuziehen.

II. Zivilisatorische Strahlenexposition

1. Kernkraftwerke, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

1.1 Jahresableitungen radioaktiver Stoffe

Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser der Kernkraftwerke, der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht, Berlin, Garching (Tabelle II.1-1), sowie der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe, der Forschungsreaktoren, des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben und der Schachtanlage Asse II für das Jahr 2013 sind getrennt nach Fortluft und Abwasser angegeben. In den Aktivitätsableitungen der Forschungszentren sind die Emissionen der dort betriebenen Leistungs- und Forschungsreaktoren enthalten. Aus den für 2013 ermittelten Aktivitätsableitungswerten geht hervor, dass die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die jährlichen Emissionen in allen Fällen eingehalten wurden (Kernkraftwerke: Abbildungen II.1-1, II.1-2 und II.1-3; Forschungszentren: Abbildungen II.1-4 und II.1-5; Morsleben und Asse: Abbildung II.2-2).

Tabelle II.1-1

Kerntechnische Forschungseinrichtungen in Deutschland

Einrichtung	Standort
Karlsruher Institut für Technologie (KIT, bisher Forschungszentrum Karlsruhe)	Karlsruhe
Forschungszentrum Jülich	Jülich
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)	Rossendorf
Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf (VKTA)	Rossendorf
GKSS-Forschungszentrum	Geesthacht
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (bisher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI)	Berlin
Forschungsneutronenquelle Heinz-Maier-Leibnitz (FRM I+II)	Garching

Die aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen berechneten Werte der Strahlenexposition der Bevölkerung sind in Abschnitt II.1.2 zusammengefasst. Weiterhin wird der Beitrag ausländischer kerntechnischer Anlagen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bun-

⁴ Egblomassé-Roidl C. Gesundheitsökonomische Betrachtung zu Radonsanierungsmaßnahmen. In: Bernhard-Ströl C, Gödde R, Hachenberger C, Löbke-Reinl A, Schmitt-Hannig A (Hrsg.). Strahlenschutzforschung - Programmreport 2010. Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich begleitete und administrativ umgesetzte Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BfS-SCHR-49/11, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201111236640>, Salzgitter 2011

Abbildung II.1-1

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2013
Schwebstoffe und Jod-131

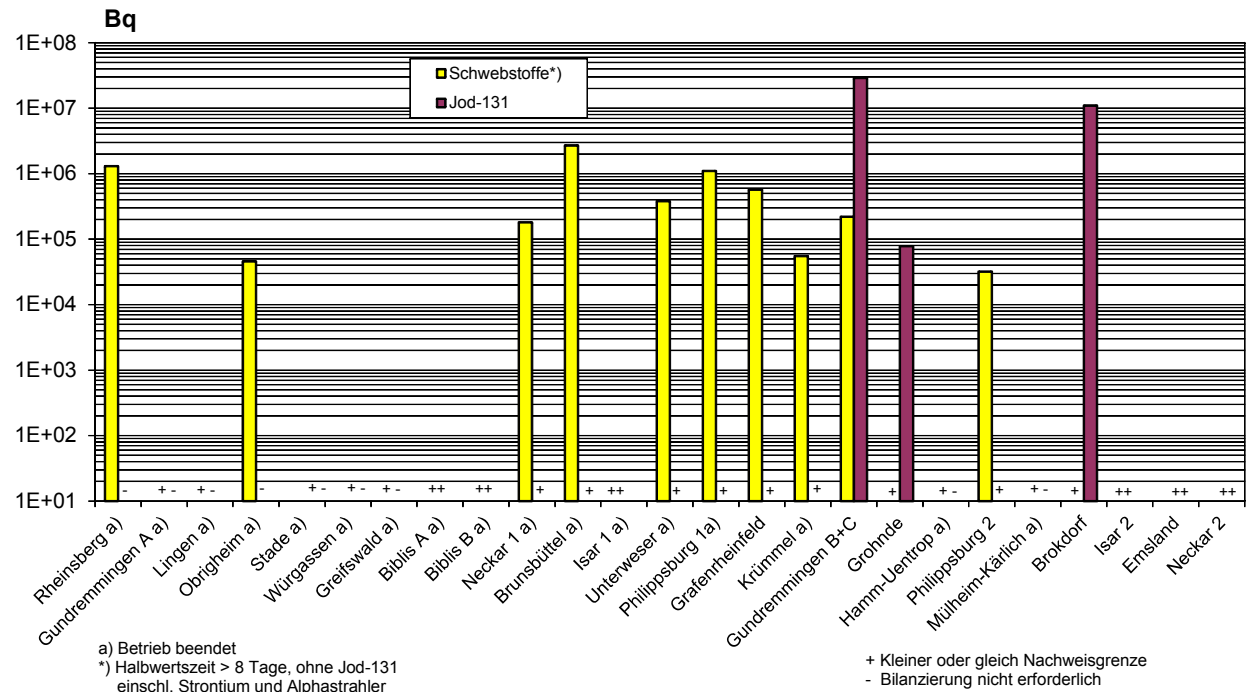


Abbildung II.1-2

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2013
(C-14)O₂, Tritium und Edelgase

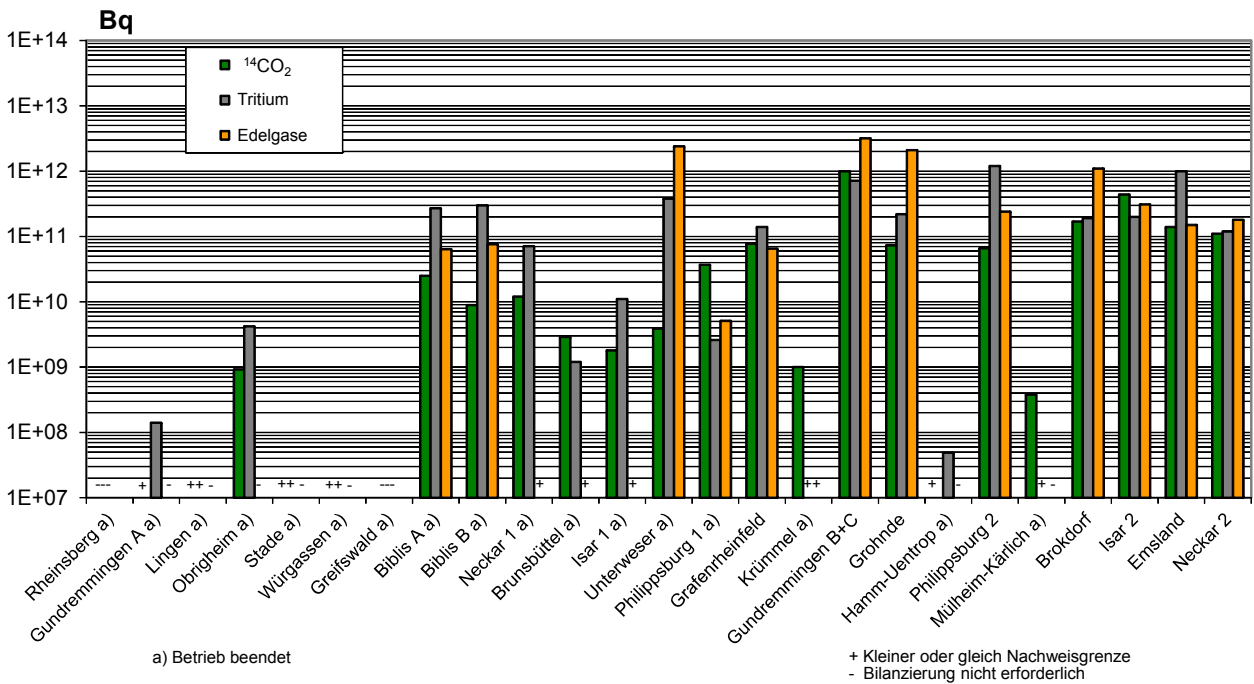
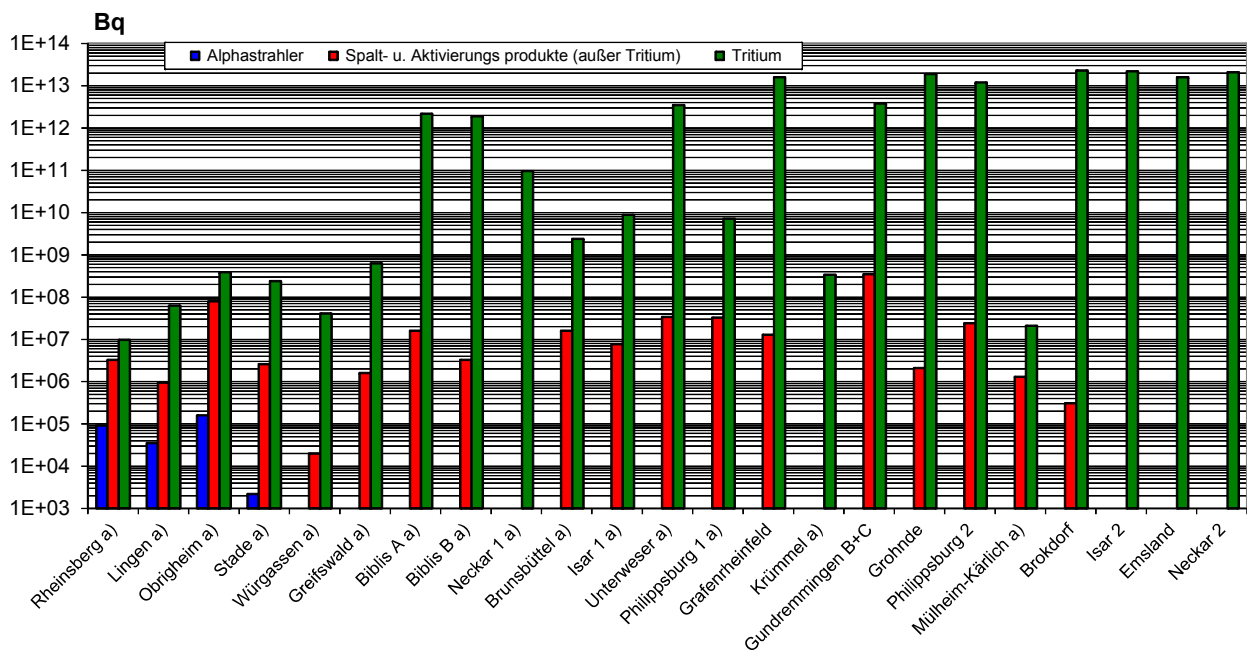


Abbildung II.1-3

Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken im Jahr 2013 Alphastrahler, Summenwerte und Tritium



a) Betrieb beendet

Ist kein Wert angegeben, liegt die Aktivitätsableitung unterhalb der Nachweisgrenze

des Bundesrepublik Deutschland ermittelt (siehe Übersicht in den [Jahresberichten](#) des BMUB 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" (ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/publications_en.htm). Die jährlichen Emissionen der Schweizer Anlagen werden im Strahlenschutzbericht 2013 des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ENSI veröffentlicht (www.ensi.ch).

Bei den in Betrieb befindlichen zentralen Zwischenlagern für bestrahlte Brennelemente wie dem Transportbehälterlager (TBL) Ahaus, dem TBL Gorleben⁵ sowie dem Zwischenlager Nord (Rubenow bei Greifswald) treten im Normalbetrieb keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf.

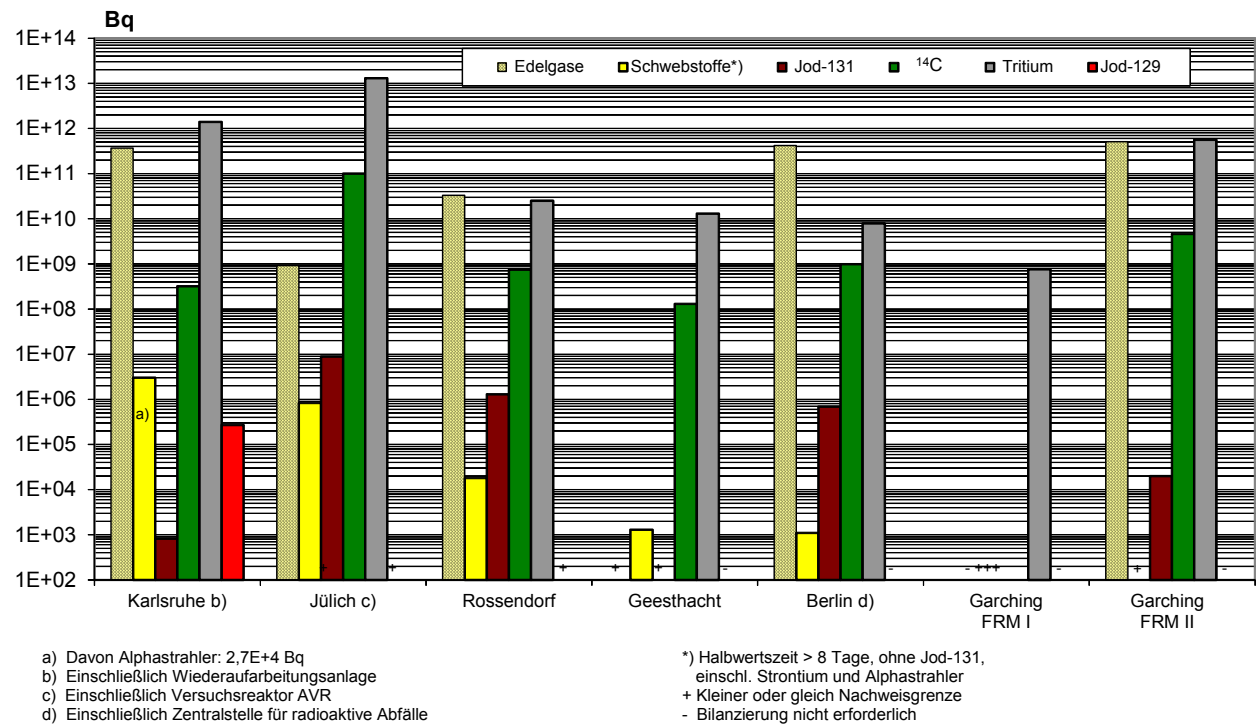
Dasselbe gilt auch für die in Betrieb befindlichen dezentralen Standort-Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten. Daher ist die hieraus resultierende Strahlenbelastung der Bevölkerung vernachlässigbar gering. Messbar ist je nach Lagerbelegung lediglich die Dosis bzw. Dosisleistung der Gamma- und Neutronenstrahlung in unmittelbarer Nähe dieser Anlagen. Sie wird zusammen mit der Direktstrahlung der entsprechenden Kernkraftwerksanlage erfasst. [Abbildung II.2-1](#) zeigt eine Übersicht über die in Betrieb befindlichen Zwischenlager in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2013. Bei Einrichtungen wie z. B. Abklingbecken für Brennelemente oder Anlagen zur Abfallkonditionierung, die sich innerhalb von Kernkraftwerken, Forschungszentren und sonstigen kerntechnischen Betrieben befinden und in deren Fortluftführung bzw. Fortluftplan und ggf. Abwasserbehandlung einbezogen sind, werden die Emissionen ebenfalls in den bilanzierten Ableitungen des jeweiligen Standortes erfasst und bei der Ermittlung der Strahlenexposition der Bevölkerung berücksichtigt.

Die für das Jahr 2013 ermittelten Daten über die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen dienen als Grundlage für die Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der einzelnen Anlagen. Diese Berechnung wurde entsprechend der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV): Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen“ durchgeführt. Beim Endlager Morsleben wurde das Partikelmodell ARTM (Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell) verwendet.

⁵ Das TBL Gorleben ist zusätzlich für die Aufbewahrung hochradioaktiver Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken genehmigt.

Abbildung II.1-4

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren im Jahr 2013
Schwebstoffe, Jod-131 und Jod-129, C-14, Tritium und Edelgase



C-14 (Kohlenstoff-14) wird in [Abbildung II.1-2](#) in Form von radioaktivem Kohlenstoffdioxid angegeben. Kohlenstoffdioxid gelangt über Assimilation in die Nahrungskette und führt damit zu einer Ingestionsdosis. Besonders aus Druckwasserreaktoren wird zusätzlich organisch gebundenes C-14 abgeleitet, dessen Dosisbeitrag aber vernachlässigbar ist, weil organisch gebundenes C-14 nicht über Assimilation in die Nahrungskette gelangt. Die Gesamtsumme an abgeleitetem C-14 über die Fortluft im Jahr 2013 beträgt an den in [Abbildung II.1-2](#) aufgeführten Standorten $3,3 \cdot 10^{12}$ Bq und liegt dabei etwas unter dem Vorjahreswert von $3,5 \cdot 10^{12}$ Bq.

Tabelle II.1-2

Ableitung radioaktiver Stoffe (Alphastrahler) mit Fortluft und Abwasser sowie Direktstrahlung*
aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben im Jahr 2013

Betrieb	Fortluft	Abwasser	Gamma-Ortsdosis	Neutronen-Ortsdosis
	Aktivität in Bq		mSv/a	mSv/a
ANF GmbH Lingen	$< 1,5 \cdot 10^4$	-	0,61 (MP 4)	$< 0,05$ (alle MP)
URENCO GmbH Gronau	$4,4 \cdot 10^4$	$3,1 \cdot 10^3$	0,87 (MP 5)	0,06 (MP 3, I. HJ) 0,07 (MP 9, II. HJ)

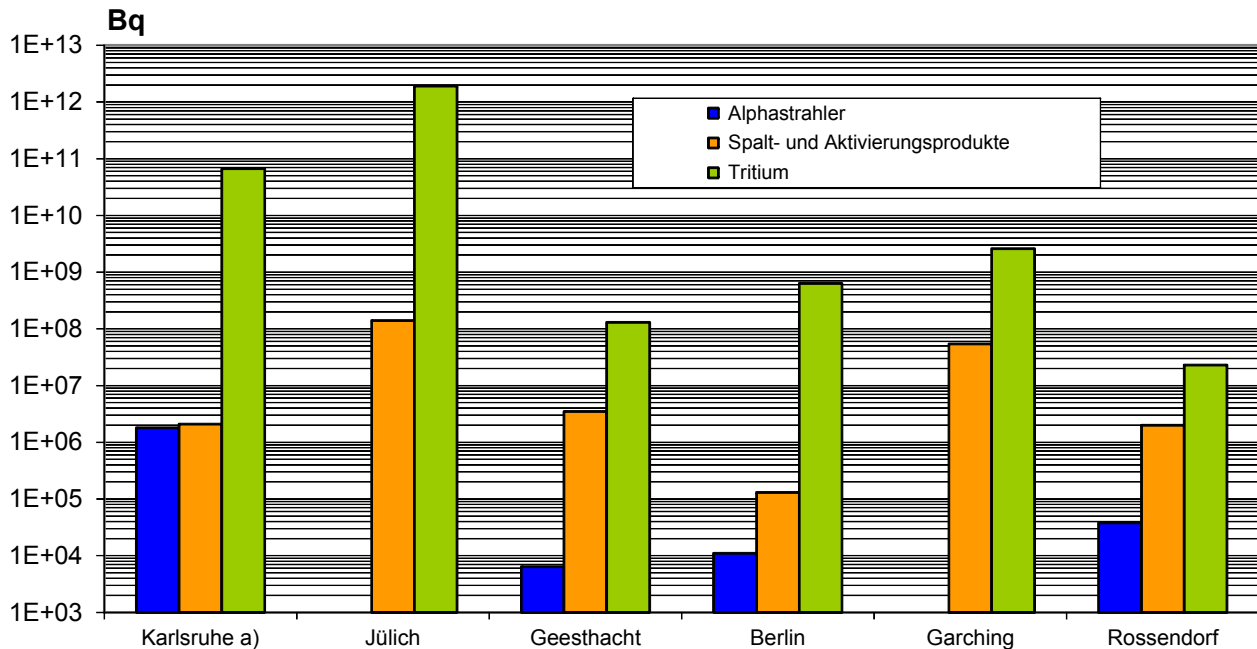
* höchster gemessener Wert des Betreibers am Anlagenzaun einschließlich des natürlichen Untergrundes
MP = Messpunkt, HJ = Halbjahr, < = kleiner Nachweisgrenze
Ist kein Wert angegeben, liegt die Aktivitätsableitung unterhalb der Nachweisgrenze

1.2 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition

Die in den Abbildungen [II.1-6](#), [II.1-8](#) und [II.1-7](#) angegebenen Expositionswerte für die kerntechnischen Anlagen sowie für das Endlager Morsleben und die Schachanlage Asse stellen obere Werte dar, da sie gemäß § 47 Absatz 2 StrlSchV für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen ermittelt wurden. Die Referenzperson ist eine fiktive Person, für die in der Strahlenschutzverordnung (Anlage VII, Teil A bis C) die zu berücksichtigten-

Abbildung II.1-5

Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren im Jahr 2013
Alphastrahler, Summenwerte und Tritium



a) Einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage

Ist kein Wert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze

den 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. Nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 μSv , die Schilddrüsendosis höchstens 900 μSv und die Knochenoberflächendosis höchstens 1800 μSv pro Jahr betragen.

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

Kernkraftwerke

Abbildung II.1-6 enthält die Ergebnisse aus der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahr 2013 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 % des zulässigen Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) beim Standort Gundremmingen sowie für Kleinkinder 5 μSv (unter 2 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV). Der größte berechnete Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 5 μSv (unter 1 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) ebenfalls für Gundremmingen. Diese maximalen Werte sind gegenüber dem Vorjahr etwas angestiegen.

Forschungszentren

Die in Abbildung II.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, Geesthacht und Berlin. Die Ergebnisse können von der Fortluft-Leitstelle ggf. plausibilisiert werden. Die Abbildung weist für die effektive Dosis im Jahr 2013 als höchsten Wert 8 μSv (unter 3 % des Grenzwertes) für Erwachsene beim Forschungszentrum Karlsruhe sowie 7 μSv (unter 3 % des Grenzwertes) für Kleinkinder aus. Der höchste Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 5 μSv (unter 1 % des Grenzwertes) ebenfalls am Standort Karlsruhe.

Abbildung II.1-6
Strahlenexposition im Jahr 2013 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die
Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft

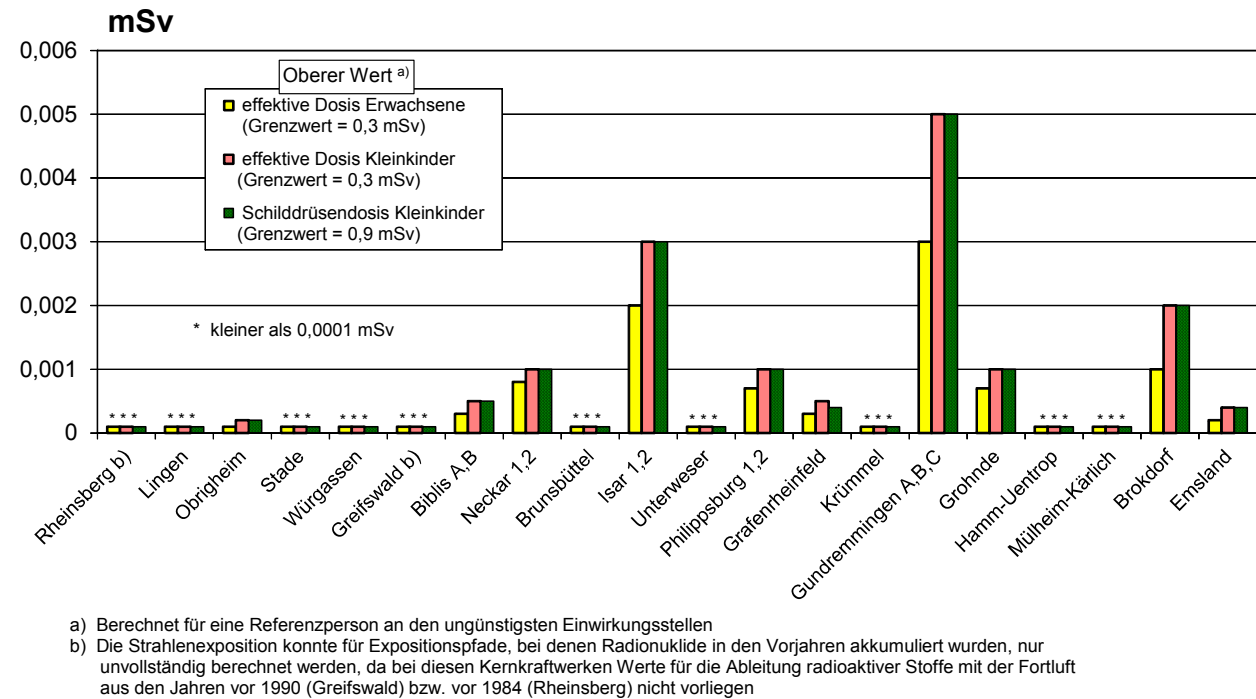


Abbildung II.1-7
Strahlenexposition im Jahr 2013 in der Umgebung von Forschungszentren durch die
Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft

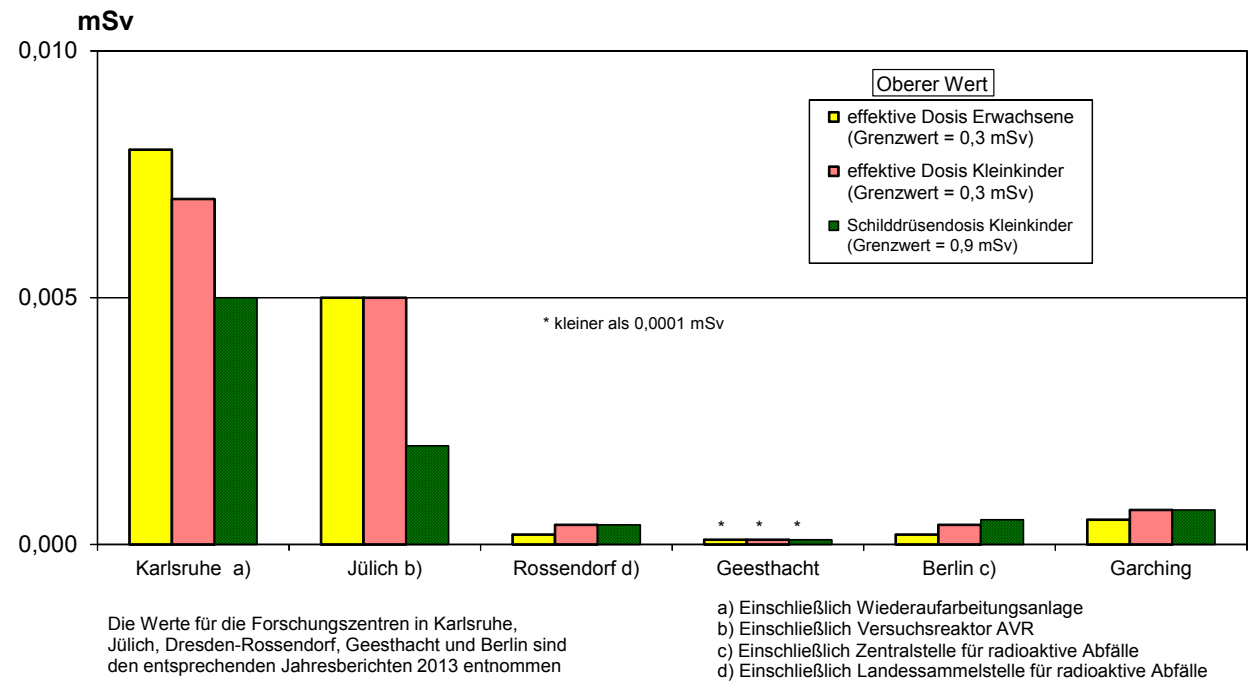
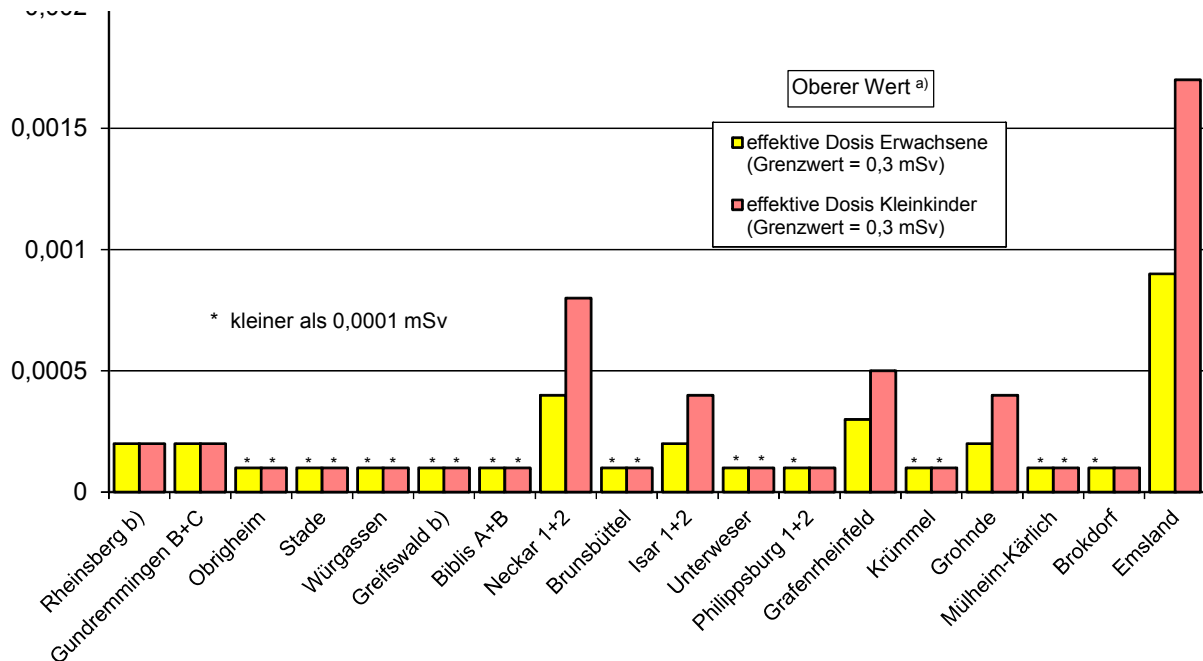


Abbildung II.1-8

Strahlenexposition im Jahr 2013 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

Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Lingen und Gronau liegen die für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder sowie die oberen Werte der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft jeweils unter 0,0001 mSv. In [Tabelle II.1-2](#) sind Messwerte zur Direktstrahlung angegeben. Diese beinhalten den natürlichen Untergrund.

Abwasser

In [Abbildung II.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 1,7 μ Sv (entsprechend ca. 0,6 % des Grenzwertes) am Standort des Kernkraftwerkes Emsland.

Entsprechend der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV wurde die Strahlenexposition am Unterlauf der Flüsse näher betrachtet, wobei jeweils sämtliche Emittenten berücksichtigt wurden. Für das Mündungsgebiet des Neckar wurde eine effektive Jahresdosis von etwa 0,7 μ Sv für Erwachsene und 1,2 μ Sv für Kleinkinder ermittelt; für die Weser und den Main wurden für beide Personengruppen 0,2 μ Sv bzw. 0,3 μ Sv berechnet; am Rhein liegen die effektiven Jahresdosen bei 0,1 μ Sv und an der Donau bei 0,3 bzw. 0,5 μ Sv. Diese Dosiswerte ergeben sich auch für das kritische Organ (rotes Knochenmark). Zu diesen Werten trägt vor allem die äußere Bestrahlung auf Überschwemmungsgebieten bei, die im Wesentlichen durch Ablagerungen aus früheren Jahren bedingt ist.

Für die Strahlenbelastung über das Abwasser aus Forschungszentren ergeben sich im Jahr 2013 in Jülich obere Werte von 0,0014 mSv für Erwachsene. In Karlsruhe und Geesthacht betragen die Werte < 0,0001 mSv. Die Angaben stammen aus den jeweiligen Jahresberichten.

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Lingen und Gronau liegen die durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten oberen

Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder unter 0,0001 mSv, der obere Wert der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder liegt in Lingen und in Gronau unter 0,0001 mSv.

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 2013 jeweils unter 0,0001 mSv.

2. Sonstige kerntechnische Anlagen

2.1 Zentrale und dezentrale Zwischenlager

Bei den in Betrieb befindlichen zentralen Zwischenlagern für bestrahlte Brennelemente wie dem Transportbehälterlager (TBL) Ahaus, dem TBL Gorleben⁶ sowie dem Zwischenlager Nord (Rubenow bei Greifswald) treten im Normalbetrieb keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. [Tabelle II.2-1](#) zeigt die gemessene Ortsdosis außerhalb des Geländes der zentralen Zwischenlager (Messwerte der Betreiber). Für die in Betrieb befindlichen dezentralen Standort-Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten treten im Normalbetrieb ebenfalls keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. Daher ist die hieraus resultierende Strahlenexposition der Bevölkerung vernachlässigbar gering. Messbar ist je nach Lagerbelegung lediglich die Dosis bzw. Dosisleistung der Gamma- und Neutronenstrahlung in unmittelbarer Nähe dieser Anlagen. Sie wird zusammen mit der Direktstrahlung der entsprechenden Kernkraftwerksanlage erfasst. [Abbildung II.2-1](#) zeigt eine Übersicht über die in Betrieb befindlichen Zwischenlager, die Anzahl der Stellplätze und die Belegung im Jahr 2013. Im Transportbehälterlager Ahaus waren von 420 Stellplätzen wie im Vorjahr 56 Stellplätze mit insgesamt 329 Behältern belegt⁷.

Tabelle II.2-1

Ortsdosis* an den zentralen Zwischenlagern im Jahr 2013

Zwischenlager	Gamma-Ortsdosis	Neutronen-Ortsdosis
	mSv/a	mSv/a
Transportbehälterlager Ahaus	0,45 (MP 3)	< 0,100 (alle MP)
Transportbehälterlager Gorleben	-	0,32 (MP 8, 13)**
Zentrales Zwischenlager Nord (Rubenow)	0,42 (MP 15, I. HJ) - (II. HJ)	< 0,062 (MP 14, I. HJ) - (II. HJ)

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

** Messwert der unabhängigen Messstelle (NLWKN) im Bereich der ungünstigsten Einwirkungsstelle des TBL Gorleben an der Grenze des Betriebsgeländes einschließlich des natürlichen Untergrunds (MP 8, 13, 14 liegen in der Nähe des MP 2 des Betreibers)

MP = Messpunkt, HJ = Halbjahr, < = kleiner Nachweisgrenze, - = Messwerte liegen in IMIS nicht vor

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

2.2 Endlager

Morsleben

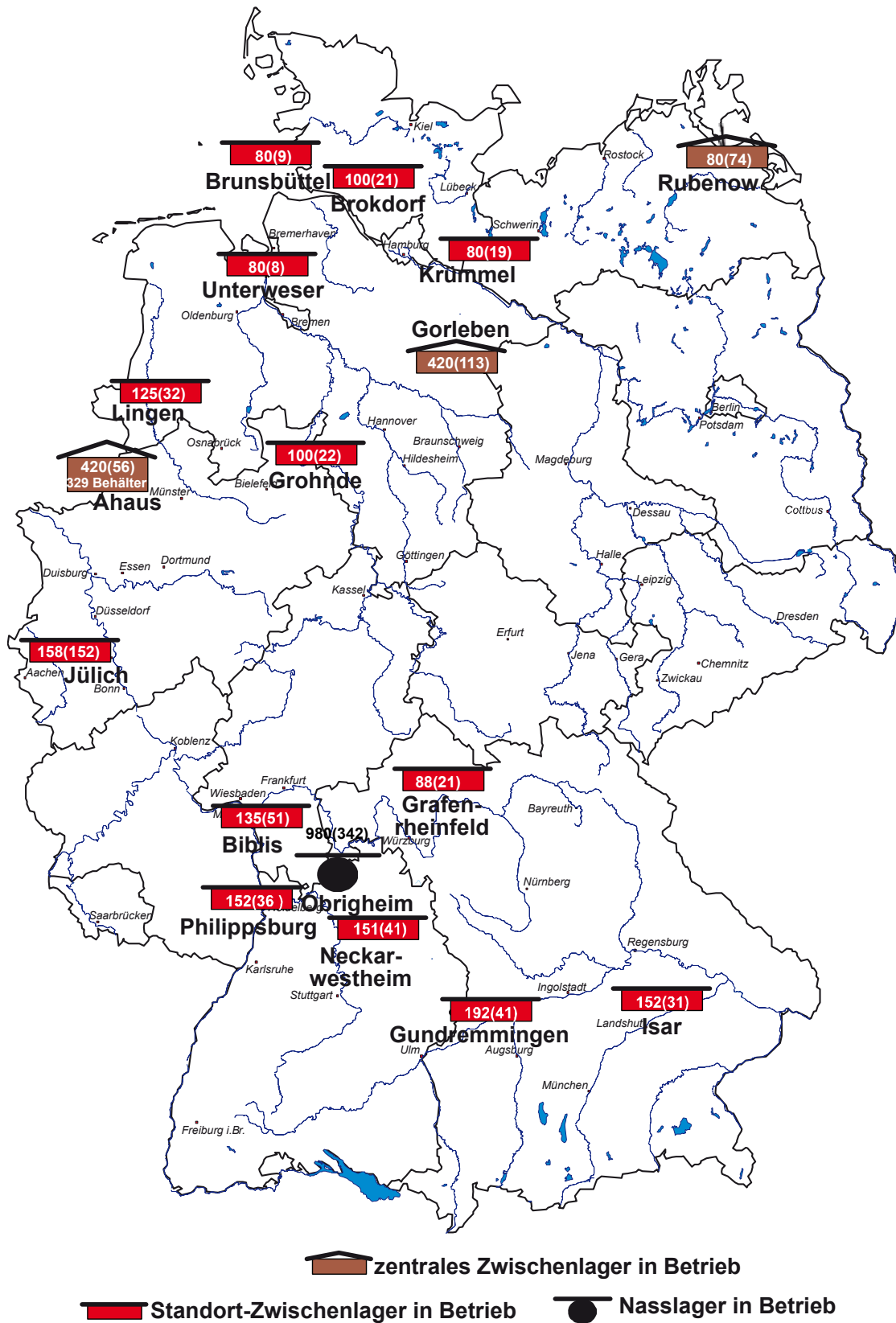
Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus dem Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ist in [Abbildung II.2-2](#) dargestellt. Die daraus resultierende Strahlenexposition zeigt [Abbildung II.2-3](#). Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis für Erwachsene betrug 2013 1 µSv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 3 µSv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 4 µSv; dies sind ca. 0,3 %, 1 % bzw. 1,3 % des Grenzwertes nach der Strahlenschutzverordnung. Die Dosis des kritischen Organs Knochenoberfläche für alle Altersgruppen errechnete sich zu 19 µSv für Erwachsene, 24 µSv für Kleinkinder (Altersgruppe 1 - 2 Jahre) und 35 µSv für mit Muttermilch ernährte Säuglinge (ca. 1,1 %, 1,3 % bzw. 1,9 % des Grenzwertes). Die Dosiswerte sind allerdings sehr konservativ, da kein

⁶ Das TBL Gorleben ist zusätzlich für die Aufbewahrung hochradioaktiver Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken genehmigt.

⁷ Bredberg I, Hutter J, Kühn K, Niedzwiedz K, Philippezyk F, Dose J: Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2013. BfS-SK-Bericht BfS-SK-23/14, [urn:nbn:de:0221-2014073111441](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2014073111441), Salzgitter, Juli 2014

Abbildung II.2-1

**Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Deutschland im Jahr 2013 mit Anzahl der Stellplätze
(Belegung in Klammern, Stand 31.12.2013)**



Abzug der Radioaktivität natürlichen Ursprungs in der Fortluft erfolgt. Die berechneten Dosiswerte sind gegenüber dem Vorjahr etwas zurückgegangen. Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahr 2013 mit dem Abwasser ermittelte Wert der effektiven Dosis liegt unterhalb von 0,0001 mSv für Erwachsene, Kleinkinder und Säuglinge. Bei den Berechnungen wurde für nicht identifizierte Betastrahler der ungünstigste Fall, dass es sich um Sr-90 handelt, angenommen.

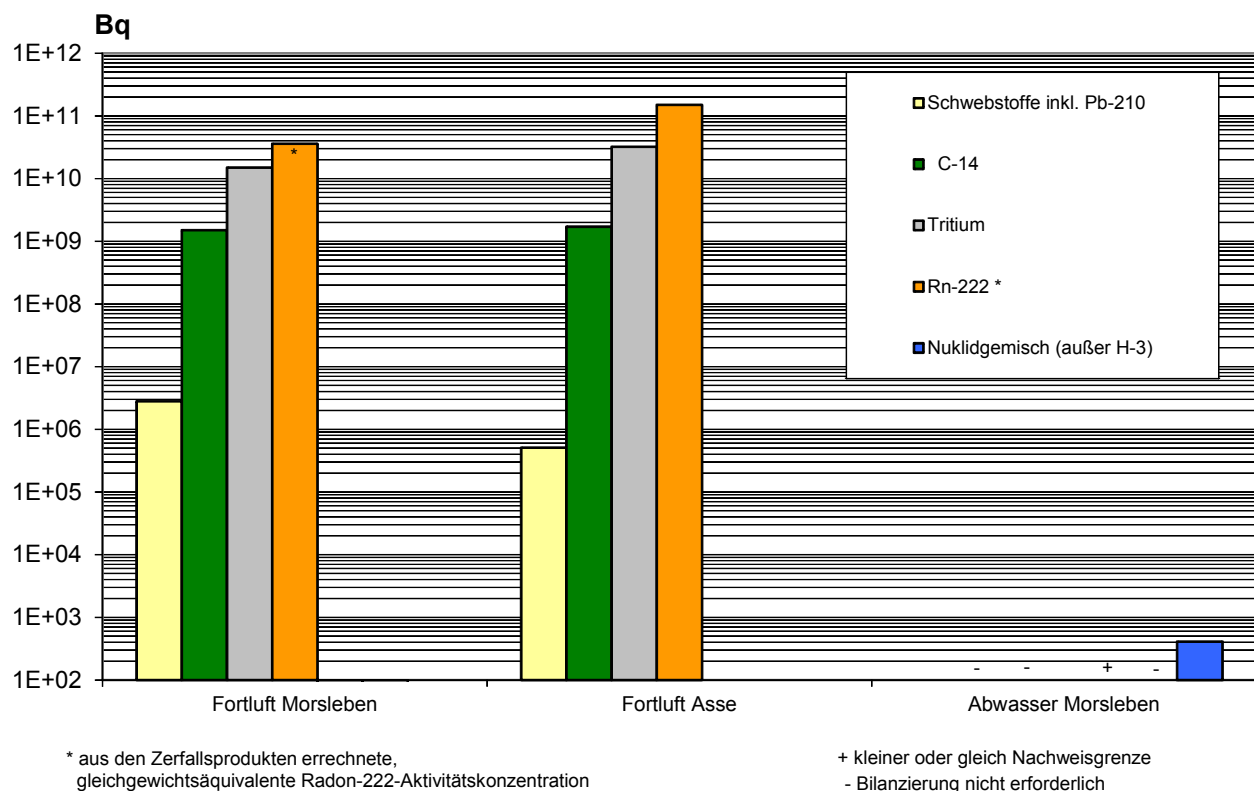
Schachtanlage Asse

Am 1. Januar 2009 ging die Betreiberschaft der Schachtanlage Asse II vom Helmholtz Zentrum München (HM-GU) auf das Bundesamt für Strahlenschutz über. Seitdem wird die Anlage verfahrensrechtlich wie ein Endlager für radioaktive Abfälle behandelt.

In [Abbildung II.2-2](#) sind die im Jahr 2013 mit der Fortluft aus der Schachtanlage Asse II abgeleiteten radioaktiven Stoffe dargestellt. Die errechnete potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse II infolge von Ableitungen lag 2013 im Bereich des Vorjahres.

Abbildung II.2-2

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben und der Schachtanlage Asse im Jahr 2013



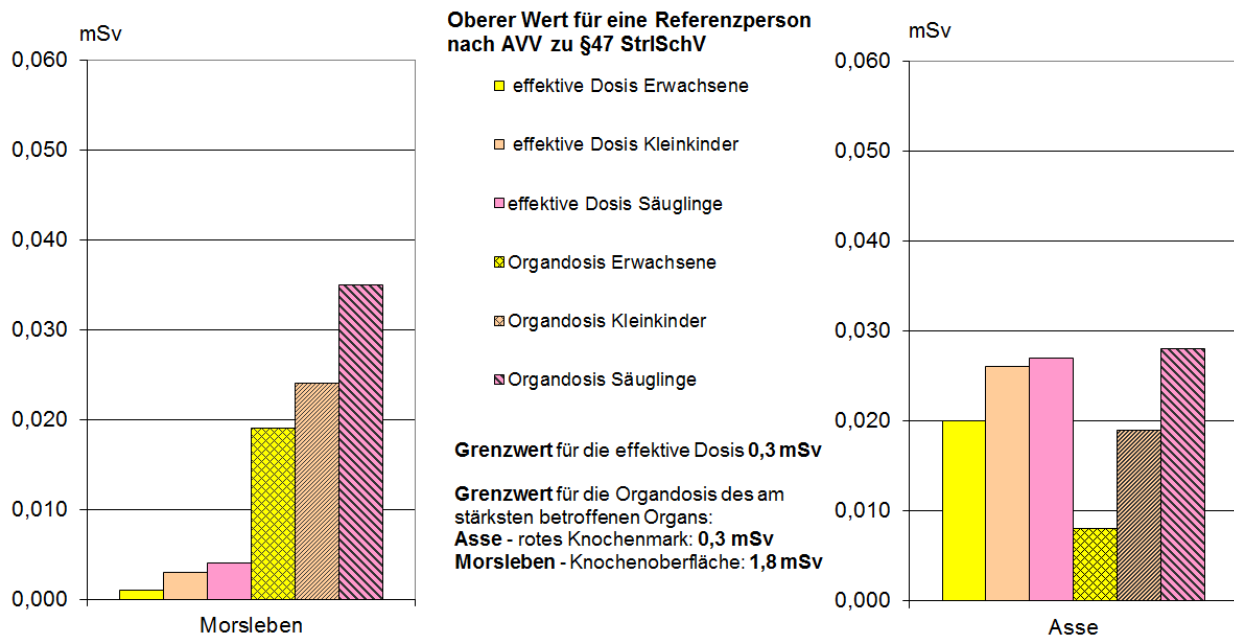
Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis betrug 2013 für Erwachsene 20 μ Sv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 26 μ Sv und für Säuglinge 27 μ Sv. Dies sind ca. 7 %, 9 % und 9 % des Grenzwertes gemäß Strahlenschutzverordnung. Die Dosis ohne Radon für das kritische Organ (rotes Knochenmark) wurde mit 28 μ Sv für Säuglinge, 19 μ Sv für Kleinkinder und 8 μ Sv für Erwachsene ermittelt. Dies sind ca. 9 %, 6 % und 3 % des zulässigen Grenzwertes.

Die potenzielle Strahlenexposition wird in der Schachtanlage Asse II insbesondere durch das radioaktive Edelgas Radon-222 (15 μ Sv bei allen Altersgruppen) und das Radionuklid Pb-210 (6 μ Sv bei Säuglingen, 3 μ Sv bei Kleinkindern und 1 μ Sv bei Erwachsenen) verursacht. Das Radionuklid Pb-210 entsteht durch radioaktiven Zerfall aus Radon-222 und wird zum Teil bereits mit den Frischwetterern in die Grube eingebracht. Radon-222 ist ebenfalls bereits in den Frischwetterern vorhanden, wird aber auch aus den in der Schachtanlage Asse II eingelagerten radioaktiven Abfällen freigesetzt. Bei der Berechnung der potenziellen Strahlenexposition wurde nicht zwischen natür-

lichen und abfallbütigen Radionukliden unterschieden, sondern konservativ angenommen, dass die in der Fortluft vorhandenen Radionuklide vollständig aus den eingelagerten Abfällen freigesetzt werden. Die berechneten potenziellen Strahlenexpositionen sind in [Abbildung II.2-3](#) aufgeführt.

Abbildung II.2-3

Maximale Strahlenexposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben und der Schachtanlage Asse durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2013



3. Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen

Die für 2013 aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV berechneten Werte der Strahlenexposition haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten. Sie liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres und betragen bei der effektiven Dosis und bei den einzelnen Organdosen weniger als 10 % des jeweiligen Dosisgrenzwertes einschließlich der Schachtanlage Asse II und des Endlagers Morsleben. 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 2013 deutlich unter 10 µSv pro Jahr.

Auch zusätzlich auftretende Strahlenexposition z. B. durch Direktstrahlung führt nicht zu einer Überschreitung des Dosisgrenzwertes von 1 mSv nach § 46 der StrlSchV. Die Genehmigungswerte können niedriger liegen. Die aktuellen Werte für Ortsdosisleistung in der Umgebung von Kernkraftwerken und Forschungszentren sind den ausführlichen [Jahresberichten](#) des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ zu entnehmen.

4. Umweltradioaktivität aus Bergbau und Sanierung durch die Wismut GmbH

Bei den Sanierungsarbeiten der Wismut GmbH werden mit Genehmigung der zuständigen Behörden vor allem Radionuklide der Uran-/Radiumzerfallsreihe 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).

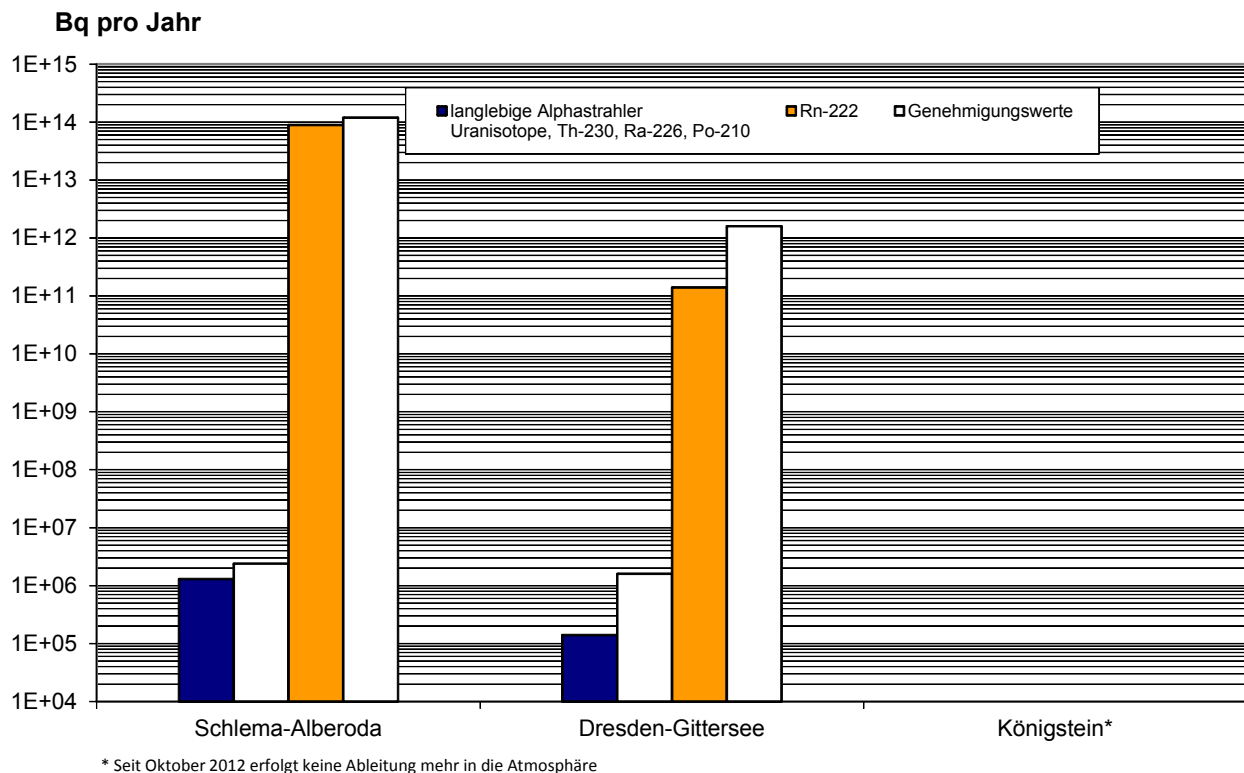
Tabellarische Übersichten über die gemessenen Werte finden sich in den [Jahresberichten](#) des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Emissionen

In [Abbildung II.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 entsprechen die Jahresableitungen von Rn-222 und langlebigen Alpha-Strahlern ungefähr den Vorjahreswerten. Am Standort Königstein erfolgt seit der Verwahrung des Schachtes 388 im Oktober 2012 keine Ableitung radioaktiver Stoffe mehr in die Atmosphäre. Die gesamten Ableitungen von Rn-222 und der langlebigen Alpha-Strahler werden somit fast ausschließlich 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 deutlich unterschreitet.

Abbildung II.4-1

Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern bzw. der Fortluft in die Atmosphäre aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2013



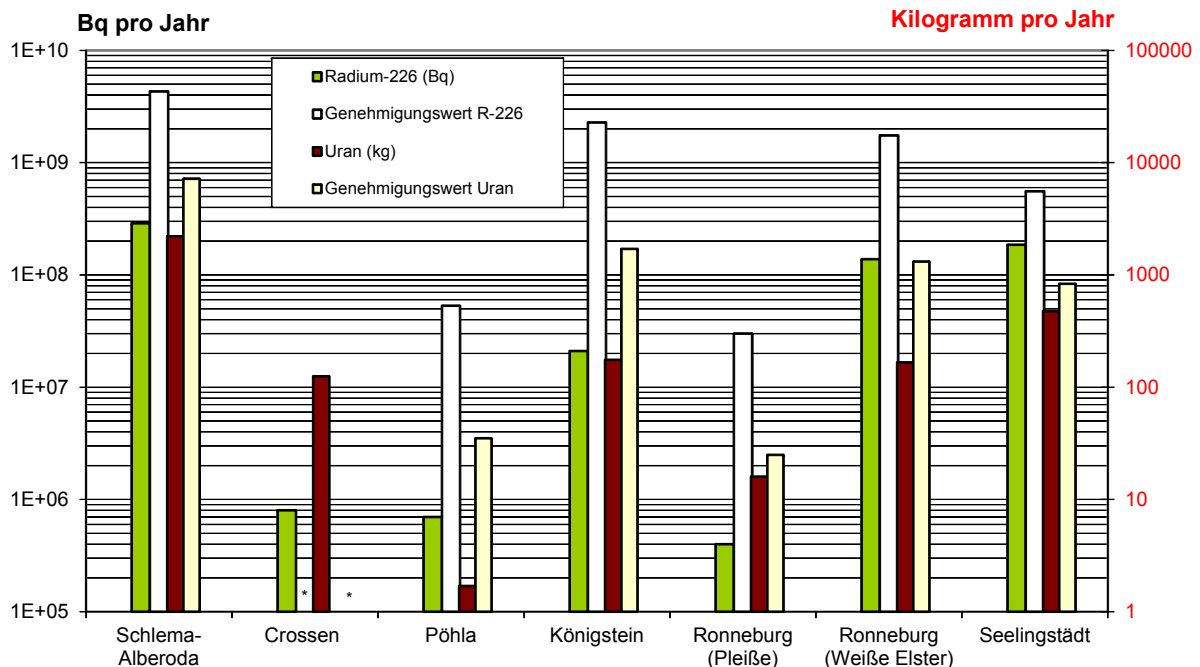
Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer (Vorfluter), die in [Abbildung II.4-2](#) zusammengestellt sind, liegen ebenfalls seit Jahren deutlich unter den Genehmigungswerten. Die Abwassermenge hat sich 2013 infolge der extremen Niederschläge, die sich bei der Schneeschmelze und mit Hochwasser bemerkbar machten, gegenüber den Vorjahren wieder stark erhöht. Die Freisetzungen von Uran in die großen Vorfluter mit Ausnahme der Weißen Elster stiegen infolge der erheblich größeren behandelten Abwassermenge ebenfalls deutlich. Dies macht sich insbesondere bei extremen Witterungsverhältnissen mit höheren Ableitungen bemerkbar. Dagegen verringerten sich die Radium-226-Freisetzungen insgesamt, zeigten allerdings auch hier regionale Unterschiede, siehe [Abbildung II.4-2](#). Die niedrigeren Uranaufleitungen in die Weiße Elster sind auf einen verbesserten Prozess in der Wasserbehandlungsanlage (WBA) Ronneburg zurückzuführen.

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 0,06 mSv/a betragen, so dass der geltende Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung weit unterschritten wird.

Infolge der im fortschreitenden Sanierungsprozess erfolgenden Einbindung weiterer Haldenkomplexe werden bisher diffus angefallene Sickerwässer und Porenwässer aus den Absetzanlagen sowie unkontrollierte Flutungswasseraustritte erfasst und einer Behandlung zugeführt. Auch die Umlagerung von kontaminierten Materialien, ver-

Abbildung II.4-2

Flüssige Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2013



* Keine Genehmigungswerte, Maximalkonzentrationen für Uran und Radium wurden eingehalten

stärkt anfallende Flutungswässer und eine in einzelnen Flutungsbereichen veränderte Wasserzusammensetzung führen teilweise zur Erhöhung oder Stagnation der abgeleiteten Radionuklide und Schadstoffe. Infolge der Behandlung weiterer bergbaulich beeinflusster Wässer wird langfristig jedoch eine Mengen- bzw. Konzentrationsabnahme einsetzen.

Insgesamt wird deutlich, dass das jetzt erreichte Niveau der Ableitungen auch weiterhin durch meteorologische Verhältnisse geprägte Schwankungen unterliegen wird und somit keine steuerbare Größe darstellt. Die Funktion der WBA ist infolge ihrer Kapazitätserhöhung zuverlässig, da die genehmigten maximalen und mittleren Schadstoffkonzentrationen unterschritten wurden. Details zur Errechnung der Genehmigungswerte für flüssige Ableitungen finden sich in den [Jahresberichten](#) des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Zur Überwachung der Luft werden gemäß der REI-Bergbau Messstellen zur Ermittlung der Rn-222-Konzentration der bodennahen Atmosphäre betrieben. Die Messnetze gewährleisten nicht nur eine Kontrolle der Auswirkungen von Ableitungen über die dafür vorgesehenen technischen Einrichtungen wie z. B. Lüfter; sie dienen auch zur Erfassung der aus diffusen Freisetzungen, beispielsweise aus Haldenoberflächen, resultierenden Umweltkontamination sowie zur Kontrolle der Auswirkungen der Sanierungsarbeiten. Für die Beurteilung der Gesamtstrahlenexposition in der Umgebung der Bergbauanlagen sind alle genannten Prozesse von Bedeutung. Die freigesetzte Rn-222-Menge aus den in industriellen Absetzanlagen und Halden deponierten Materialien kann dabei in der Größenordnung der jährlichen Ableitungsmengen nach [Abbildung II.4-1](#) liegen.

Entsprechend der REI-Bergbau wurden von unabhängigen Messstellen im Auftrag der jeweiligen zuständigen Landesbehörde zusätzlich Kontrollmessungen an ausgewählten Messpunkten des von der Wismut GmbH betriebenen Messnetzes zur Überwachung der Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre durchgeführt. Die Ergebnisse stimmen unter Berücksichtigung der jeweiligen Messunsicherheiten überein.

Auch durch das Bundesamt für Strahlenschutz wurden seit 1991 in den Bergbaugebieten umfangreiche Untersuchungen zur Ermittlung und Bewertung der Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Freiluft durchgeführt.

Insgesamt ergibt sich aus den Messungen, dass in großen Teilen der Bergbaugebiete mittlere Radonkonzentrationen gemessen wurden, die zwar über den für große Gebiete Nord- und Mitteldeutschlands charakteristischen Konzentrationswerten von 5 bis 15 Bq/m³ liegen, aber auch in den Gebieten ohne bergbaulichen Einfluss in ähnlicher Höhe festgestellt wurden und deshalb offensichtlich z. T. natürlichen Ursprungs sind. Messtechnisch nach-

weisbare, bergbaubedingt erhöhte Konzentrationen treten vor allem in der unmittelbaren Nähe von Abwetter-schächten, an großen Halden oder an Absetzanlagen der Erzaufbereitung auf. Die Verringerung der Radonexpo-sition der Bevölkerung aus solchen Hinterlassenschaften ist weiterhin eines der Ziele der Wismut-Sanierung.

Die Überwachung der Urankonzentrationen und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen wird in allen Oberflächenge-wässern durchgeführt, in die radioaktive Ableitungen erfolgen. Zur Ermittlung des bergbaulichen Einflusses wer-den die Immissionsmessungen der Wismut GmbH i.d.R. an Messstellen vor und nach der betrieblichen Einleitung vorgenommen.

Die im Jahr 2013 ermittelten Werte der Uran- und Radiumkonzentration in den großen Vorflutern Elbe, Zwickau-er Mulde und Weiße Elster weisen im Vergleich zum Vorjahr nur geringe Veränderungen auf.

Im Oberlauf von Wismut-Ableitungen wurden Urankonzentrationen bis zu einer Höhe von 2 µg/l und Aktivitäts-konzentrationen bis zu einer Höhe von 16 mBq/l für Ra-226 ermittelt. Diese Werte liegen im Bereich des allge-meinen geogenen Niveaus, das in Oberflächengewässern der Bundesrepublik Deutschland ermittelt wurde. Die in bergbaulich unbeeinflussten Oberflächengewässern in Deutschland festgestellten Aktivitätskonzentrationen über-schreiten den Wert von 3 µg/l für U-238 und von 30 mBq/l für Ra-226 nicht und beinhalten mit den ebenfalls im Oberlauf von Wismut-Einleitungen gelegenen Messpunkten auch den Einfluss lokaler geologischer Besonderhei-ten oder des Altbergbaus. In kleineren Bächen, die eine geringe Wasserführung aufweisen, wird das o. a. geogene Niveau im Unterlauf von Wismut-Einleitungen bei Ra-226 etwa bis zum Faktor 3 überschritten und reicht von Werten unter der Nachweisgrenze (<10 mBq/l) bis zu 85 mBq/l, während es bei Uran bis zum Faktor 60 erhöht ist und Werte zwischen 5 und 190 µg/l aufweist.

Diese kleinen Bäche unterliegen stark dem Einfluss der Sanierungsarbeiten und der Witterung und weisen daher jährliche Schwankungen auf. Dies wird besonders in den Quellgebieten am Oberlauf dieser Bäche deutlich.

In den großen Vorflutern wurden im Unterlauf von Wismut-Ableitungen Werte der Urankonzentration ermittelt, die gegenüber dem o. a. geogenen Niveau bis etwa zum Zweifachen erhöht sind (1 - 7 µg/l). Mit Werten von <10 bis 14 mBq/l liegen die Ra-226-Aktivitätskonzentrationen dagegen im Bereich des o. a. geogenen Niveaus.

Aus der Sicht des gesundheitlichen Strahlenschutzes stellen die infolge von radioaktiven Ableitungen der Wismut GmbH erhöhten Werte der Urankonzentration und der Ra-226-Aktivitätskonzentration weder in den Bächen noch in den Vorflutern Zwickauer Mulde, Elbe, Pleiße und Weiße Elster ein Problem dar, da deren Wasser nicht im unmittelbaren Einflussbereich für Trinkwasserzwecke genutzt wird und somit keine nennenswerten Strahlenex-positionen entstehen.

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

5.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen

Radioaktive Stoffe unterschiedlicher Art und Aktivität können in Industrieerzeugnissen, wie z.B. wissenschaft-liche Instrumente, elektronische Bauteile, Leuchtstoffröhren, Ionisationsrauchmelder, Gasglühstrümpfe, Schweißelektroden und keramische Gegenstände, enthalten sein. Der Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen wird durch ein differenziertes Anzeige- und Genehmigungssystem geregelt, das auch einen genehmigungsfreien Umgang vorsieht, z. B. nach einer Bauartzulassung des Gerätes oder bei Unterschreiten festgelegter Aktivitätswer-te.

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

Die StrlSchV regelt den Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen und die RöV den Einsatz von Röntgengeräten, um sowohl die Arbeitnehmer als auch die Bevölkerung vor unnötiger Strahlenexposition zu schützen. Die mittlere effektive Dosis der Bevölkerung, die aus der Verwendung dieser Industrieerzeugnisse bzw. Konsumgüter resul-tiert, lag bisher unter 0,01 mSv pro Jahr. Es spricht nichts dafür, dass sich dieser Wert geändert hat.

5.2 Hochradioaktive Strahlenquellen

Hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ) werden in einem zentralen Register erfasst. Durch die zentrale Erfassung dieser Quellen wird sichergestellt, dass zuständige Genehmigungs-, Aufsichts- sowie Sicherheitsbehörden jeder-zeit Informationen über Art, Aktivität, Besitzherrschaft sowie Standort aller in Deutschland befindlichen HRQ er-halten können.

Ausführlichere Erläuterungen und eine Tabelle zur Entwicklung des Datenbestandes finden sich in den [Jahresbe-richten](#) des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Bis zum Ende des Jahres 2013 wurden insgesamt 657 Genehmigungsinhaber mit ihren Stammdaten in das Register für hochradioaktive Strahlenquellen aufgenommen. 64 Bundes- und Landesbehörden wurde ein Zugang zum HRQ-Register erteilt.

Bis Ende 2013 wurden 115 300 Meldungen zu 31 000 registrierten Strahlenquellen in der Datenbank der hochradioaktiven Strahlenquellen gespeichert. Von diesen 31 000 registrierten Strahlenquellen waren nur knapp 35 % „hochradioaktive Strahlenquellen“ im Sinn der Strahlenschutzverordnung, da ein Großteil dieser Strahlenquellen sich entweder nicht mehr im Geltungsbereich der deutschen Strahlenschutzverordnung befand 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.

5.3 Störstrahler

Störstrahler sind Geräte, z.B. Elektronenmikroskope und Hochspannungsgleichrichter, oder Einrichtungen, bei deren Betrieb Röntgenstrahlen entstehen, die nicht genutzt werden. Sie unterliegen einer Genehmigungspflicht, falls keine Bauartzulassung vorliegt. Zu den Störstrahlern gehören auch Kathodenstrahlröhren in Bildschirmgeräten wie z.B. in Fernsehgeräten älterer Bauart. Die Höchstwerte der Ortsdosisleistung der Störstrahler sind in § 5, Absatz 2, Satz 1 der RöV auf 1 $\mu\text{Sv/h}$ in 0,1 m Abstand festgelegt.

Der Beitrag von Störstrahlern zur Strahlenexposition der Bevölkerung beträgt dadurch auch 2013 weniger als 0,01 mSv.

5.4 Konsumgüter und sonstige Anwendungen

Die StrlSchV verbietet zum Schutz des Verbrauchers den Zusatz von radioaktiven Stoffen bzw. die Aktivierung bei der Herstellung bestimmter Produkte wie z.B. Spielwaren, Schmuck, Lebensmittel und Tabakerzeugnisse.

Sie regelt den genehmigungsbedürftigen Zusatz von radioaktiven Stoffen und die genehmigungsbedürftige Aktivierung bei der Herstellung von bestimmten Industrieerzeugnissen bzw. Konsumgütern und die Rückführung von Produkten nach Beendigung des Gebrauchs.

Die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung am Menschen in der medizinischen Forschung ist in der StrlSchV und in der RöV geregelt. Die Genehmigung dieser Anwendungen ist beim Bundesamt für Strahlenschutz zu beantragen.

6. 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 (z.B. Stäube und Schlämme der Rauchgasreinigung bei der Primärverhüttung in der Eisen- und Nichteisenmetallurgie) oder in technischen Geräten und Einrichtungen (z.B. Verkrustungen der Rohre und Pumpen in der Erdgas- und Erdölförderung) besonders an. Da solche Rückstände entweder in andere Wirtschaftsprozesse gelangen (z.B. Verwertung von Schlacken im Haus- und Straßenbau) oder beseitigt werden (z.B. Verbringung auf Deponien), können sich erhöhte Strahlenexpositionen der allgemeinen Bevölkerung oder der mit der Verwertung bzw. Beseitigung befassten Arbeitnehmer ergeben. In Abhängigkeit von den Eigenschaften der Rückstände, den Verwertungs- und Beseitigungsprozessen und den Standortgegebenheiten können diese Strahlenexpositionen in der Größenordnung der mittleren natürlichen Strahlenexposition und auch deutlich darüber liegen. Die Rückstände und die von ihnen ausgehenden Strahlenexpositionen müssen daher im Hinblick auf den vorsorgenden Gesundheitsschutz im System des Strahlenschutzes angemessen berücksichtigt werden.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden mit der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) von 2001 weitreichende und detaillierte strahlenschutzrechtliche Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Rückständen mit erhöhter natürlicher Radioaktivität gestellt (StrlSchV Teil 3 Kapitel 3). Grundsätzlicher Maßstab der Regelungen ist die Einhaltung eines Richtwerts für den Bevölkerungsschutz in Höhe von 1 mSv/a. Die Regelungen stehen im Einklang mit den diesbezüglichen europäischen Vorgaben in der Richtlinie 96/29/EURATOM zu den Grundnormen im Strahlenschutz und setzen diese in deutsches Recht um. Sie gelten bisher ausschließlich für im Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung angefallene Rückstände. Mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung von 2011 fallen auch aus dem Ausland bezogene Rückstände unter die Regelungen des Teils 3.

Rückstände mit erhöhter natürlicher Radioaktivität sowie deren Verbleib werden grundsätzlich durch die zuständigen Landesbehörden, denen der Vollzug der Strahlenschutzaufsicht obliegt, erfasst. Im Auftrag des BfS wurden Schätzungen der jährlich in der Bundesrepublik Deutschland zu erwartenden Rückstandsmengen durchgeführt. [Tabelle II.6-1](#) gibt hierzu eine Übersicht.

Insbesondere bei der Förderung und Verarbeitung von Erdöl und Erdgas können Rückstände mit vergleichsweise hohen Konzentrationen an natürlichen Radionukliden anfallen. Es handelt sich um Inkrustierungen in Aggregaten und Rohrleitungen, die sich über lange Betriebszeiträume absetzen und die die im geförderten Erdgas bzw. Erdöl mitgeführte Radioaktivität aufnehmen. Die Rückstände werden - ggf. nach Gewinnung noch enthaltener Wertstoffe - beseitigt, d.h. deponiert. Hierfür wird geprüft, ob die in der Strahlenschutzverordnung für den betreffenden Beseitigungsweg (z.B. Deponierung unter Tage) angegebenen Überwachungsgrenzen (spezifische Aktivität in Bq/g) und sonstigen Anforderungen eingehalten sind. Ist dies der Fall, können die Rückstände ohne weitere Strahlenschutzmaßnahmen beseitigt werden. Der vorgeschriebene Dosisrichtwert wird dann eingehalten.

Tabelle II.6-1

**Abschätzung der jährlichen Mengen industrieller Rückstände mit erhöhter natürlicher Radioaktivität
(> 0,2 Bq/g)**

Zuordnung der Rückstände gemäß Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)	Masse [t/a]
Ablagerungen aus der Erdöl- und Erdgasindustrie	20 – 60
Anlagenteile mit Ablagerungen aus der Erdöl- und Erdgasindustrie	20 – 400
Schlämme aus der Erdöl- und Erdgasindustrie	50 – 250
Rückstände aus der Aufbereitung von Phosphorgipsen	100
Rotschlämme aus der Bauxitverarbeitung	600 000
Rückstände aus der Tantal-Produktion	unbekannt
Pyrochlorschlacken	30
Sinterstäube aus der Roheisenmetallurgie	5 000
Hochofenschlämme aus der Roheisenmetallurgie	30 000
Stäube aus der Nichteisen-Primärmetallurgie	30 000
Sonstige uran- und thoriumhaltige Rückstände	100

Allerdings liegen die spezifischen Aktivitäten bei Rückständen aus der Erdgas- und Erdölverarbeitung meist erheblich über den Überwachungsgrenzen. Sie können einige 10 bis mehrere 100 Bq/g (Radium-226, Radium-228), in Ausnahmefällen sogar um 1000 Bq/g betragen. Soweit jedoch der Inhaber der Rückstände für den vorgesehenen Beseitigungsweg nachweisen kann, dass der Richtwert für die Bevölkerungsexposition in Höhe von 1 mSv/a eingehalten wird und hierfür keine fortgesetzten Strahlenschutzmaßnahmen nach den üblichen abfallrechtlichen Randbedingungen erforderlich sind, entlässt die zuständige Strahlenschutzbehörde auf Antrag die Rückstände aus der Strahlenschutzüberwachung. Ist die Entlassung aus der Überwachung nicht möglich, verbleiben die Rückstände im Regime des Strahlenschutzes. Die zuständige Landesbehörde kann in diesen Fällen anordnen, wie die Rückstände zu beseitigen sind und welche Schutzmaßnahmen Anwendung finden müssen. Auch bei anderen neuen Bereichen zur Nutzung natürlicher Ressourcen, deren Rückstände in der Strahlenschutzverordnung noch nicht aufgeführt werden, laufen vergleichbare Prozesse ab wie bei der Erdöl-/Erdgasförderung. Dazu gehört die Nutzung der tiefen Geothermie, bei der in den Rohren und Anlagen ebenfalls Ablagerungen entstehen. Wie erste Erfahrungen zeigen, weisen diese hinsichtlich der möglichen Radionuklidanreicherungen erhebliche Unterschiede auf, die durch die jeweils genutzten geologischen Formationen in Deutschland bedingt sind.

Rückstände der Erdgas- und Erdölindustrie sind in der Bundesrepublik Deutschland insbesondere in Schleswig-Holstein und in Niedersachsen von Bedeutung. In Schleswig-Holstein betrifft dies den Betrieb einer Nordsee-Ölplattform, bei dem kesselsteinartige, feste Ablagerungen in den Förderrohren sowie Schlämme infolge der Trennung von Öl und Wasser anfallen. In Niedersachsen geht es um die bei der Nutzung von Erdgasvorkommen entstehenden Ablagerungen in den Förderrohren.

7. Fall-out durch Kernkraftwerksunfälle und durch Kernwaffenversuche

7.1 Tschernobyl

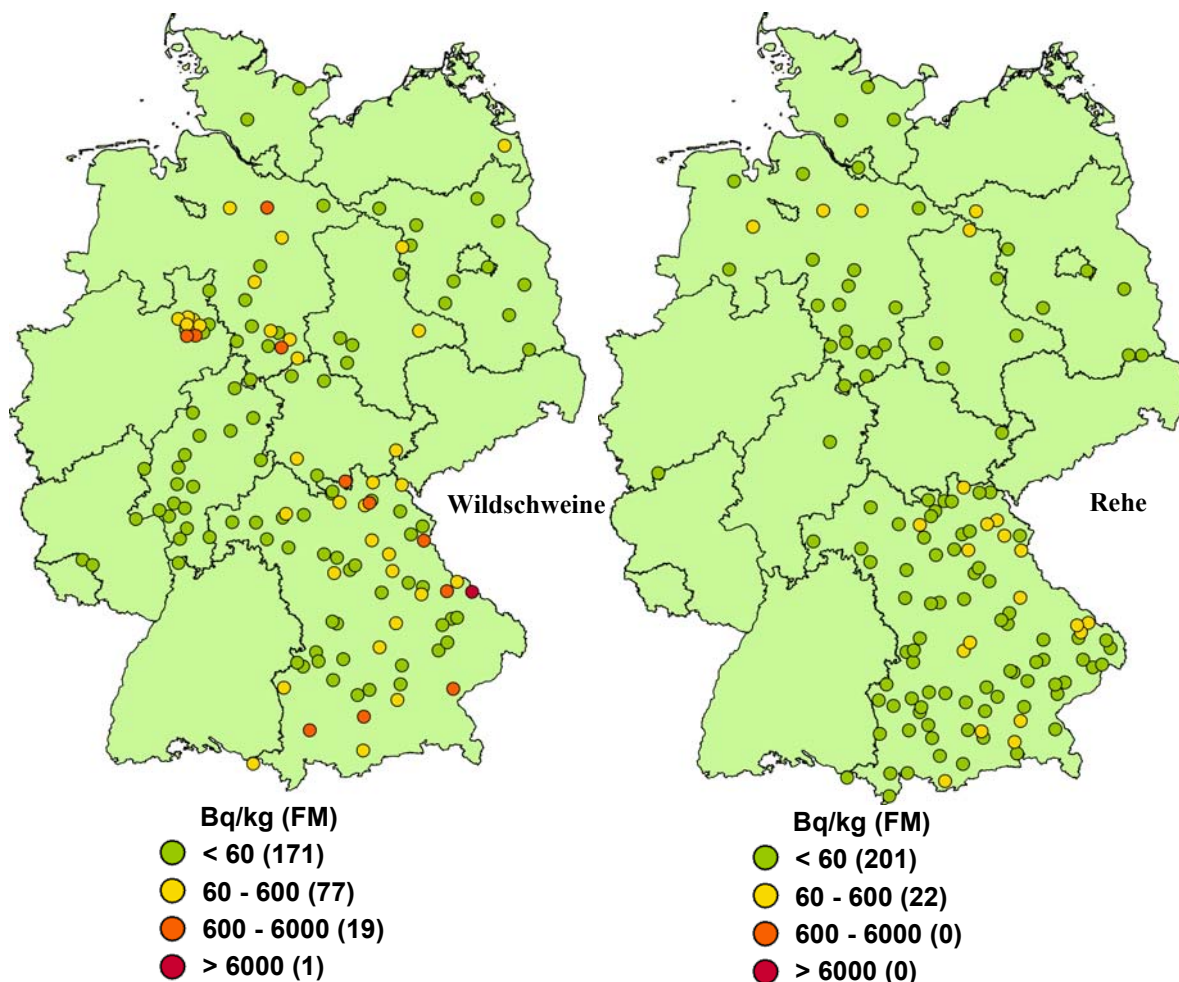
Die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Reaktorunfall von Tschernobyl wurde 2013 fast ausschließlich durch die Bodenstrahlung des im Jahr 1986 deponierten Cäsium-137 verursacht. Andere Radionuklide spielen keine Rolle mehr. Auf Grund seiner physikalischen Halbwertszeit von 30 Jahren liegen noch ca. 53 % der 1986 deponierten Aktivität vor. Bei ausschließlicher Berücksichtigung des physikalischen Zerfalls nahm die äußere Strahlenexposition gegenüber dem Vorjahr um 2,3 % ab. Unter Berücksichtigung von Abschirmeffekten durch den Boden sowie durch den Aufenthalt in Gebäuden ergibt sich eine mittlere effektive Dosis der Bevölkerung durch Bodenstrahlung von weniger als 0,01 mSv pro Jahr (zum Vergleich: 1986 0,07 mSv).

Südlich der Donau und in einigen Gebieten des Bayerischen Waldes und Ostdeutschlands kann die Bodenstrahlung infolge örtlich und zeitlich begrenzter starker Regenfälle zur Zeit des Durchzugs der radioaktiven Wolke, die zu einer erhöhten Ablagerung des Radiocäsiums am Boden geführt haben, um bis zu eine 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 Strahlenschutzvorsorgegesetz im Rahmen des Integrierten Mess- und Informationssystems (IMIS) werden jährlich mehrere tausend Lebensmittelproben auf ihren Radioaktivitätsgehalt untersucht. Dadurch wird eine bundesweite Überwachung der Radioaktivitätspegel in Lebensmitteln sichergestellt⁸. Nennenswerte Gehalte an Cs-137 finden sich jedoch noch in Pilzen und Wild. In [Abbildung II.7-1](#) werden Daten aus dem Integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS) dargestellt. Ausführlichere Angaben zu Maximalwerten finden sich in den [Jahresberichten](#) des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Abbildung II.7-1

Cäsium-137-Gehalt (Mittelwerte) von Rehen und Wildschweinen im Jahr 2013
(Datenbasis des Bundes, Anzahl der Werte in Klammern)



7.2 Fukushima

2013 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 zusammengefasst⁸. Nähere Erläuterungen enthalten die [Jahresberichte](#) des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

⁸ BMU (Hrsg): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland: Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz; Stand 2011, [urn:nbn:de:0221-201204188048](http://nbn.de/urn:nbn:de:0221-201204188048), Bonn, April 2012

7.3 Kernwaffenversuche

In den Jahren 1945 bis 1980 wurde eine große Anzahl oberirdischer Kernwaffenversuche durchgeführt. Seit 1981 gab es nur noch unterirdische Kernwaffenversuche. In Nordkorea wurden 2006, 2009 und 2013 unterirdische Kernwaffenversuche durchgeführt.

Der allgemeine Pegel der Umweltradioaktivität durch die früheren Kernwaffenversuche in der Atmosphäre ist seit dem Kernwaffenteststopp-Abkommen von 1964 stetig zurückgegangen. Ihr Anteil an der gesamten Strahlenexposition des Menschen beträgt zurzeit weniger als 0,01 mSv pro Jahr.

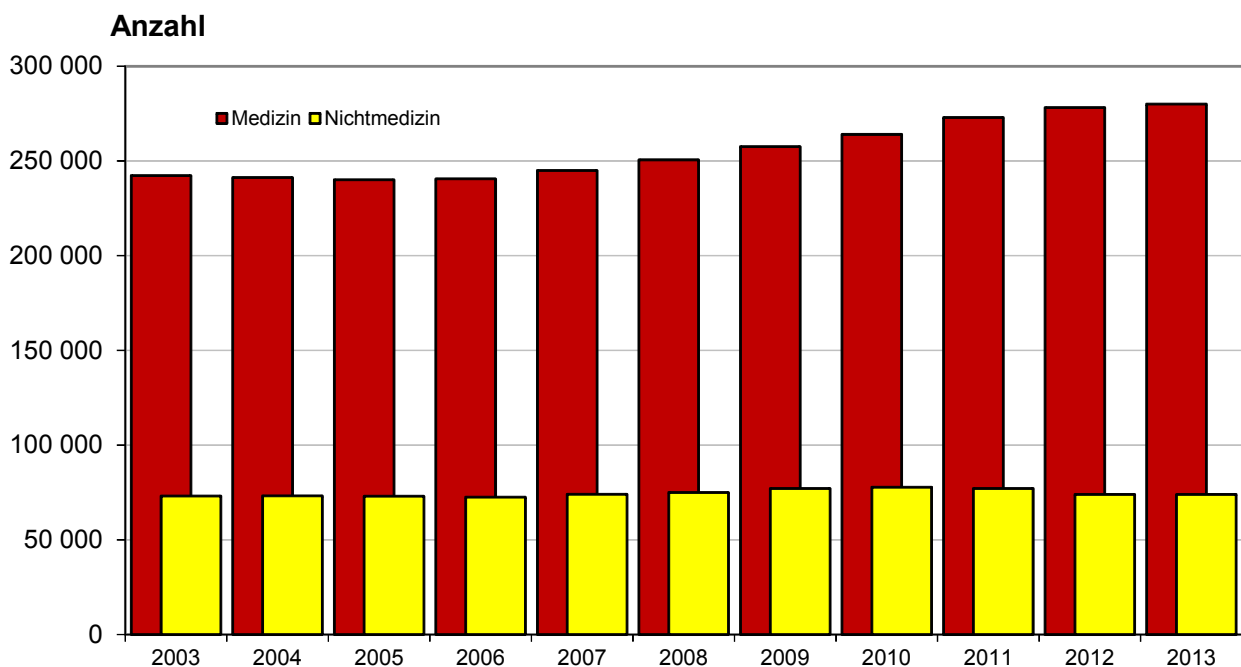
III. Berufliche Strahlenexposition

1. Zivilisatorische Strahlenquellen

1.1 Personendosisüberwachung

Abbildung III.1-1

Anzahl der mit Dosimetern überwachten Personen



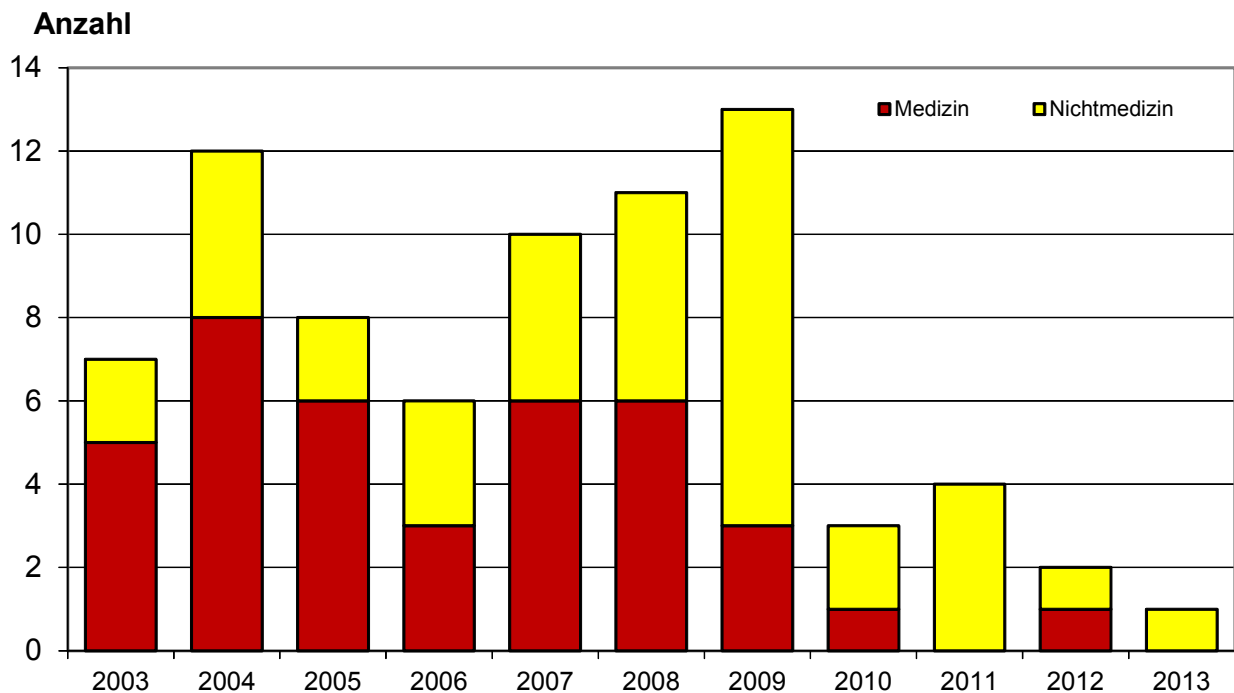
Alle beruflich strahlenexponierten Personen, bei denen die Möglichkeit einer erhöhten Strahlenexposition von außen - mit Ausnahme der kosmischen Strahlung (siehe 2. „Überwachung des fliegenden Personals“) - besteht, werden mit Personendosimetern überwacht, die von vier behördlich bestimmten Messstellen ausgegeben und ausgewertet werden. Die Daten werden zentral an das Strahlenschutzregister des Bundesamtes für Strahlenschutz übermittelt. Nicht immer führt die Ausgabe eines Dosimeters an eine überwachte Person zu einer Dosismessung 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 amtliche Ersatzdosis festsetzen. Es kommt auch vor, dass nach einer Dosisfeststellung eine Nachprüfung der Expositionsumstände veranlasst wird, weil z. B. die Überprüfungsschwelle von 5 mSv überschritten wurde (z. B.: Arbeitsmittel mit Dosimeter hing im Röntgenraum und sein Besitzer war im Urlaub, Dosimeter wurde absichtlich im Direktstrahl bestrahlt). Auch in diesen Fällen, in denen der festgestellte Dosiswert keine Personendosis sondern eine Ortsdosis ist, wird von der Aufsichtsbehörde eine Ersatzdosis festgesetzt. Sofern in solchen Fällen Ersatzdosiswerte festgesetzt und dem Strahlenschutzregister mitgeteilt wurden, sind diese zu berücksichtigen. Die Gesamtzahl der überwachten Personen, aufgeteilt in die Bereiche „Medizin“ und „Nichtmedizin“, ist [Abbildung III.1-1](#)

zu entnehmen.

Die amtliche Personendosimetrie bietet den zuständigen Aufsichtsbehörden die Möglichkeit, die Einhaltung der Grenzwerte der Körperdosis nach § 55 und 56 StrlSchV und § 31a und 31b RöV bei den beruflich strahlenschutzüberwachten Personen zu kontrollieren. Der Grenzwert der effektiven Dosis beträgt 20 mSv im Kalenderjahr und 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 2013 von einer Person überschritten. Bezogen auf die Gesamtzahl der Überwachten sind dies 0,0003 % ([Abbildung III.1-2](#)).

Abbildung III.1-2

Anzahl der Personen mit Ganzkörperjahresdosen über 20 mSv



Die Zusammenstellung der Fälle mit Jahrespersonendosen über 20 mSv gibt nur Aufschluss über den Stand der Einhaltung der Grenzwerte nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung. 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 III.1-3](#) ist jeweils für den medizinischen und nichtmedizinischen Arbeitsbereich die Anzahl von Personen in verschiedenen Dosisintervallen angegeben. Liegt die Strahlenexposition während des ganzen Jahres unterhalb der unteren Erkennungsgrenze für Ganzkörperdosimeter von 0,05 mSv, dann wird von der Messstelle für die überwachte Person eine Jahrespersonendosis von 0 mSv festgelegt. Dies traf für den größten Teil der überwachten Personen zu. Eine messbare berufliche Strahlenexposition erhielten deshalb nur 15 % aller mit Personendosimetern überwachten Personen.

Die Jahreskollektivdosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister gemeldeten gültigen Personendosiswerte im Kalenderjahr. [Abbildung III.1-4](#) zeigt die Zeitreihe der Jahreskollektivdosis aller mit Personendosimetern überwachten Personen. Die mittlere Jahrespersonendosis im Jahr 2013 betrug 0,08 mSv. Bildet man den Mittelwert über jene Personen, die einer messbaren Strahlenexposition ausgesetzt waren (ca. 50 000 Personen), so ergibt sich für diese Gruppe der Exponierten eine mittlere Jahrespersonendosis von 0,53 mSv (Vorjahr: 0,52 mSv).

Ist vor auszusehen, 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 2013 für die Hände bei ca. 22 000 Personen durchgeführt. Von diesen 22 000 Überwachten wiesen ca. 6000 Personen Teilkörperdosen von mehr als 0,5 mSv auf (untere Erkennungsgrenze für Teilkörperdosimeter). Im Jahr 2013 kam es zu zwei Überschreitungen von Grenzwerten für die Teilkörperdosis.

Abbildung III.1-3

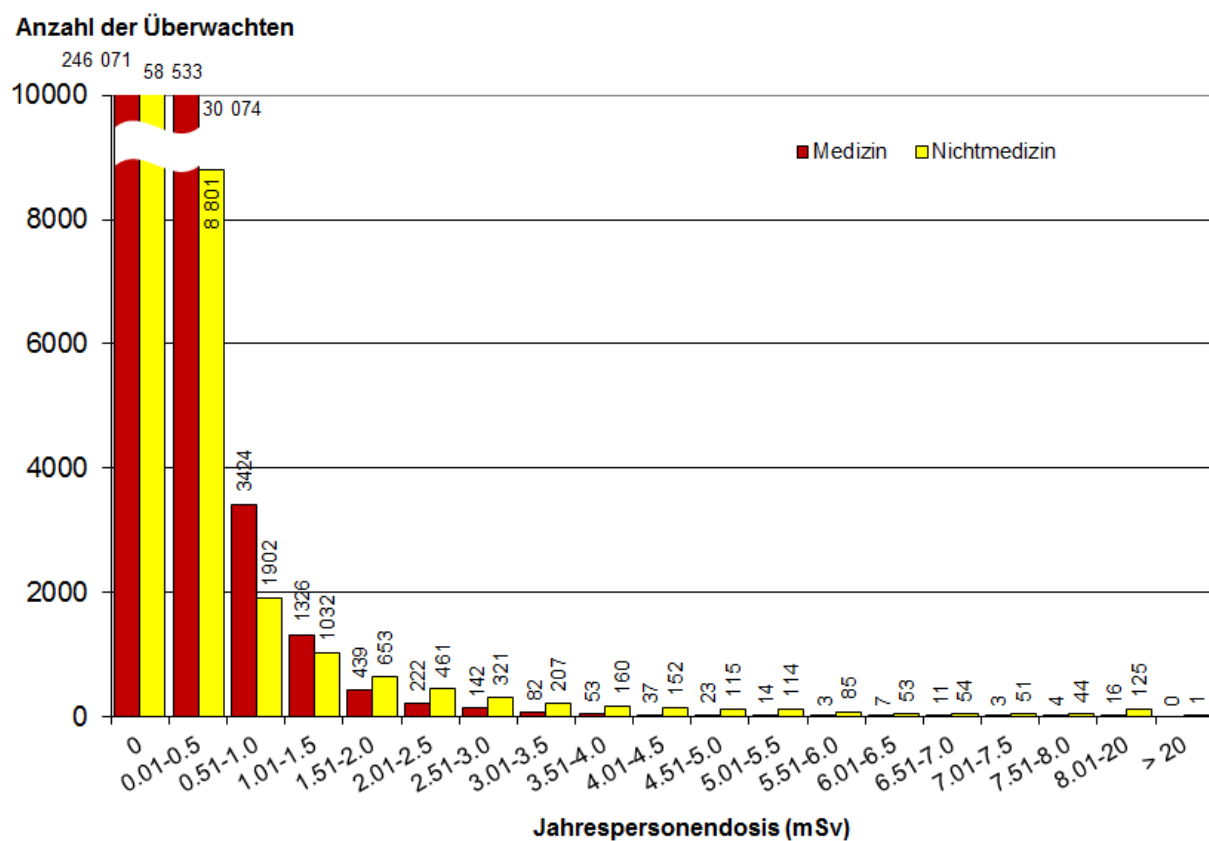
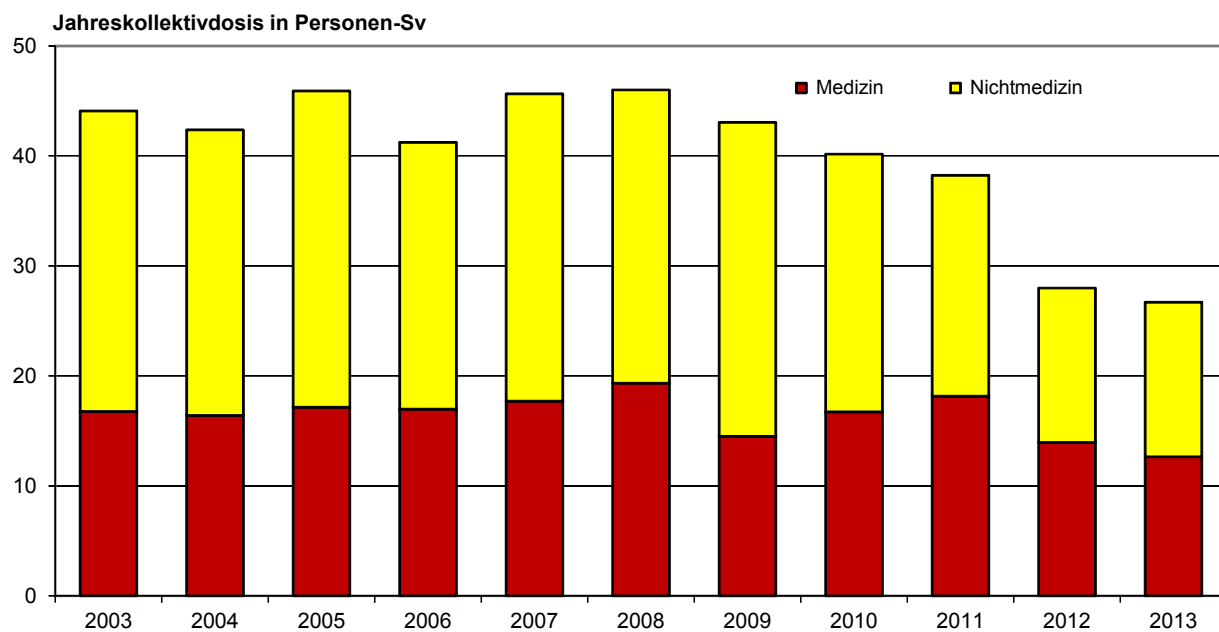
Verteilung der Jahrespersonendosen beruflich Strahlenexponierter im Jahr 2013

Abbildung III.1-4

Jahreskollektivdosis der mit Personendosimetern überwachten Personen

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 Reaktorsicherheit (GRS) im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Abbildung III.1-5

Anzahl Kernkraftwerke zur Stromerzeugung und eingesetztes Personal

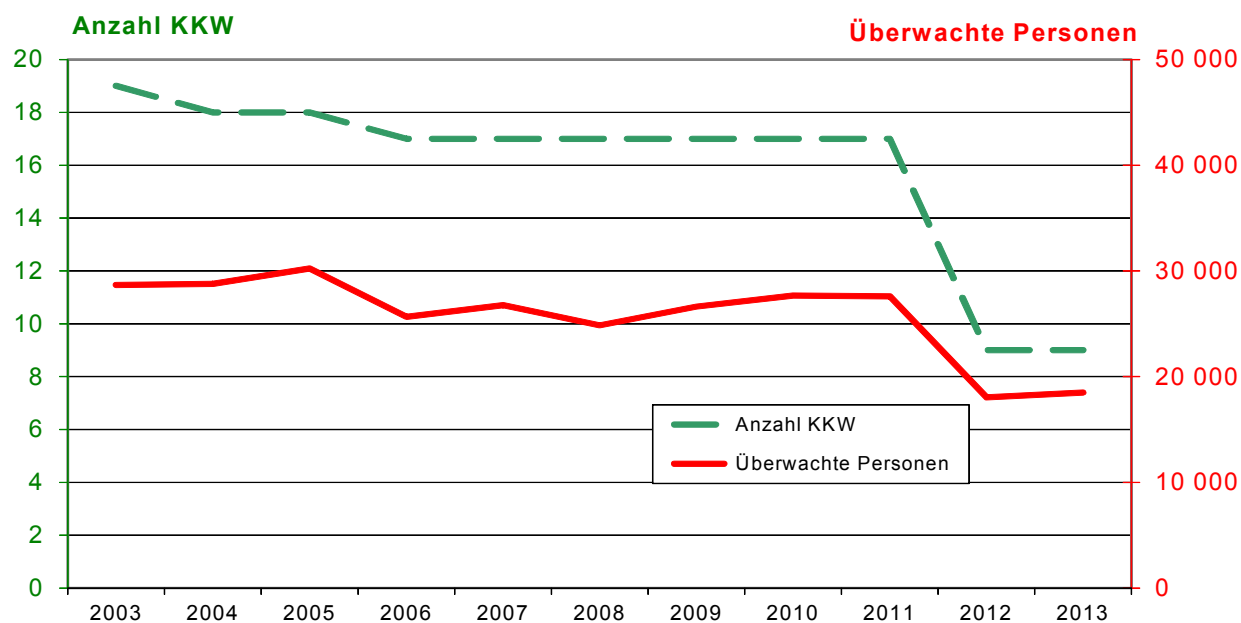
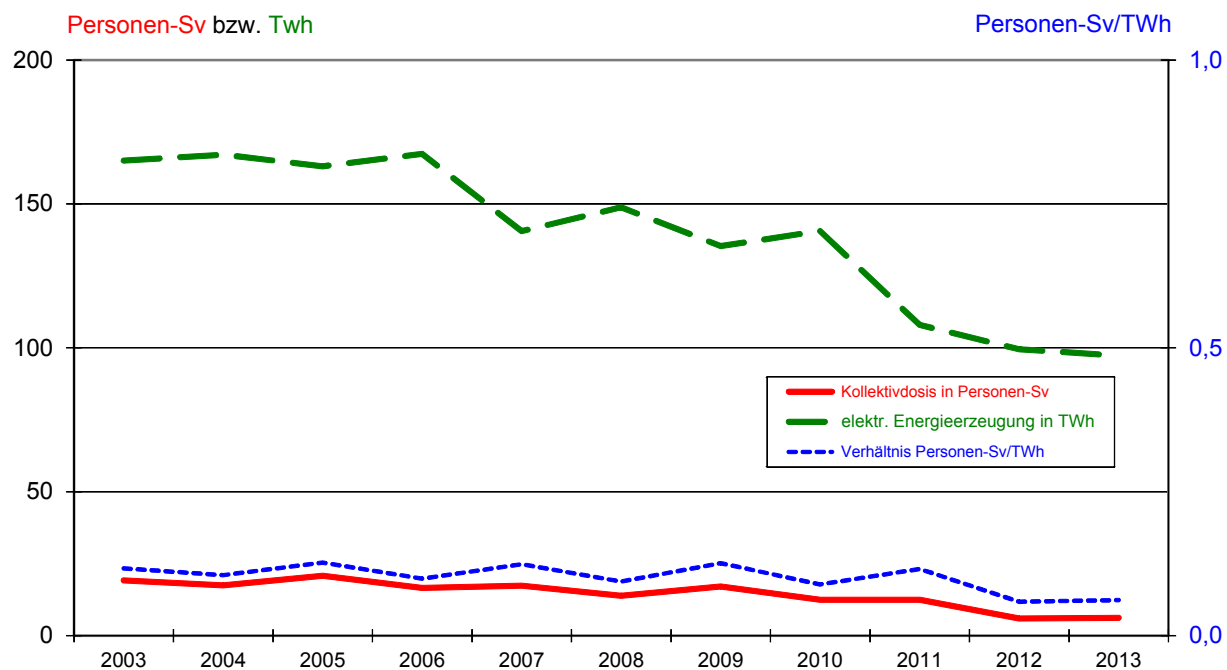


Abbildung III.1-6

Erzeugte Energie, Kollektivdosis und Dosis pro Energie



Schwankungen bei der Jahreskollektivdosis hängen überwiegend mit Änderungen bei der Anzahl des eingesetzten Fremdpersonals zusammen. In Jahren mit vermehrten Revisionen wird verstärkt Fremdpersonal eingesetzt, das dosisintensive Wartungsarbeiten durchführt. Die Werte verringerten sich ab dem Jahr 2012 gegenüber den Vorjahren. Ursache des Rückgangs ist das Abschalten der 8 Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel. Jahrespersonendosen von mehr als 20 mSv traten 2013 bei Beschäftigten in Kernkraftwerken und sonstigen kerntechnischen Anlagen nicht auf. Die Daten für die Jahre ab 2012 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 den Abbildungen III.1-5 und III.1-6 enthalten.

1.3 Inkorporationsüberwachung

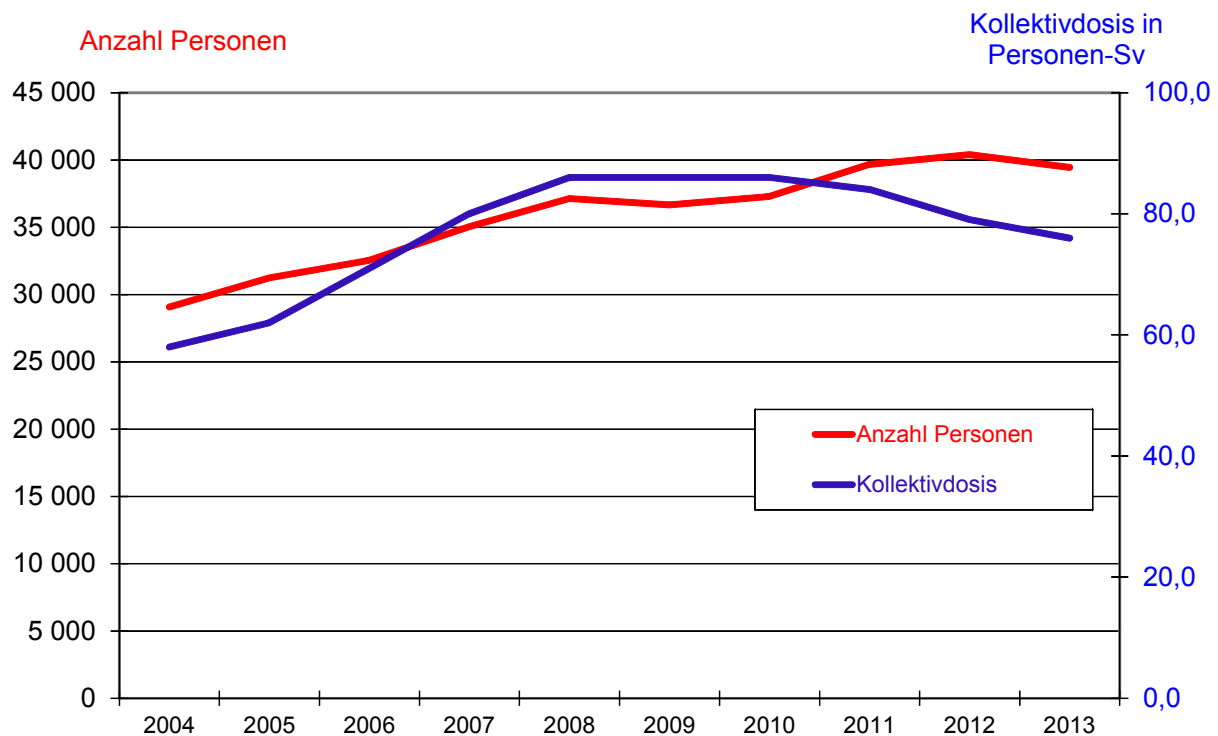
Beruflich strahlenexponierte Personen, bei denen während ihrer Tätigkeit eine Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper nicht ausgeschlossen werden kann, werden in der Regel durch Aktivitätsmessungen in Ganz- und Teilkörperzählern bzw. durch Analyse ihrer Ausscheidungen überwacht. Im Jahr 2002 begannen behördlich bestimmte Inkorporationsmessstellen mit der Übermittlung von Daten an das Strahlenschutzregister. Von den meldenden Messstellen wurden 1476 Personen im Jahr 2013 (Vorjahr: 1534) überwacht, die Kollektivdosis durch Inkorporation betrug weniger als 0,016 Personen-Sv. Die höchste Jahrespersonendosis infolge von Inkorporation lag bei 4,4 mSv. Von den 1476 Überwachten hatten lediglich 68 Personen Dosiswerte oberhalb der Nachweisgrenze.

2. Natürliche Strahlenquellen

2.1 Flugpersonal

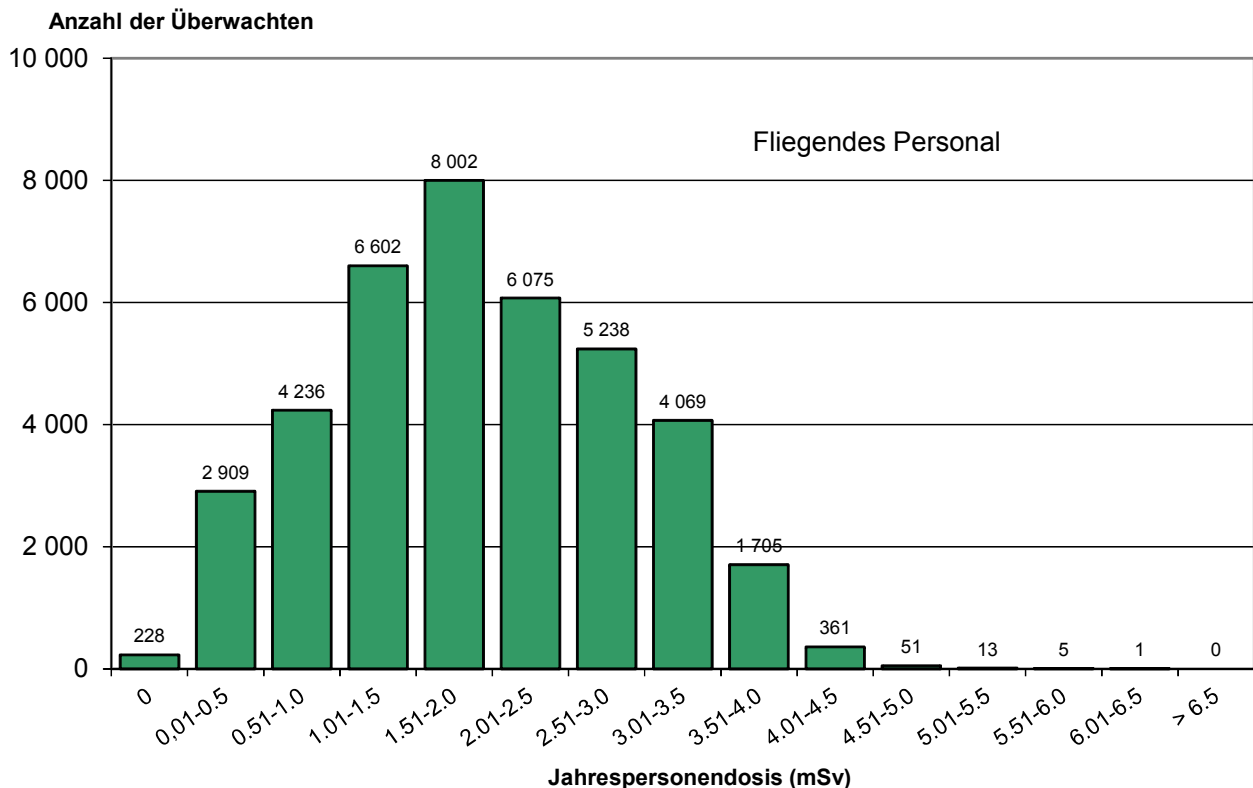
Abbildung III.2-1

Anzahl Personen des fliegenden Personals und Jahreskollektivdosis



Mit der Strahlenschutzverordnung vom 20.07.2001 wurden die Anforderungen der EU-Richtlinie 96/29 EURATOM in nationales Recht umgesetzt. Überwachungspflichtig ist damit auch Luftfahrtpersonal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von mindestens 1 mSv im Kalenderjahr erhalten kann. Die Betreiber von Flugzeugen ermitteln mit Computerprogrammen die Dosiswerte der kosmischen Strahlenexposition, ordnen diese personenbezogen ihrem Personal zu und geben diese über das Luftfahrtbundesamt an das Strahlenschutzregister des BfS weiter.

Abbildung III.2-2

Verteilung der Jahrespersonendosis beim fliegenden Personal

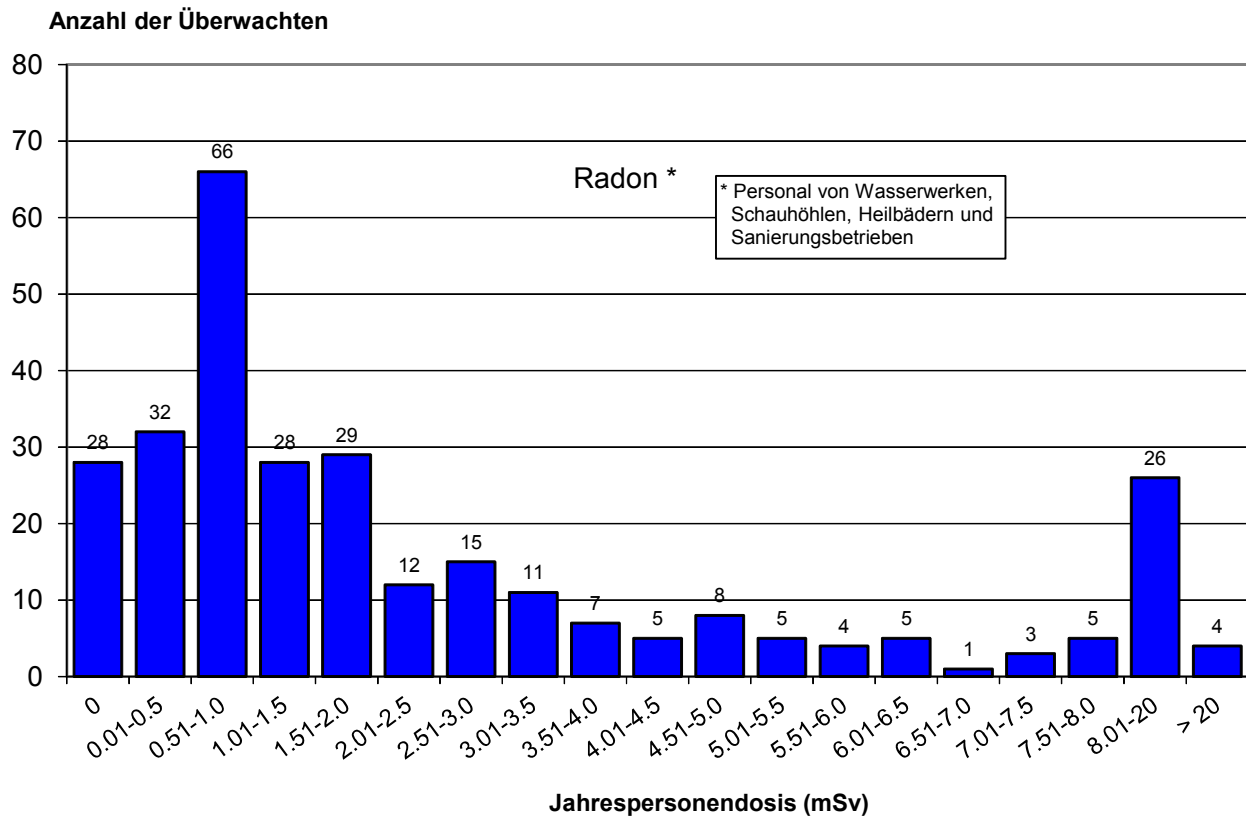
In Deutschland wurden im Jahr 2013 insgesamt 39 449 Personen (Vorjahr: 40 404) überwacht, die mittlere effektive Jahresdosis betrug wie im Vorjahr 1,9 mSv. Der höchste Jahrespersonendosiswert liegt bei 6,2 mSv. Die Verteilung ist in [Abbildung III.2-1](#) wiedergegeben. Die Kollektivdosis für das Jahr 2013 beträgt ca. 76 Personen-Sv. Damit zählt das fliegende Personal bezüglich der Kollektivdosis und der mittleren Jahresdosis zu den am höchsten strahlenexponierten Berufsgruppen Deutschlands. Auch die Form der Dosisverteilung ([Abbildung III.2-2](#)) und ihre zeitliche Schwankung ist nicht mit anderen Berufsgruppen vergleichbar. Wichtige Einflußgröße auf die Jahresdosis ist die zyklische Schwankung der Sonnenaktivität, die seit 2010 zu einem Rückgang der mittleren Dosis und der Kollektivdosis führt.

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

Für Personen, bei denen am Arbeitsplatz erheblich erhöhte Expositionen durch natürliche Strahlungsquellen auftreten können, ist eine Überwachung durchzuführen. Dies betrifft z.B. untertägige Bergwerke, Schauhöhlen und Anlagen der Wassergewinnung. Nach § 95 StrlSchV hat derjenige, der in eigener Verantwortung eine Arbeit ausübt oder ausüben lässt, die einem der in der Anlage XI dieser Verordnung genannten Arbeitsfelder zuzuordnen ist, eine auf den Arbeitsplatz bezogene Abschätzung der Strahlenbelastung durchzuführen (§ 95 Abs. 1). Wird dabei eine erhöhte Strahlenexposition festgestellt, so ist die Arbeit bei der zuständigen Behörde anzeigebedürftig (§ 95 Abs. 2). Für Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausführen, ist die Körperdosis zu ermitteln. Für die Beschäftigten der Wismut GmbH, die Arbeiten zur Stilllegung und Sanierung der Betriebsanlagen und Betriebsstätten des Uranerzbergbaues ausführen, werden die Daten der Körperdosis auf der Grundlage der Regelungen des § 118 Abs. 2 Satz 1 ermittelt.

Für Beschäftigte der Wismut GmbH werden die durch Inhalation von Radionukliden der Uranzerfallsreihe und die durch Gammastrahlung verursachte Körperdosen ermittelt. Dazu werden Messungen mit personengetragenen Messgeräten durchgeführt. Diese Messgeräte erfassen die Strahlenexpositionen durch Radonzerfallsprodukte, durch langlebige Alphastrahler und durch externe Gammastrahlung. Für Beschäftigte, die Arbeiten in anderen Betrieben (nach Anlage XI der StrlSchV) ausführen, wird die durch Inhalation von Radonzerfallsprodukten verursachte Körperdosis ermittelt. Hierzu werden repräsentative Messungen an Arbeitsplätzen durchgeführt. Für jeden

Abbildung III.2-3

Verteilung der Jahrespersonendosen durch erhöhte natürliche Radonexposition 2013

Arbeitsplatz werden aus den Messergebnissen charakteristische Expositionsdaten abgeleitet, aus denen unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltszeiten die Körperdosen der Beschäftigten berechnet werden.

Auf Grund dieser Regelungen wurden im Jahr 2013 dem Strahlenschutzregister im Bundesamt für Strahlenschutz für 298 Personen (Vorjahr: 386 Personen) Dosiswerte übermittelt. Von diesen 298 Personen führten 99 Personen (Vorjahr: 170 Personen) Sanierungsarbeiten in den Betrieben der Wismut GmbH aus. Die Kollektivdosis der 298 Beschäftigten betrug 1,0 Personen-Sv, die mittlere Jahrespersonendosis 3,2 mSv (Vorjahr: 2,9 mSv). Im Jahr 2013 gab es vier Überschreitungen (2012: eine Überschreitung) des Grenzwertes von 20 mSv. Der höchste Wert der effektiven Jahresdosis betrug 25 mSv (Vorjahr: 24 mSv). Die Dosisverteilung zeigt [Abbildung III.2-3](#).

3. Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse

Durch die strengen Vorschriften im Strahlenschutzrecht sind meldepflichtige besondere Vorkommnisse mit Personenbeteiligung beim Umgang mit ionisierenden Strahlen und radioaktiven Stoffen selten. Derartige Vorkommnisse werden in den [Jahresberichten](#) „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des BMUB zusammengefasst.

Etwa 88 % der für das Jahr 2013 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.

Durch menschliche Fehler (z. B. falscher Betriebsmodus oder Verwechslung patientenspezifischer Einstellungen) kam es im Jahr 2013 zu vier Fällen von Fehlbestrahlungen in der Medizin, die bekannt geworden sind. Bei zwei Fällen davon traten ungerechtfertigte Expositionen bei der Behandlung von Patienten auf. In der Folge wurden Maßnahmen zur Qualitätskontrolle (z. B. Vier-Augen-Prinzip) intensiviert.

Ein schwerer Unfall ereignete sich im September 2013 bei der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung mittels Gammadiagnostik in einer Raffinerie. Die Auswertung des amtlichen Dosimeters des Mitarbeiters ergab eine Strahlenexposition von ca. 75 Millisievert (mSv). Das entspricht etwa dem Vierfachen des Jahresdosisgrenzwertes von 20 mSv für beruflich strahlenexponierte Personen. Zusätzlich sind an der linken Hand erhebliche Verbrennungen

aufgetreten. Die Strahlendosis für die Hand wird auf 10 bis 30 Sv geschätzt. Der Jahresdosisgrenzwert hierfür liegt in Deutschland bei 0,5 Sv für beruflich strahlenexponierte Personen.

Bei dem Versuch, eine Störung beim Einfahren der radioaktiven Quelle (Iridium-192, 740 Gigabecquerel) in das verwendete Gammadiagnostikgerät zu beheben, missachtete der Mitarbeiter Sicherheitsregeln, grundlegende Regeln des Strahlenschutzes und Anweisungen für Notfallsituationen.

IV. Medizinische Strahlenexposition

Medizinische Anwendungen ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe haben sowohl bei Diagnostik als auch bei Therapie einen hohen Stand erreicht. Sowohl bei der Indikationsstellung als auch bei der Durchführung werden hohe Qualitätsanforderungen gestellt. Notwendige Voraussetzung, um ionisierende Strahlung oder radioaktive Stoffe anzuwenden bzw. entsprechende Untersuchungen am Menschen durchzuführen, ist die Fachkunde im Strahlenschutz. Nach der StrlSchV und der RöV muss jede Strahlenanwendung im Einzelfall gerechtfertigt sein. Diese „rechtfertigende Indikation“ erfordert die Feststellung durch den fachkundigen Arzt bzw. die fachkundige Ärztin, dass für den individuellen Patienten der gesundheitliche Nutzen der Anwendung das Strahlenrisiko überwiegt. Darüber hinaus ist die durch die medizinische Anwendung bedingte Strahlenexposition soweit zu reduzieren, wie dies mit den Erfordernissen der medizinischen Wissenschaft zu vereinbaren ist. Es ist in jedem Fall zu prüfen, ob durch diagnostische oder therapeutische Maßnahmen ohne Anwendung ionisierender Strahlung oder radioaktiver Stoffe der gewünschte medizinische Effekt ebenfalls erzielt werden kann.

Als Mittel zur Optimierung des Strahlenschutzes in der radiologischen Diagnostik sind in der Nuklearmedizin wie auch in der Röntgendiagnostik diagnostische Referenzwerte (DRW) zu beachten. Ziel ist es, im Rahmen der Überwachung durch die ärztlichen Stellen Anwender zu finden, bei denen die Dosiswerte ständig ungerechtfertigt über den DRW liegen, und die ggf. vorhandenen systematischen Fehler aufzeigen und beseitigen zu können.

1. Röntgendiagnostik

Das BfS erhebt seit Anfang der 1990er Jahre im Auftrag des BMUB Daten zur medizinischen Strahlenexposition in Deutschland und wertet diese aus. Seit 2002 ist die regelmäßige Ermittlung der medizinischen Strahlenbelastung der Bevölkerung gemäß RöV Amtsaufgabe des BfS.

Ärztliche Leistungen werden über spezielle Gebührensätze abgerechnet, die die medizinischen Leistungen und damit auch die hier interessierenden radiologischen Maßnahmen beschreiben. Da ca. 98 % der deutschen Bevölkerung gesetzlich oder privat krankenversichert sind, kann die Häufigkeit röntgendiagnostischer Untersuchungen gut mithilfe dieser Gebührensätze abgeschätzt werden. Diese werden dem BfS von der kassenärztlichen und kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung sowie dem Verband der privaten Krankenversicherung regelmäßig zur Verfügung gestellt.

Die Mehrzahl der Untersuchungsverfahren in der Röntgendiagnostik ist mit einer relativ niedrigen Strahlenbelastung verbunden. Das sind im Wesentlichen die Untersuchungen, bei denen nur Röntgenaufnahmen angefertigt werden („konventionelle Röntgenaufnahmen“).

Zur Untersuchung von Bewegungsvorgängen (z. B. des Herzens) oder zur genaueren Beurteilung von sich überlagernden Strukturen (z. B. des Magen-Darm-Traktes) ist bei einigen Untersuchungen zusätzlich eine Röntgendurchleuchtung notwendig. Durchleuchtungen werden auch für angiographische Untersuchungen (Gefäßuntersuchungen) und interventionelle Maßnahmen genutzt. Bei Letzteren werden unter Durchleuchtungskontrolle Heilmaßnahmen, wie z. B. die Aufdehnung verengter oder verschlossener Blutgefäße, durchgeführt. Bei Röntgendurchleuchtungen ist die Strahlendosis für den Patienten im Vergleich zu einer konventionellen Röntgenaufnahme zum Teil deutlich höher.

Die CT ist ein Schnittbildverfahren der Röntgendiagnostik mit sehr großer diagnostischer Aussagekraft, die mit keinem anderen Röntgenverfahren erreicht wird. Auf Grund der relativ hohen Strahlendosis ist hier jedoch eine besonders strenge Indikationsstellung, d. h. eine sorgfältige Abwägung zwischen Nutzen und Risiko für den Patienten durch den anwendenden Arzt erforderlich.

In den BMUB-Jahresberichten über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ sind für häufige Röntgenuntersuchungen die Bereiche mittlerer Werte der effektiven Dosis dargestellt.

Die aktuelle Auswertung der Daten zur Häufigkeit und Dosis von Röntgenuntersuchungen in Deutschland bezieht sich auf die Jahre 1996 bis 2012. Für die Analyse der Daten wird ein standardisiertes Verfahren eingesetzt, mit dem eine einheitliche Auswertung von Zeitreihen und damit eine Trendanalyse möglich ist. Details zur Methodik der Auswertung sind den BMUB-Jahresberichten zu entnehmen.

Abbildung IV.1-1

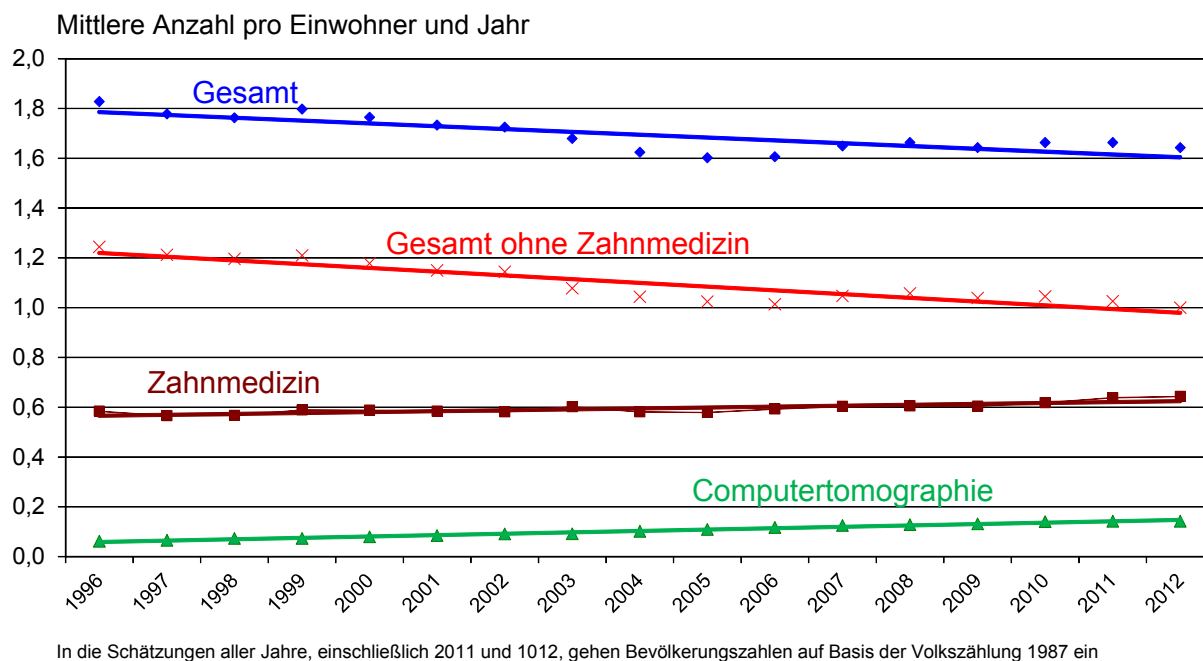
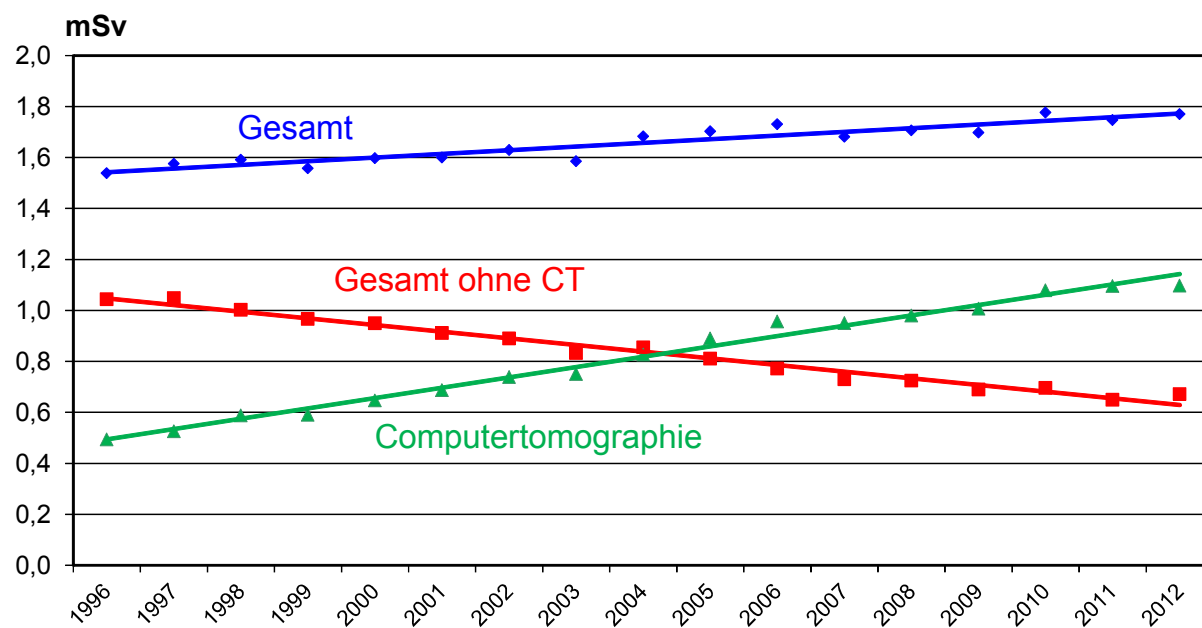
Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in Deutschland

Abbildung IV.1-2

Mittlere effektive Dosis durch Röntgenuntersuchungen mit und ohne CT sowie Dosis durch CT pro Einwohner und Jahr (mSv)

Ergebnisse der aktuellen Auswertung für die Jahre 1996 bis 2012

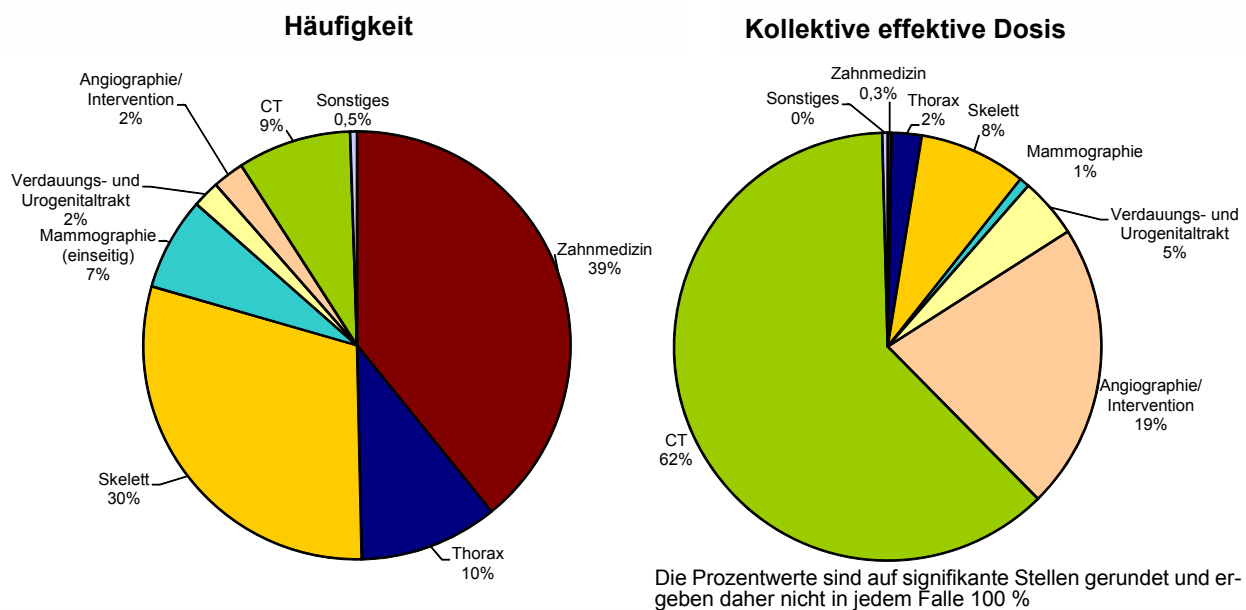
Das statistische Bundesamt hat für die Jahre 2011 und 2012 Bevölkerungszahlen auf Basis des neuen Zensus 2011 veröffentlicht. Für die Jahre davor wurden die Bevölkerungszahlen auf der Grundlage der Volkszählung 1987 abgeschätzt (höhere Werte). Aus Gründen der Vergleichbarkeit (Zeitreihen) wird im Folgenden und in den Abbildungen die fortgeschriebene Bevölkerungszahl auf der Grundlage der Volkszählung von 1987 verwendet.

Die Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in Deutschland nahm während des betrachteten Zeitraums 1996 bis 2012 insgesamt ab. Für die Jahre 2007 bis 2012 sind die Werte gegenüber 2006 leicht erhöht. Dies ist im Wesentlichen auf die Einführung des Mammographie-Screening-Programms (MSP) in Deutschland und der damit einhergehenden - seit 2007 recht deutlichen - Zunahme der Mammographien im ambulanten kassenärztlichen Bereich zurückzuführen. Der Wert für die Gesamthäufigkeit für das Jahr 2012 liegt bei etwa 1,6 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner (siehe [Abbildung IV.1-1](#))⁹. Die zahnmedizinische Röntgendiagnostik beläuft sich nahezu konstant auf etwa 0,6 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner und Jahr, was im Mittel einem Drittel der Gesamtanzahl der Röntgenuntersuchungen entspricht. Neben den zahnmedizinischen Untersuchungen entfällt der größte Teil aller Röntgenuntersuchungen auf das Skelett (d.h. Schädel, Schultergürtel, Wirbelsäule, Beckengürtel, Extremitäten) und auf den Brustkorb (Thorax, vergleiche auch [Abbildung IV.1-3](#)).

In der Trendanalyse ist am auffälligsten die stetige Zunahme der Computertomographie (CT)-Untersuchungen – insgesamt hat sich die Anzahl der CT-Untersuchungen zwischen 1996 und 2012 mehr als verdoppelt (Zunahme um etwa 130 %, siehe [Abbildung IV.1-1](#)).

Abbildung IV.1-3

Prozentualer Anteil der verschiedenen Untersuchungsarten an der Gesamthäufigkeit und an der kollektiven effektiven Dosis in Deutschland für das Jahr 2012



Im Gegensatz zur CT-Häufigkeit hat die Anzahl der konventionellen Röntgenuntersuchungen des Schädels, des Thorax, der Wirbelsäule und des Bauchraumes einschließlich des Verdauungs- und des Urogenitaltrakts im Zeitraum 1996 bis 2012 abgenommen.

Die mittlere effektive Dosis aus Röntgenuntersuchungen pro Einwohner in Deutschland beläuft sich für das Jahr 2012 auf ca. 1,8 mSv¹⁰. Über den Beobachtungszeitraum 1996 bis 2012 ist insgesamt ein ansteigender Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr zu verzeichnen (siehe [Abbildung IV.1-2](#)). Dieser Trend ist im

⁹ Die Schätzung für die Gesamthäufigkeit auf Basis der fortgeschriebenen Bevölkerungszahl beträgt 1,64 und auf Basis des neuen Zensus 1,67 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner und Jahr.

¹⁰ Die Schätzung beträgt 1,77 mSv auf Basis der fortgeschriebenen Bevölkerungszahl bzw. 1,80 mSv auf Basis des neuen Zensus pro Einwohner und Jahr.

Wesentlichen durch die Zunahme der CT-Untersuchungshäufigkeit und der damit einhergehenden Zunahme der effektiven Dosis pro Kopf bedingt. Demgegenüber nimmt die effektive Dosis pro Kopf der Bevölkerung bei den restlichen Untersuchungsverfahren über die Jahre 1996 bis 2012 deutlich - um mehr als ein Drittel - ab (siehe [Abbildung IV.1-2](#)).

Die CT sowie die ebenfalls dosisintensive Angiographie (einschließlich der interventionellen Maßnahmen) tragen nur etwa 10% zur Gesamthäufigkeit bei, ihr Anteil an der aus allen Röntgenuntersuchungen resultierenden kollektiven effektiven Dosis betrug im Jahr 2012 jedoch mehr als 80% (siehe [Abbildung IV.1-3](#)).

Röntgenreihenuntersuchungen zur Früherkennung von Brustkrebs (Mammographie-Screening)

Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung und die häufigste Krebstodesursache bei Frauen. Im Jahr 2011 wurde laut Robert-Koch-Institut¹¹ bei etwa 70 000 Frauen eine Brustkrebsdiagnose gestellt (mittleres Erkrankungsalter: 64 Jahre im Jahr 2010). Im Jahr 2011 verstarben nach Angaben des Robert-Koch-Instituts (www.krebsdaten.de) insgesamt etwa 17 800 Frauen an den Folgen einer Brustkrebserkrankung. Damit war Brustkrebs die vierthäufigste Todesursache bei Frauen. Wird Brustkrebs frühzeitig erkannt, kann dies den Erfolg einer Therapie und damit die Überlebenswahrscheinlichkeit der Betroffenen erhöhen. Die Röntgenuntersuchung der Brust (Mammographie) gilt als effektive Methode zur Früherkennung von Brustkrebs bei Frauen zwischen 50 und 69 Jahren. Daher hatte sich der Deutsche Bundestag bereits am 28.6.2002 für die Einführung eines organisierten und qualitätsgesicherten Mammographie-Screening-Programms auf der Grundlage der europäischen Leitlinien ausgesprochen.

Zur schrittweisen Einführung des Mammographie-Screening-Programms (MSP) wurde 2003 die Kooperationsgemeinschaft Mammographie (KoogG) gegründet (<http://www.mammo-programm.de>, siehe dort zu Informationen zum Programm). 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 10,5 Mio. Frauen. Die Teilnahmerate lag 2011 bei 56%¹².

Würden die von den EU-Leitlinien geforderten 70% der anspruchsberechtigten Frauen an der Screening-Maßnahme teilnehmen, so beliefe sich unter der Annahme einer effektiven Dosis von 0,5 mSv pro Screening-Untersuchung die daraus resultierende kollektive effektive Jahresdosis auf etwa 1 800 Personen-Sv pro Jahr. Dies entspricht weniger als 1,5% der kollektiven effektiven Dosis der gesamten jährlichen Röntgendiagnostik in Deutschland. Wie bereits erwähnt, spielen Screening-Mammographien bei der in [Abbildung IV.1-3](#) dargestellten Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen zunehmend eine Rolle. Dies schlägt sich jedoch - auf Grund der vergleichsweise niedrigen Dosis pro Untersuchung - in den Abbildungen zur Dosis ([IV.1-2](#) und [IV.1-3](#) rechts) kaum nieder.

Übergeordnetes Ziel des MSP ist die nachhaltige Verringerung der Brustkrebs-Mortalität. Im Jahr 2010 wurden vom BMUB in Kooperation mit dem BfS erste konkrete Schritte zur Evaluation der Brustkrebsmortalität in die Wege geleitet. An der Finanzierung dieses komplexen Projektes beteiligen sich das BMUB, das BMG sowie die Träger des MSP. Die Mortalitäts-evaluation ist Gegenstand eines UFOPLAN-Forschungsvorhabens. Dieses begann im Juli 2012 zunächst mit einer zweijährigen Machbarkeitsstudie, an die sich eine erweiterte Machbarkeitsphase über weitere 1,5 Jahre anschließen wird. Insgesamt ist das Vorhaben auf 10 Jahre ausgelegt.

2. Nuklearmedizinische Diagnostik

In der nuklearmedizinischen Diagnostik werden den Patienten radioaktive Arzneimittel verabreicht, die sich je nach ihren chemischen Eigenschaften im Stoffwechsel des Menschen unterschiedlich verhalten und sich in unterschiedlicher Konzentration in den Organen oder Geweben des Menschen vorübergehend anreichern. Sie sind auf Grund ihrer Radioaktivität mit geeigneten Messverfahren von außen in ihrer zeitlichen und räumlichen Verteilung im Patienten darstellbar. Die nuklearmedizinische Diagnostik liefert Aussagen zur Funktion nahezu sämtlicher Organsysteme sowohl hinsichtlich allgemeiner Stoffwechselstörungen als auch örtlich umschriebener Krankheitsherde und ist daher eine wichtige Ergänzung zur Röntgendiagnostik.

Mit der Einführung der Positronenemissionstomographie (PET) ist es möglich geworden, zell- und molekularbiologische Teilfunktionen des Körpers in hoher räumlicher Auflösung bildgebend darzustellen. Die PET hat - insbesondere auch in Kombination mit der Computertomographie (PET/CT) - die Leistungsfähigkeit der Diagnostik in der Neurologie, Kardiologie und vor allem in der Onkologie deutlich verbessert.

¹¹ Krebs in Deutschland 2009/2010. 9. Ausgabe. Robert Koch-Institut und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (Hrsg.), Berlin 2013

¹² Evaluationsbericht 2011. Zusammenfassung der Ergebnisse des Mammographie-Screening-Programms in Deutschland. Kooperationsgemeinschaft Mammographie, Berlin, Dezember 2014 (http://fachservice.mammo-programm.de/download/Evaluationsbericht_2011_Zusammenfassung_der_Ergebnisse.pdf)

Die Ergebnisse der aktuellen Auswertung der Daten zur Häufigkeit und Dosis von nuklearmedizinischen Untersuchungen beziehen sich auf den Fünfjahres-Zeitraum 2008 bis 2012. Pro Jahr wurden in Deutschland in dieser Zeit im Mittel ca. 2,8 Millionen nuklearmedizinische Untersuchungen durchgeführt, was einer jährlichen Anwendungshäufigkeit von 34,5 Untersuchungen pro 1000 Einwohner entspricht¹³. Am häufigsten wurden Szintigraphien der Schilddrüse und des Skeletts durchgeführt (Abbildung IV.2-1).

Es wurde eine über den Zeitraum 2008 bis 2012 gemittelte effektive Dosis von etwa 0,1 mSv pro Einwohner und Jahr ermittelt. Rund 80% der kollektiven effektiven Dosis werden durch die Skelett-, die Myokard-(Herz-) und die Schilddrüsenszintigraphie verursacht (Abbildung IV.2-1).

Die mittleren effektiven Dosiswerte nuklearmedizinischer Untersuchungen waren bei Entzündungs- und Gehirnszintigraphien (jeweils 7,7 mSv pro Untersuchung) am höchsten. Die am häufigsten angewendete Schilddrüsenszintigraphie weist eine recht niedrige effektive Dosis von durchschnittlich 0,9 mSv pro Untersuchung auf. Die bei Kindern relativ häufig durchgeführten Nierenuntersuchungen sind ebenfalls durch eine niedrige Strahlenexposition gekennzeichnet (durchschnittlich 0,7 mSv pro Untersuchung).

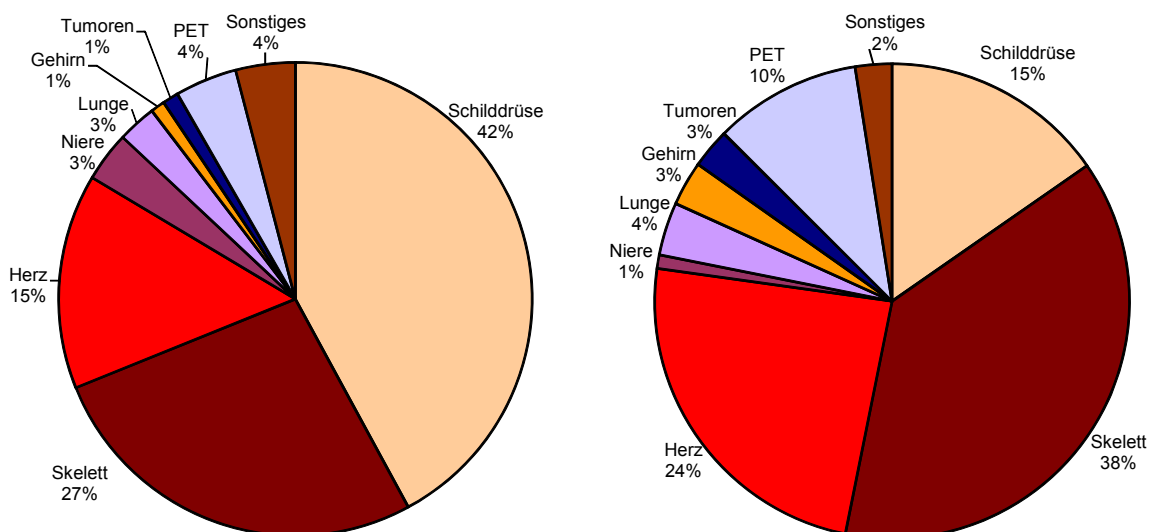
Verglichen mit der Strahlenbelastung durch die Röntgendiagnostik ist die Exposition durch die nuklearmedizinische Diagnostik relativ gering.

3. Therapie mit ionisierender Strahlung

Die Zahl der jährlich auftretenden Neuerkrankungen an Krebs in Deutschland wird für das Jahr 2014 auf ca. 265000 Erkrankungen bei Männern und auf ca. 236000 bei Frauen prognostiziert. Die Therapie einer Krebserkrankung erfolgt üblicherweise als Kombination von Chirurgie, Strahlentherapie und Chemotherapie, wobei die Strahlentherapie in den letzten Jahren eine immer größere Bedeutung erlangt hat. Bei der Strahlentherapie wird eine möglichst hohe Strahlendosis in einem definierten Körperbereich („Zielvolumen“) verabreicht, um das Tumorgewebe zu zerstören. Gleichzeitig soll das benachbarte gesunde Gewebe so weit wie möglich geschont werden. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit von Strahlentherapeuten und Medizinphysik-Experten bei der individuellen Therapieplanung. Ständige Qualitätssicherung und -kontrolle sind in der Strahlentherapie von zentraler Bedeutung.

Abbildung IV.2-1

Prozentualer Anteil der nuklearmedizinischen Untersuchungen und ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis in Deutschland im Jahr 2012



¹³ Auf Basis der Bevölkerungszahl gemäß Zensus von 2011 und entsprechend extrapolierte Bevölkerungszahlen für 2007 bis 2010 beträgt die Schätzung 35,2 Untersuchungen pro 1000 Einwohner und Jahr.

Die am häufigsten in der Strahlentherapie eingesetzte Bestrahlungsart ist die in Linearbeschleunigern erzeugte, von außen durch die Haut des Patienten verabreichte Photonenstrahlung.

Bei der Brachytherapie erfolgt die Bestrahlung mithilfe einer Strahlenquelle, die innerhalb oder in unmittelbarer Nähe des zu bestrahlenden Organs oder Gewebes im Körper des Patienten platziert wird. Ein typisches Anwendungsgebiet der Brachytherapie ist z.B. die Behandlung von Prostatakarzinomen.

In zunehmendem Maße kommt an neu errichteten Zentren auch Teilchenstrahlung (Protonen, Schwerionen) zum Einsatz, deren physikalische Eigenschaften eine Schonung gesunden Körpergewebes erwarten lassen. Hinsichtlich des resultierenden Nutzen-Risiko-Verhältnisses wird sie derzeit im Rahmen klinischer Studien bewertet.

Nach Angaben der „Strahlentherapie in Norddeutschland“¹⁴ wurden im Jahr 2013 in den sechs Bundesländern Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein (17,2 Mio. Einwohner, ca. 21 % der bundesdeutschen Bevölkerung, geschätzt etwa 104 000 Krebsneuerkrankungen im Jahr 2013) etwa 71 200 Patienten einer Strahlentherapie unterzogen. Etwa 14 % dieser Patienten wurden wegen einer gutartigen Erkrankung strahlentherapiert. Somit wurde in etwa 60 % der Krebsfälle eine Strahlentherapie durchgeführt. Werden diese Zahlen auf Deutschland hochgerechnet, so erhielten im Jahr 2013 etwa 340 000 Patienten eine Strahlentherapie, davon ca. 290 000 wegen einer bösartigen Erkrankung. Nach Angaben der „Strahlentherapie in Norddeutschland“ nimmt die Anzahl der Strahlentherapien stetig zu, in den zehn Jahren zwischen 2004 und 2013 ist die Anzahl der Patienten um 50 % gestiegen.

4. Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen

In der Radionuklidtherapie wird die Möglichkeit genutzt, durch die Wahl geeigneter radioaktiver Arzneimittel direkt in bzw. an der Tumorzelle zu bestrahlen. Das bekannteste Beispiel ist das Radionuklid Jod-131, das sich größtenteils im Schilddrüsengewebe anreichert und dort mit seiner Strahlung z.B. Schilddrüsenzellen, die übermäßig Schilddrüsenhormone produzieren, oder Tumorzellen vernichtet. Im Jahr 2008 wurden in Deutschland etwa 45 000 Radiojodtherapien durchgeführt¹⁵. Weitere wichtige Anwendungen sind die Radiosynoviorthese, d.h. die Behandlung spezieller Gelenkerkrankungen (ca. 70 000 im Jahr 2012), sowie die palliative Behandlung schmerzhafter Knochenmetastasen (Ziel: Schmerzlinderung bei nicht heilbarer Erkrankung). Zunehmende Bedeutung gewinnt die Radioimmuntherapie. Dabei werden spezifisch gegen Tumorzellen gerichtete Antikörper radioaktiv markiert, um diese Tumorzellen gezielt durch Strahlung zu zerstören (z.B. bei Lymphomen).

5. Internationaler Vergleich

Im internationalen Vergleich liegt Deutschland bei der medizinischen Strahlenexposition der Bevölkerung durch radiologische Maßnahmen im oberen Bereich.

Jedoch war bereits im Jahr 2000 in den USA und in Japan allein die aus CT-Untersuchungen resultierende effektive Dosis pro Kopf der Bevölkerung in der Größenordnung bzw. höher als die Gesamtdosis für alle in Deutschland durchgeführten diagnostischen Röntgenleistungen. In den USA betrug im Jahr 2006 die effektive Dosis pro Kopf aus Röntgen- sowie nuklearmedizinischer Diagnostik 3 mSv, wobei die CT bzw. nuklearmedizinische Untersuchungen etwa die Hälfte bzw. ein Viertel beitrugen¹⁶.

Um auf EU-Ebene eine solide Grundlage für einen internationalen Vergleich zu erhalten, wurde Ende des Jahres 2004 die mit EU-Mitteln geförderte Arbeitsgruppe DOSE DATAMED gebildet, wobei Deutschland durch das BfS vertreten wurde. Ziel des EU-Vorhabens war es, die Methoden zur Datenerfassung und -auswertung für die zehn teilnehmenden Länder zu analysieren sowie eine einheitliche Methode für die Bewertung im internationalen Vergleich zu entwickeln. Es zeigte sich, dass in allen zehn DOSE-DATAMED-Ländern Computertomographien, Angiographien und Interventionen den größten Teil zur kollektiven effektiven Dosis beitragen. Für alle Röntgenuntersuchungen zusammen genommen (ohne Zahnmedizin) unterscheiden sich die Länder bezüglich der Häufigkeit maximal um den Faktor 2,5 und bezüglich der effektiven Dosis pro Einwohner maximal um den Faktor 4,5 mit den höchsten Schätzwerten für Belgien, Deutschland und Luxemburg und den niedrigsten für Dänemark, die Niederlande und das Vereinigte Königreich. Die zum Teil beträchtlichen Unterschiede bei der Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen und der zugehörigen mittleren effektiven Dosis pro Einwohner, die in den zehn Ländern beobachtet wurden, können zum großen Teil auf die verschiedenartigen Gesundheitssysteme der betrachteten

¹⁴ Brodersen HJ: Strahlentherapie in Norddeutschland 2012/13 Radioonkologie in den Bundesländern Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein, 20. Auflage, 2013/2014, www.strahlentherapie-nord.de

¹⁵ Lorenz R, Dietlein M, Reiners C: Stationäre nuklearmedizinische Therapie in Deutschland. Nuklearmedizin 49: 49-57, 2010

¹⁶ National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, NCRP Report No. 160, 2009

Staaten zurückgeführt werden.¹⁷ Im Jahr 2010 wurde das EU-Folge-Projekt „Dose Datamed 2“ initiiert, das zum Ziel hatte, die Datenbasis um weitere europäische Länder zu erweitern sowie den alten Datenbestand zu aktualisieren. Die Ergebnisse finden sich auf www.ddmed.eu. Das Dose Datamed 2-Projekt liefert umfangreiche Daten aus 36 europäischen Ländern für einen umfassenden Vergleich auf europäischer Ebene sowie Schätzungen für die medizinische Strahlenexposition der Bevölkerung in Europa. Werden alle 27 EU-Länder sowie die drei EFTA-Länder Norwegen, Island und die Schweiz als Gruppe betrachtet, so lauten die Schätzungen für die mittlere effektive Dosis infolge von Röntgenmaßnahmen beziehungsweise nuklearmedizinischer Maßnahmen 1,07 mSv beziehungsweise 0,07 mSv pro Einwohner.

6. Strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition

Eine strahlenhygienische Bewertung muss berücksichtigen, dass medizinische Strahlenexpositionen nicht die gesamte Bevölkerung betreffen. Betroffen sind in erster Linie Patientinnen und Patienten, also der Teil der Bevölkerung, der aus der Strahlenexposition einen unmittelbaren diagnostischen oder therapeutischen Nutzen ziehen kann. Eine eingehende Nutzen-Risiko-Abwägung vor jeder Anwendung einer strahlendiagnostischen Maßnahme ist daher von zentraler Bedeutung. Wird die sorgfältige Feststellung dieser rechtfertigenden Indikation durch den fachkundigen Arzt sowie eine Minimierung der Dosis vorausgesetzt, dann überwiegt für den Einzelnen der Nutzen der radiologischen Untersuchung das damit einhergehende Strahlenrisiko.

Weiterhin ist bei einer Bewertung der medizinischen Strahlenexposition einzubeziehen, dass es sich bei der Mehrheit der Patienten, die sich einer radiologischen Untersuchung unterziehen, um ältere Menschen handelt, für die die Wahrscheinlichkeit einer strahlenbedingten Krebserkrankung deutlich geringer ist als für jüngere Personen. Auch schwer erkrankte Patienten werden häufig auf Grund ihrer Erkrankung – und dann in kurzer Zeit oftmals mehrfach – radiologisch untersucht. Im Vergleich zur Normalbevölkerung ist die Lebenserwartung dieser Patienten oft deutlich verkürzt. In die strahlenhygienische Bewertung sollte somit neben dem Alter auch die Indikationsstellung einbezogen werden. Beispielsweise entfallen nach den Ergebnissen einer Studie des BfS in Kooperation mit dem Universitätsklinikum Großhadern (München) – hochgerechnet auf Deutschland – mindestens 10% der kollektiven effektiven Dosis aller Röntgenuntersuchungen in Deutschland auf Krebspatienten. Da für die Patienten dieser Studie keine Röntgenuntersuchungen anderer Einrichtungen berücksichtigt werden konnten, liegt der tatsächliche Anteil vermutlich noch höher, schätzungsweise bei 15 bis 20%.

Die hohe Pro-Kopf-Anzahl röntgendiagnostischer Maßnahmen für Deutschland spiegelt den Stand der hiesigen Gesundheitsversorgung wider. Dennoch existiert sicherlich ein deutliches Einsparpotenzial ohne Beeinträchtigung der Patientenversorgung. Hierzu können die diagnostischen Referenzwerte zur Optimierung der medizinischen Exposition (bessere Qualität der Untersuchung, niedrigere Dosis) ebenso einen wesentlichen Beitrag leisten wie strengere Kriterien bei der Indikationsstellung zur Durchführung röntgendiagnostischer Maßnahmen, die Vermeidung von Doppeluntersuchungen (bessere Kommunikation zwischen Arztpraxen) und die vermehrte Nutzung „alternativer“ diagnostischer Verfahren ohne die Verwendung ionisierender Strahlung (MRT, Sonographie).

V. Nichtionisierende Strahlung

Nichtionisierende Strahlung ist der Oberbegriff für den Teil des elektromagnetischen Spektrums, dessen Energie nicht ausreicht, um andere Atome zu ionisieren. Dazu gehören die statischen Magnetfelder (z. B. Erdmagnetfeld), niederfrequente elektrische und magnetische Felder (z. B. Stromversorgung) und hochfrequente elektromagnetische Felder (z. B. Mobilfunk) sowie die optische Strahlung (Ultraviolette Strahlung, sichtbares Licht, Infrarot). Mit dem zunehmenden Technisierungsgrad der Bevölkerung steigt auch die Zahl der künstlichen Quellen, die zu einer Exposition der allgemeinen Bevölkerung gegenüber nichtionisierender Strahlung beitragen können.

1. Elektromagnetische Felder

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 2013“ unter: doris.bfs.de.

¹⁷ DOSE DATAMED Bericht und Empfehlungen: European Commission, Radiation Protection No. 154, European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures. Final Report with two Annexes, Directorate-General for Energy and Transport (TREN-H4) 2008, ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/154_en.zip

Statische Magnetfelder

Magnetfelder üben Kräfte auf bewegte elektrisch geladene Teilchen aus. Im ruhenden menschlichen Körper betrifft das zum Beispiel Blutbestandteile, die vom Blutstrom bewegt werden. Bewegungen von Körperextremitäten und Bewegungen des gesamten Körpers führen ebenfalls zum Auftreten dieser Kräfte. Sehr hohe Feldstärken treten bei der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) auf, denen Patienten und ggf. das betreuende medizinische Personal ausgesetzt sein können. Wissenschaftliche Untersuchungen haben für Flussdichten unterhalb von vier Tesla keine direkten negativen gesundheitlichen Auswirkungen auf den menschlichen Körper ergeben. Dies gilt auch für schwangere Patientinnen. Indirekte Gefährdungen können zum Beispiel durch Kraftwirkungen auf metallische Implantate oder durch andere Beeinflussungen entstehen.

Statische Magnetfelder treten auch in der Umgebung von Straßenbahntrassen und Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ) auf. Die Flussdichten sind aber deutlich niedriger als bei der MRT.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder

Niederfrequente Felder induzieren im menschlichen Körper elektrische Felder, die die körpereigenen Felder überlagern. Um gesundheitliche Wirkungen auszuschließen, sind die induzierten Felder zu begrenzen.

Bei beruflicher Exposition mit starken niederfrequenten Magnetfeldern deuten epidemiologische Studien darauf hin, dass verstärkt neurodegenerative Erkrankungen auftreten. 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 wurden statistische Zusammenhänge gefunden. Um einen kausalen Zusammenhang zu prüfen, wurde eine umfangreiche tierexperimentelle Studie initiiert. Es wurde kein Zusammenhang zwischen einer Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern und den Mechanismen, die an der Entstehung und am Verlauf von Alzheimer-Demenz und ALS beteiligt sind, nachgewiesen. Der Abschlussbericht kann unter doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2014090311650 heruntergeladen werden.

2010 hat die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung ICNIRP aktualisierte Richtlinien zur Begrenzung der Exposition gegenüber niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern publiziert¹⁸. Die Richtlinien bilden die Basis für die 2013 novellierte 26. BImSchV, die den Schutz der Allgemeinbevölkerung in Deutschland regelt. In dem Forschungsvorhaben „Untersuchung des Einflusses von intrakorporalen Feldkomponenten“ wurde untersucht, ob die in den aktuellen Expositionsrichtlinien eingeführten Basiswerte konservativ sind und wie Expositionssituationen auf Basis der neuen Richtlinien dosimetrisch untersucht und bewertet werden können.

Leukämie im Kindesalter

Auf Grund konsistenter Ergebnisse epidemiologischer Studien wird ein erhöhtes Risiko für Leukämie im Kindesalter bei einer erhöhten häuslichen Magnetfeldexpositionen von mehr als 0,3 - 0,4 Mikrottesla (μT) diskutiert. Deshalb haben die WHO und die IARC bereits 2002 niederfrequente Magnetfelder als „möglicherweise krebserregend“ (Klasse 2B) eingestuft. Da bei der Entstehung dieser Erkrankung von einem multifaktoriellen Geschehen ausgegangen wird (verschiedene genetische und umweltbedingte Risikofaktoren zu verschiedenen Zeitfenstern), wurden auf Basis einer breit angelegten, international abgestimmten Forschungsagenda vom BfS fünf Pilotprojekte initiiert. Die im Dezember 2013 vorgestellten und diskutierten Ergebnisse zeigten, dass nur durch neue Wege und interdisziplinäre Zusammenarbeit ein möglicher Einfluss schwacher niederfrequenter Magnetfelder und ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich geklärt werden kann.

Hochfrequente elektromagnetische Felder

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden vom menschlichen Körper vor allem in Wärme umgewandelt. Nationale und internationale Forschungsprogramme, wie das vom BfS bis 2008 koordinierte Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm haben Hinweise auf gesundheitliche Wirkungen unterhalb der Grenzwerte insgesamt nicht bestätigt. Fragen nach Langzeitriskiken für Handynutzungszeiten über 10 Jahre und zu möglichen besonderen Wirkungen auf Kinder wird weiter nachgegangen. Seit 2012 werden gezielt Studien zu Wissensmanagement und Risikokommunikation gefördert, anteilig mitfinanziert durch die Mobilfunknetzbetreiber im Rahmen ihrer Selbstverpflichtung.

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

Der derzeit im Aufbau befindliche Funkdienst für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS-Funk) basiert auf dem TETRA (Terrestrial Trunked Radio)-Standard. Um beim Ausbau des BOS-Netzes die grundlegenden Anforderungen des Strahlenschutzes sowie der Information und Risikokommunikation angemessen

¹⁸ ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz - 100 kHz), www.icnirp.de/documents/LFg-dll.pdf

sen zu berücksichtigen, hat das BfS mit der Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS) eine Vereinbarung geschlossen. Darin ist festgelegt, dass die BDBOS zur Klärung offener wissenschaftlicher Fragen die Durchführung von Forschungsvorhaben zur Risikobewertung von Feldern des TETRA-Standards finanziert und das BfS diese fachlich und administrativ begleitet, in Anlehnung an das Verfahren, das sich bei der Umsetzung der Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber bewährt hat. Im Jahr 2013 wurde eine Probandenstudie zum Einfluss des BOS-Funks auf das Gehirn abgeschlossen, der Abschlussbericht kann unter doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2014090311644 heruntergeladen werden.

Selbstverpflichtung Mobilfunkbetreiber - weiterführende Forschung

Die Mobilfunkbetreiber haben sich im Dezember 2001 gegenüber der Bundesregierung dazu verpflichtet, den Verbraucher- und Gesundheitsschutz im Bereich des Mobilfunks zu verbessern. Schwerpunkte der hierzu abgegebenen Selbstverpflichtung liegen unter anderem auf der Verbesserung der Kommunikation und der finanziellen Unterstützung von Forschungsarbeit. Jährlich erstellte Gutachten dienen der Bundesregierung als Grundlage für die mit den Mobilfunkbetreibern geführten Gespräche zum Umsetzungsstand der Selbstverpflichtung. Es zeigt sich, dass bei der Lösung von Standortkonflikten, in einzelnen Bereichen der Forschung, bei der Information der Bürgerinnen und Bürger sowie bei der Verbraucherinformation trotz erreichter Verbesserungen nach wie vor weiterer Handlungsbedarf besteht. 2012 sagten die Mobilfunkbetreiber zu, die Selbstverpflichtung fortzuführen und stellten weitere finanzielle Mittel für die Forschung bereit. Die bisher erschienenen Berichte stehen unter www.izm.fz-juelich.de/de/node/101453/10986 zum Download.

Die im Rahmen der Selbstverpflichtung durch die Mobilfunkbetreiber anteilig mitfinanzierten Forschungsarbeiten des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms bezogen sich auf die Erforschung der Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder sowie auf die Ermittlung der Grundlagen für eine verbesserte Risikokommunikation. Der Schwerpunkt der fortführenden Forschung liegt nun auf „Wissensmanagement“ und „Risikokommunikation“. Nach der beim DMF üblichen Verfahrensweise der vergangenen Forschungsvorhaben werden und wurden nun Forschungsvorhaben zu Wissensmanagement und Risikokommunikation speziell für den Bereich Mobilfunk gefördert. Die Ergebnisse bzw. die Zwischenergebnisse von 3 Forschungsvorhaben können unter nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2014081211479 eingesehen werden. Die kompletten Abschlussberichte sind unter doris.bfs.de/jspui/ downloadbar. Die restlichen Vorhaben laufen und werden im Laufe des Jahres 2015 abgeschlossen sein.

Risikokommunikation - Forschung und Dialog

Speziell für den Bereich „Mobilfunk“ wurden bereits im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms Forschungsvorhaben durchgeführt, mit dem Ziel, die Wahrnehmung des Mobilfunks in der Gesellschaft und die Risikowahrnehmung an sich zu erfassen sowie Möglichkeiten zur Verbesserung der Risikokommunikation zu diesem Thema aufzuzeigen. Die Risikowahrnehmung im Bereich der Niederfrequenz wurde ebenfalls ermittelt. Die Berichte des DMF und der Nachfolgeforschung sind unter doris.bfs.de/jspui/, www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/risikokommunikation/risikokommunikation_abges und www.emf-forschungsprogramm.de/akt_emf_forschung.html einsehbar. Der Bericht über die Risikowahrnehmung im Bereich NF kann unter doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2009100601 eingesehen werden. Derzeit laufende bzw. bereits abgeschlossene Forschungsvorhaben unter dem Titel „Wissensmanagement und Risikokommunikation“ sind bzw. werden in doris.bfs.de/jspui/ eingestellt. Die Erstellung und Weiterentwicklung des EMF-Portals (www.emf-portal.de), einer Informationsplattform zum gesamten Themenbereich „elektromagnetische Felder“, wurde und wird durch das BfS im Rahmen von Forschungsvorhaben gefördert.

Runder Tisch elektromagnetische Felder

Bereits im Jahr 2004 wurde unter Leitung des Bundesamtes für Strahlenschutz ein Runder Tisch eingerichtet. Der Runde Tisch ist ein unabhängiges Beratungs- und Diskussionsgremium, das mehr Transparenz bei der Vermittlung und Kommunikation von Erkenntnissen im Bereich Strahlenschutz und Mobilfunk schaffen soll. Nach Abschluss des DMF wurde er als „Runder Tisch Elektromagnetische Felder“ (RTEMF) fortgeführt. Das Themenspektrum wurde dabei auf den Bereich Niederfrequenz, speziell Stromnetzausbau, erweitert. Der RTEMF hat sich als Forum etabliert, auf dem die Mitglieder ihre Sichtweisen und Erkenntnisse zu Fragen des Strahlenschutzes bei EMF diskutieren und austauschen können.

Umweltzeichen „Blauer Engel“

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat bereits im Jahr 2001¹⁹ empfohlen, „bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen.“

¹⁹ SSK-Empfehlung „Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern“, Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 2001, Band 58, Bonn 2003

Unter Mitwirkung des BfS sind für unterschiedliche Verbraucherprodukte Vergabegrundlagen für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ erarbeitet worden, mit denen strahlungsarme Produkte gekennzeichnet werden können. Mittlerweile sind zum Beispiel die Schnurlostelefone „Sinus“ der Telekom mit dem Blauen Engel ausgezeichnet. Von dieser erfreulichen Entwicklung abgesehen wird der Blaue Engel von Herstellern strahlungsarmer Produkte leider immer noch nur vereinzelt genutzt.

2. Optische Strahlung

2.1 Forschung zur UV-Strahlung

UV-Exposition zur Vitamin-D-Bildung

Übermäßige UV-Belastung führt zu sofortigen sowie dauerhaften und irreversiblen Gesundheitsschäden an Auge und Haut. Gleichzeitig wirkt sich UV-Strahlung gesundheitsfördernd aus, indem durch UV-B-Strahlung die körpereigene Synthese von Vitamin D induziert wird. Die Tatsache, dass UV-B-Strahlung ein nachgewiesenes Kanzerogen ist, gleichzeitig aber auch für die körpereigene Vitamin-D-Synthese benötigt wird, führt zu international widersprüchlichen Empfehlungen hinsichtlich einer gesundheitsförderlichen UV-Exposition - also letztendlich hinsichtlich des richtigen UV-Schutz-Verhaltens.

Zur Verbesserung der wissenschaftlichen Datenlage bezüglich herrschender UV-Strahlungsintensitäten in Deutschland und der Frage nach den notwendigen Dosen, mit denen ein ausreichend hoher Vitamin-D-Spiegel erreicht werden kann, wurden in den letzten Jahren Forschungsvorhaben vom BfS initiiert. Um unter anderem den Fragen nachzugehen, wie sich die Vitamin-D-Bildungsrate bei UV-Bestrahlungen in üblich genutzten Solarien verhält und inwieweit die Nutzung von Hautcremes mit einem Lichtschutzfaktor (LSF) von 15 Einfluss auf die körpereigene Vitamin-D-Bildung nehmen, wurde 2013 ein Forschungsvorhaben initiiert und betreut.

Weiterführende molekularbiologische Untersuchung UV-bedingter DNA-Schäden

2013 wurde im Rahmen des Umweltforschungsplans des BMUB eine Untersuchung über Wechselwirkungen von UV-A- und UV-B-Strahlung bei gleichzeitiger und aufeinander folgender (sequentieller) Exposition in menschlichen Hautzellen gefördert. Im Rahmen dieses Projektes wurden Vorarbeiten für das BMBF-Verbundprojekt „KAUVIR - Kombination statt Addition: UV bis Infrarot-Strahlung in der Krebsentstehung und Alterung“ geleistet. Ausführende Stellen sind hier das Deutsche Krebsforschungszentrum, Elbe Kliniken Buxtehude, IUF - Leibniz-Institut für umweltmedizinische Forschung, Düsseldorf und die Technische Universität Darmstadt (Förderkennzeichen: 02NUK036C). Hier werden kombinatorische Wirkungen optischer Strahlung untersucht. Das BfS wird über die Ergebnisse des Verbundprojektes „KAUVIR“ informiert.

Beratung in Solarienbetrieben

Neben dem seit August 2009 geltenden Nutzungsverbot für Minderjährige ist unter anderem seit November 2012 das Angebot einer Beratung und Information für Nutzerinnen und Nutzer von Solarien durch gemäß UV-Schutzverordnung (s. Rechtliche Regelung von Solarienbetrieben) geschultes Fachpersonal rechtlich vorgeschrieben. Der Nutzen dieses Beratungsgebots ist zu evaluieren. Hierzu wurde 2013 ein Forschungsvorhaben vom BfS betreut.

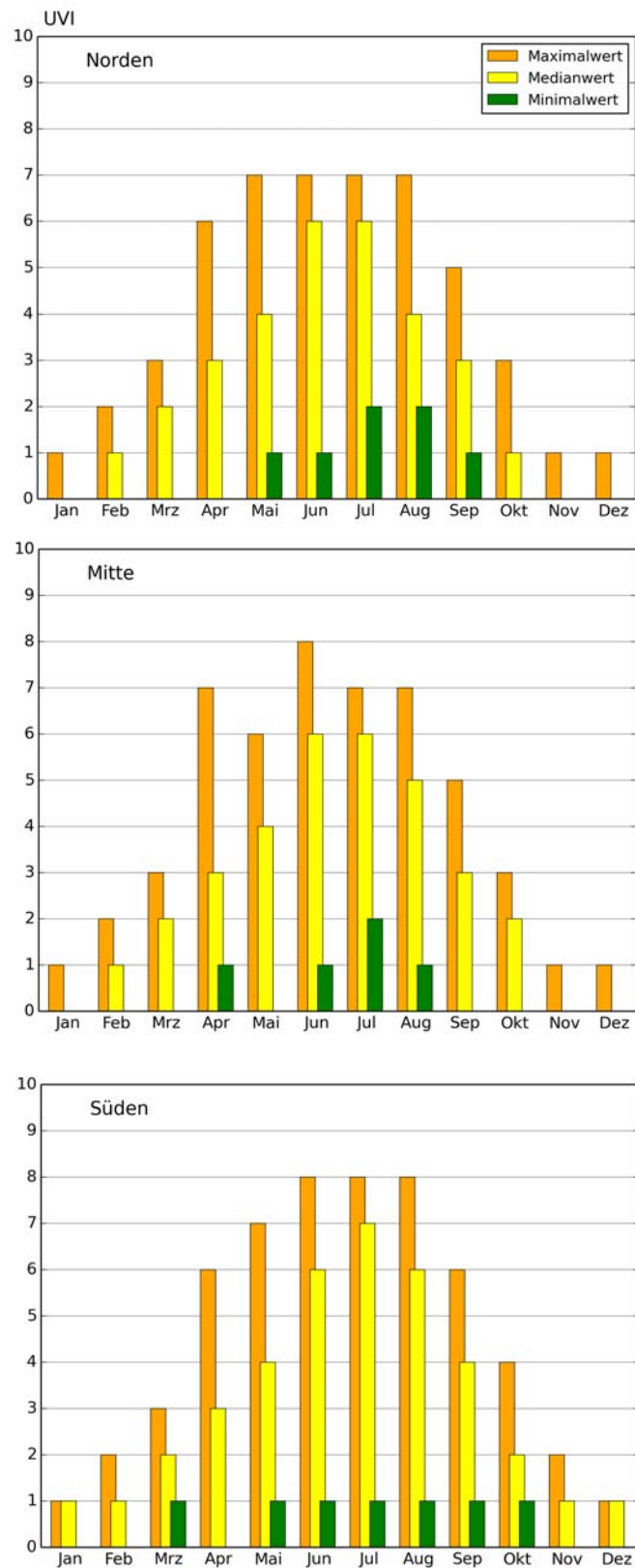
2.2 Solares UV-Monitoring in Deutschland

Im Rahmen des deutschlandweiten solaren UV-Messnetzes (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-messnetz/uv-messnetz.html) wurde auch im Jahr 2013 an zehn repräsentativen Standorten in Deutschland kontinuierlich die bodennahe solare UV-Strahlung spektral aufgelöst gemessen. Die Messdaten werden in der BfS-Messnetzzentrale in Neuherberg/Oberschleißheim gesundheitlich bewertet, dokumentiert und regelmäßig veröffentlicht.

Von den ermittelten Messwerten der bodennahen, solaren UV-Bestrahlungsstärke wird der so genannte UV-Index (UVI) abgeleitet. Der UV-Index beschreibt den am Boden auftretenden Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen (erythemwirksamen) UV-Strahlung und bezieht sich stets auf eine horizontale Fläche. Je höher der UVI an einem Tag ist, desto schneller kann bei ungeschützter Haut ein Sonnenbrand auftreten und desto eher sind Sonnenschutzmaßnahmen zu ergreifen (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/einfuehrung/einfuehrung_node.html). In den Sommermonaten werden sowohl die täglichen als auch die 3-Tages-Prognosen der UVI-Werte vom BfS im Internet unter www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/aktuell/aktuell_node.html veröffentlicht. Zusätzlich erscheint seit 2012 von Mai bis September freitags um 11 Uhr der BfS-Newsletter „UV-Prognose fürs Wochenende“ für Tageszeitungen, Wetterredaktionen und Interessierte (Anmeldung mit E-Mail uv-prognose-subscribe@mailman.bfs.de). In den Wintermonaten von Oktober bis März werden 3-Monats-Prognosen veröffentlicht. In **Abbildung V.2-1** sind für das Jahr 2013 die maximalen, mittleren und minimalen UV-Index-Werte eines jeweiligen Monats für den Norden, die Mitte und den Süden Deutschlands dargestellt.

Abbildung V.2-1

Maximale, mediale und minimale UVI-Werte der Monate im Jahr 2013 im Norden, in der Mitte und im Süden Deutschlands



Man erkennt die große Schwankungsbreite der UV-Werte, die vor allem wetterbedingt ist. In Norddeutschland trat von Mai bis August maximal der UV-Index-Wert von 7 auf. Ein maximaler UV-Index-Wert von 8 wurde in der Mitte Deutschlands im Juni und in Süddeutschland von Juni bis August erreicht. Ein UV-Index von 7 bedeutet bereits eine hohe UV-Belastung für die hellhäutige Bevölkerung, bei der Sonnenschutzmaßnahmen (s. www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/schutz_node.html) erforderlich sind. Bei einem UVI von 8 sind diese Schutzmaßnahmen sogar dringend anzuraten. Ein durch einen Abbau der atmosphärischen Ozonschicht bedingter Trend einer kontinuierlichen Zunahme der UV-Strahlungsintensität kann auf Grund der vielfältigen Einflussgrößen derzeit nicht nachgewiesen werden.

Ein aus Sicht des Strahlenschutzes hervorzuhebendes Ereignis trat Ende April 2013 auf, wie sich in **Abbildung V.2-1** an den für den Monat April erhöhten maximalen UVI-Werten erkennen lässt. Zur Verdeutlichung sind in **Abbildung V.2-2** die UVI-Werte eines jeden Tages zur Mittagszeit beispielhaft für Westerland/Sylt dargestellt. Die signifikante Zunahme der am Erdboden gemessenen UVI-Werte lag dort im Zeitraum von 23. bis 26. April 2013.

Der Grund für dieses Ereignis war ein so genanntes „Low-Ozone-Event“. Dabei handelt es sich grundsätzlich um ein lokales, temporäres und reversibles Ausdünnen der stratosphärischen Ozonschicht (s. **Abbildung V.2-3**: Verlauf der stratosphärischen Ozonkonzentration über Sylt im Jahr 2013), infolge derer die UV-Strahlung am Erdboden deutlich ansteigt. Während des „Low-Ozone-Events“ Ende April traten dabei im Minimum Ozon-Werte von 273 DU (Dobson Units) auf, welches einer Reduzierung um etwa 25-30% der sonst in diesem Zeitraum typischen Ozonwerte bedeutet.

Solche im Frühjahr auftretenden „Low-Ozone-Events“ wurden in Deutschland nicht nur 2013, sondern auch in den Jahren zuvor beobachtet. Da im Frühjahr in Deutschland solche stark erhöhten UV-Strahlungsintensitäten normalerweise nicht zu erwarten sind, ist die Gefahr groß, dass sich Menschen unbewusst hohen UV-Belastungen aussetzen und dadurch vermehrt Sonnenbrände auftreten. Um dem sich damit erhöhenden Hautkrebsrisiko vorzu-

Abbildung V.2-2

Jahresverlauf der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke in Westerland/Sylt im Jahr 2013. Die graue Kurve entspricht dem theoretischen Verlauf bei ganzjährig wolkenlosen Himmel und atmosphärischen Standardbedingungen

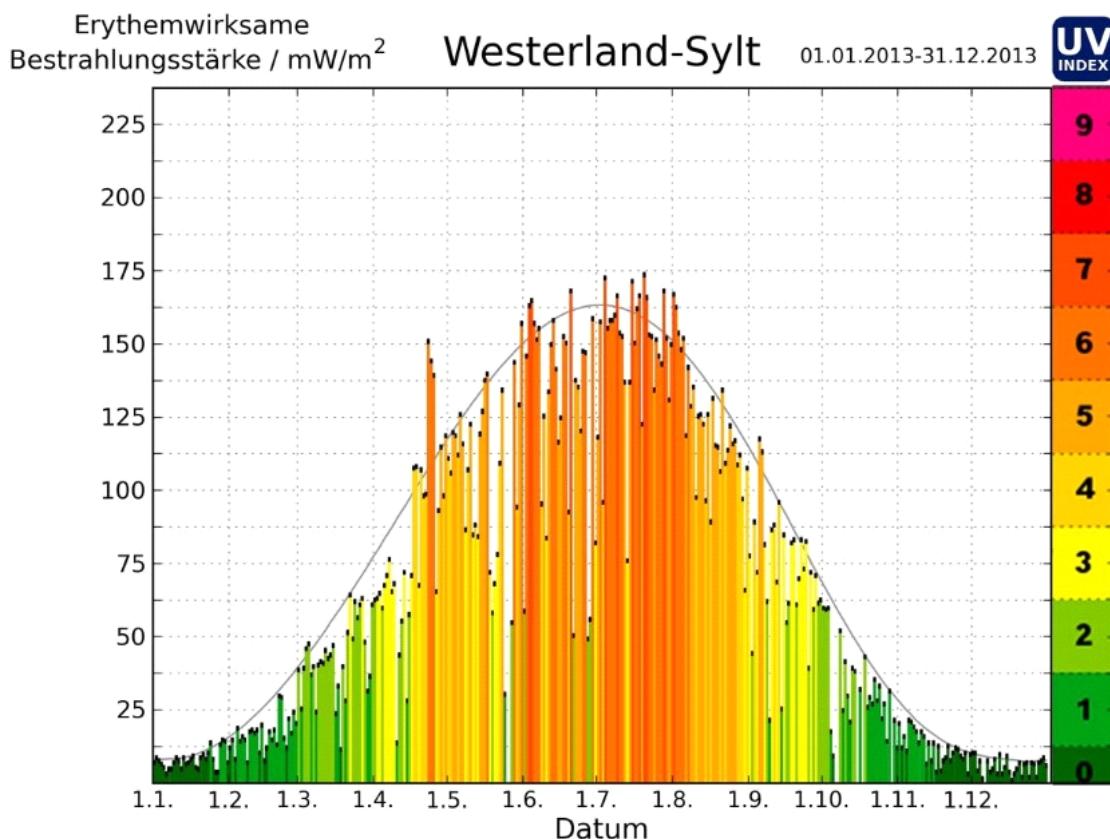
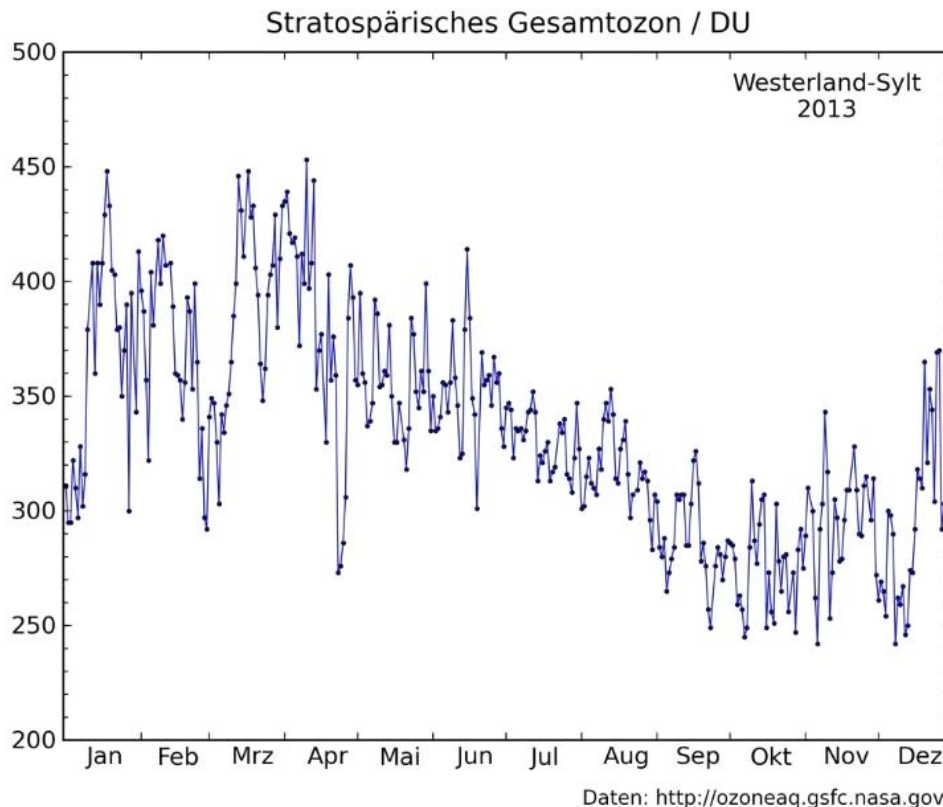


Abbildung V.2-3

Typischer Jahresverlauf der stratosphärischen Gesamtozonsäule über Westerland/Sylt mit dem signifikanten Abfall der Werte Ende April 2013 (ozoneaq.gsfc.nasa.gov)



beugen, sind zeitnahe und flächendeckende Messungen der bodennahen solaren UV-Strahlung wichtig und notwendig. Das UV-Monitoring dient somit über den wissenschaftlichen Anspruch hinaus der Aufklärung und zeitnahen Warnung und stellt damit ein effektives Tool der Hautkrebsprävention dar.

2.3 Rechtliche Regelungen von Solarienbetrieben

Das BMUB und das BfS haben sich auch 2013 für die Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung der UV-Belastung durch Solarien für Nutzer von Solarien eingesetzt.

Auf Initiative des BMUB wurden in Zusammenarbeit mit dem BfS rechtliche Regelungen erarbeitet. Im August 2009 trat das „Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen“ (NiSG), und am 1. Januar 2012 die auf diesem Gesetz basierende Rechtsverordnung für Solarien, die „Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher ultravioletter Strahlung“ (UVSV) in Kraft. Ein Handeln gegen die Vorgaben des NiSG oder der UVSV bedeutet eine Ordnungswidrigkeit und kann mit Geldbußen bis zu 50000 Euro geahndet werden. Die Kontrolle der Einhaltung der rechtlichen Vorgaben liegt bei den Bundesländern.

Basierend auf den praktischen Erfahrungen des BfS bei der Kontrolle der Solarienbetriebe, die im Rahmen des nicht mehr existenten freiwilligen Zertifizierungsverfahrens für Solarien nach den Kriterien des BfS zertifiziert wurden, bot das BfS auch 2013 mit Unterstützung des BMUB Informationsveranstaltungen für Vertreter von Landesbehörden an, die mit der Kontrolle von Solarien betreibenden Gewerben gemäß NiSG und UVSV betraut sind oder sein werden. Darüber hinaus unterstützen das BMUB und das BfS bei Bedarf die Behördenvertreter bei Klärung von Fragen zu Kontrollmaßnahmen. Auf Grund bestehender Nachfrage werden weitere Informationsveranstaltungen folgen.

Gemäß UV-Schutz-Verordnung ist die Beratung von Nutzerinnen und Nutzern in Solarien durch qualifiziertes Fachpersonal gefordert. Schulungen und Fortbildungen von Fachpersonal in Solarien dürfen ausschließlich Schulungsstätten durchführen, die hierfür eigens durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (www.dakks.de) akkreditiert werden. Für die fachlichen Belange der Akkreditierungsverfahren nahm das BfS auch 2013 beratende Funktion ein.

2.4 Hautkrebspräventionsmaßnahmen

UV-Aktion des BfS

Seit 2010 führt das Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen seiner Informationskampagne „Sonne – aber sicher“ (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/sonne/sonne_node.html) bundesweit Aktionen zum UV-Schutz durch. Dazu zählen neben einer mobilen UV-Ausstellung auch zielgruppenspezifische Unterrichtsmaterialien für Kindergärten, Grundschulen und Schulen der Sekundarstufe I. Die Unterrichtsmaterialien können ebenso wie sämtliche Informationsmaterialien zum Thema „UV-Strahlung“ kostenlos in gewünschter Stückzahl über das BfS bezogen werden.

Bereits 2012 wurden das Angebot kostenloser Unterrichtsmaterialien und die Unterstützung vor Ort mittels Einsatz des UV-Infomobils durch Lehrerfortbildungen des BfS im Rahmen der Lehrerfortbildungen der Länder erweitert. Die erste BfS-Lehrerfortbildung erfolgte 2012 in Sachsen-Anhalt und war Anstoß für weitere Maßnahmen zur Hautkrebsprävention an Schulen Sachsen-Anhalts im Jahr 2013. Es wurden Grundschulen und weiterführende Schulen der Sekundarstufe I in Quedlinburg, Magdeburg, Paretz, Tangermünde und Havelberg besucht und zusätzlich zu den vor Ort stattfindenden Aktionen für Schüler auch Vorträge für Eltern gehalten. Basierend auf den durchweg positiven Erfahrungen wird die Lehrerfortbildung des BfS im Rahmen der UV-Aktionen des BfS aktiv an alle Landesfortbildungsstätten herangetragen.

Das UV-Schutz-Bündnis

2011 wurde auf Initiative des BfS das UV-Schutz-Bündnis (<http://www.bfs.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BfS/DE/2012/005.html>) gegründet, in dem wichtige Partner auf dem Gebiet des UV-Schutzes zusammenwirken. Die Bündnispartner treten gemeinsam für einen verantwortlichen Umgang mit der Sonne und für einen gelebten UV-Schutz ein.

Anfang 2012 griff das UV-Schutz-Bündnis das Thema „UV-Exposition und Vitamin D“ auf. Grund hierfür war, dass die Tatsache, dass UV-B-Strahlung ein nachgewiesenes Kanzerogen ist und gleichzeitig für die körpereigene Vitamin- D-Synthese benötigt wird, international zu widersprüchlichen Empfehlungen hinsichtlich einer gesundheitsförderlichen UV-Exposition - also letztendlich hinsichtlich des richtigen UV-Schutz-Verhaltens - führt. Dies steht einer effektiven Hautkrebsprävention entgegen. In dem hierzu geführten Gespräch der UV-Schutz-Bündnispartner zeigte sich, dass vertiefte Diskussionen unter Einbezug weiterer ernährungswissenschaftlicher, medizinischer und photobiologischer Fachdisziplinen erforderlich sind, um einheitliche Empfehlungen bezüglich UV-Exposition zur Bildung des körpereigenen Vitamin D formulieren zu können.

Entsprechend wurde im Juni 2013 auf Initiative des BfS zusammen mit den UV-Schutz-Bündnispartnern ein Fachgespräch zum Thema „UV-Exposition und Vitamin D“ mit weiteren Behörden und Organisationen anberaumt. An diesem Fachgespräch nahmen insgesamt 20 wissenschaftliche Behörden, Fachgesellschaften und Fachverbände des Strahlenschutzes, der Gesundheit, der Risikobewertung, der Medizin und der Ernährungswissenschaften teil. Ziel war dabei, eine fachliche Übereinkunft zu erarbeiten, durch die es gelingt, beide Ziele, das heißt eine ausreichende Versorgung mit Vitamin D und eine optimale Prävention von Hautkrebs, mit einer gemeinsamen Empfehlung zur UV-Strahlung zu erreichen. Auf Basis dieses Fachgesprächs wurde vom BfS eine Empfehlung erarbeitet, deren Abstimmung mit allen Beteiligten 2013 nicht beendet wurde. Die Veröffentlichung der konsentierten Empfehlung erfolgte 2014.

Anhang:**Verwendete Abkürzungen**

ALS	Amyotrophe Lateralsklerose
ARTM	Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell
AVR	Atomversuchsreaktor (Jülich)
BDBOS	Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
Bq	Becquerel
Bq/m³	Becquerel pro Kubikmeter
DMF	Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm
DRW	Diagnostische Referenzwerte
EMF	Elektromagnetische Felder
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
FM	Feuchtmasse
Hz	Hertz
IAEA (IAEO)	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergie-Organisation IAEO)
IARC	International Agency for Research on Cancer (Internationale Agentur für Krebsforschung)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung)
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem
mSv	Millisievert
MRT	Magnetresonanztomographie (Kernspintomographie)
NIR	Englisch „non ionizing radiation“ – Nicht ionisierende Strahlung
NiSG	Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung
nSv	Nanosievert
Personen-Sv	Personen-Sievert, siehe Kollektivdosis (Erläuterungen Fachausdrücke)
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
RöV	Röntgenverordnung vom 21. Juni 2002 (BGBl. I S. 1869), zuletzt geändert am 30. April 2003 (BGBl. I, S. 604)
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung

Verwendete Abkürzungen

StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz
Sv	Sievert
TBL	Transportbehälterlager
UFOPLAN	Umweltforschungsplan des BMUB zur Gewinnung von Entscheidungshilfen und sachgerechter Erfüllung der Fachaufgaben
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation (Wissenschaftliches Komitee der Vereinten Nationen über die Wirkung von atomarer Strahlung)
UV	Ultraviolette Strahlung
UVI, UV-Index	Maß für sonnenbrandwirksame solare Strahlung Der UV-Index beschreibt den am Boden erwarteten bzw. gemessenen Wert der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung und dient der Information der Bevölkerung über die Gefahren der solaren UV-Strahlung
UVSV	UV-Schutzverordnung
WBA	Wasserbehandlungsanlage

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Absorption	Schwächung der Intensität 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
AKR-Mäuse	Labormäuse, die bereits eine Veranlagung zur Ausbildung von Leukämie besitzen. Es handelt sich um ein anerkanntes Tiermodell für menschliche Leukämien, das in der Krebsforschung eingesetzt wird
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. 1 µSv = Mikrosievert ist der millionste Teil des Sievert. 1 mSv = Millisievert ist der tausendste Teil des Sievert.
Athermische Effekte (auch nicht-thermische Effekte)	Eine Reihe verschiedener Effekte bei Einwirkung elektromagnetischer Felder, die unabhängig von einer Erwärmung des Gewebes auftreten

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Becquerel	SI-Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Becquerel (Bq) liegt vor, wenn 1 Atomkern je Sekunde zerfällt. 1 Becquerel (Bq) = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Curie
Betastrahlung	Teilchenstrahlung, die aus beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen ausgesandten Elektronen oder Positronen besteht. Die Energieverteilung der Betateilchen ist kontinuierlich (Betaspektrum) und besitzt eine scharfe obere Grenze (sog. Endenergie)
Betasubmersion	Strahlenexposition durch Betastrahlung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre
Biologische Effekte	Einflüsse auf lebendes Material (Organismen, Gewebe, Zellen)
Blut-Hirn-Schranke	Die Blut-Hirn-Schranke ist eine selektiv durchlässige Barriere zwischen Blut und Hirnsubstanz. Durch sie wird der Stoffaustausch zwischen Blut und Zentralnervensystem aktiv kontrolliert. Sie hält schädliche Stoffe von den Nervenzellen fern. Die Blut-Hirn-Schranke wird von der inneren Zellschicht der kleinen Blutgefäße im Gehirn (Kapillar-Endothelzellen) und den umgebenden Hilfszellen, den Astrozyten, gebildet
BOS-Netz	Mobilfunknetz der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
Brachytherapie	Behandlung von Erkrankungen durch in den Körper eingeführte bzw. auf den Körper des Patienten aufgelegte Strahlenquellen (s.a. Teletherapie)
Computertomographie (CT)	Röntgenuntersuchung mit relativ hoher Strahlenexposition aber sehr hoher Aussagekraft durch Darstellung als überlagerungsfreies Querschnittsbild
Dekontamination	Beseitigung oder Verminderung radioaktiver Verunreinigungen
Deterministisch	Deterministische Strahlenschäden sind dadurch gekennzeichnet, dass die Schwere des Schadens mit der Dosis zunimmt und in der Regel ein Schwellenwert besteht, ab dem ein Schaden auftritt (z.B. Hautrötung, Augenlinsentrübung)
Diagnostischer Referenzwert	In der RöV sind DRW definiert als „Dosiswerte für typische Untersuchungen mit 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

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

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 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 das 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 wird im Allgemeinen angewendet, um Gesundheitsprobleme der Bevölkerung unter Kontrolle zu halten.
Exposimeter	Von Personen während der Arbeit am Körper getragenes Messgerät zur Ermittlung der Radon-222-Exposition

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

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	siehe Energiedosis. Der Zusammenhang der verschiedenen Dosisgrößen ist ausführlich im Anhang des BMUB-Jahresberichts über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ erläutert.
Hochfrequenz	Hochfrequente elektromagnetische Felder. Hier definiert als Frequenzen zwischen 100 kHz und 300 GHz (s. nicht ionisierende Strahlung)
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

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

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 menschlichen 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 gleichen chemischen Eigenschaften (gleiche 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 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)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Magnetische Flussdichte	Größe, die die Induktionswirkung des magnetischen Feldes beschreibt. Die Einheit ist Tesla (T). Magnetische Flussdichte und magnetische Feldstärke sind durch die Permeabilität μ (eine Materialkonstante) verbunden
Magnetische Induktion	Magnetische Flussdichte; Maß für die Anzahl der magnetischen Feldlinien pro Fläche. Die Einheit ist das Tesla (T). $1 \text{ T} = 1 \text{ Vs/m}^2$ (Voltsekunde pro Quadratmeter)
Magnetresonanztomographie (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 % 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)
Nicht ionisierende Strahlung	Elektrische, magnetische sowie elektromagnetische Felder mit Wellenlängen von 100 nm und darüber, die in der Regel keine Bildung von Ionen (Ionisierung) bewirken können
NiSG	Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2433), geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 11. August 2010 (BGBl. I S. 1163)
Nuklearmedizin	Anwendung radioaktiver Stoffe am Menschen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken
Nuklid	Durch Protonenzahl (Ordnungszahl) und Massenzahl charakterisierte Atomart
Organdosis	Produkt aus der mittleren Energiedosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil und dem Strahlungs-Wichtungsfaktor nach Anlage VI Teil C der StrlSchV. 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 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 $H_p(10)$ in einer Messtiefe von 10 mm und die Oberflächen-Personendosis $H_p(0,07)$ in einer Messtiefe von 0,07 mm

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Personendosimeter (nicht ionisierende Strahlung)	Messgerät zur Bestimmung der Höhe der Exposition durch niederfrequente oder hochfrequente elektromagnetische Felder einer einzelnen Person
Perzentil	Statistischer Wert, der von einem bestimmten Prozentsatz der Messergebnisse einer Stichprobe eingehalten wird (z.B. 95. Perzentil ist der Wert, der von nur 5 % der Stichprobe überschritten wird)
Positronen-Emissions-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

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Sievert (Sv)	SI-Einheit der Organdosis, der effektiven Dosis sowie der Äquivalentdosis 1 Sievert (Sv) = 100 Rem 1 Sievert = 1 000 Millisievert (mSv) = 1 000 000 Mikrosievert (µSv) = 1 000 000 000 Nanosievert (nSv) Die Einheit Sv entspricht J/kg. Der Zusammenhang der verschiedenen Dosisgrößen ist in Anhang des BMUB-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
Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)	Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714, (2002, 1459)), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)
Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG)	Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2610), zuletzt geändert durch Artikel 1 des ersten Gesetzes zur Änderung des Strahlenvorsorgegesetzes vom 8. April 2008 (BGBl. I S. 686)
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 BMUB- Jahresberichts über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“)
Wirbelstrom	Durch Induktion in einem leitfähigen Körper erzeugter elektrischer Strom

Stichwortverzeichnis**(fette Seitenzahlen beziehen sich auf das Glossar)****A**

Abklingbecken 15 , 20
Absorption **52**
Abwasser 15 , 17 , 19
Aerosol **52**
Ahaus 15
AKR-Mäuse **52**
Aktivität (Radioaktivität) **52**
Alphastrahler 15 , 16 , 17 , 20 , **52**
Angiographie 40 , 42 , **52**
Äquivalentdosis **52**
Athermische Effekte 52
Atomgesetz 6
AVR **51**

B

Baugrund 12
Baumaterialien 8 , 10 , 12
Baustoffe 10
Bayerischer Wald 10 , 29
BDBOS **51**
Becquerel **53**
Bergbau 10 , 23
Besondere Vorkommnisse 36
Betastrahlung **53**
Betasubmersion **53**
BfS **51**
Bims 12
Biologische Effekte **53**
Blut-Hirn-Schranke **53**
BMBF **51**
BMG **51**
BMUB 4 , **51**
Böden 8
BOS **51** , **53**
BOS-Funk 8
Brachytherapie **53**
Brennelemente 15 , 20
Bundesamt für Strahlenschutz 9
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) 4
Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und
Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS)
8
Bundesländer 8
Bundesministerium für Gesundheit 40

C

Cäsium-137 7 , 28
Computertomographie 37 , 39 , 40 , 42 , **53**

D

Dekontamination **53**
Deponien 27
Deterministisch **53**
Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm (DMF) 8
Diagnostische Referenzwerte 37 , **53**
Diuretika **53**
DMF **51**
Donau 19
DOSE DATAMED 42
Dosimeter **53**
Dosimetrie **53**
Dosis **53**
Dosisfaktor **54**
Druckwasserreaktor 16
DRW **51**

E

Edelgase 14 , 16
Effektive Dosis **54**
Effektive Jahresdosis 5
Einfamilienhäuser 11
Elektrische Feldstärke **54**
Elektrische Ladung **54**
Elektrische Spannung **54**
Elektrischer Strom **54**
Elektrisches Feld **54**
Elektromagnetische Felder 8 , 43
Elektrosensibilität **54**
Elektrosensitivität **54**
Elektrostatisches Feld **54**
EMF **51**
Endlager Morsleben 15 , 20
Energiedosis **54**
Epidemiologie **54**
Erdgasförderung 27 , 28
Erdölförderung 27
Erhöhte natürliche Radioaktivität 27
EURATOM 27 , **51**
EURATOM-Grundnormen 12 , 27
Europäische Richtlinie 27

F

Fall-Kontroll-Studie **55**
Fall-out **55**
Fallout 7
Fernfeld **55**
Flugpersonal 34
Flussfisch 19
FM **51**

Forschungszentren 13
Forschungszentrum 16 , 17 , 18
 Berlin 13
 Dresden-Rossendorf 13
 Garching 13
 Geesthacht 13
 Jülich 13
Fortluft 14 , 18
Frequenz 55

G

Gamma-Ortsdosisleistung 9 , 10
Gammastrahlung 8 , 55
Gammasubmersion 55
Gips 12
Globalstrahlung 55
Gorleben 15
Granit 10
Gronau 16

H

Handynutzung 8
Hautkrebsprävention 8
Heilbäder 35
Hochfrequenz 55
Hochradioaktive Strahlenquellen 26
Hot spots 55
Hz 51

I

IAEA 51
IAEO 51
IARC 51
ICNIRP 51
IMIS 9 , 29 , 51
Induktion 55
Industrie 10 , 26
Industrieerzeugnisse 26
Industrieprodukte 10
Influenz 55
Infrarot-Strahlung 55
Ingestion 56
Inhalation 5 , 11 , 56
Inkorporation 4 , 8 , 56
Inkorporationsüberwachung 34
Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) 12
Interventionelle Radiologie 37 , 56
Ionisierende Strahlung 5 , 6 , 27 , 37
 Therapie mit 41
Ionisierende Strahlung (Begriff) 56
Isotop 56

J

Jod-129 16

Jod-131 14 , 16 , 42
Jülich 19

K

Kalium-40 8 , 10 , 11
Kalksandstein 12
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) 13
Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe 13 , 19 , 20
Kernkraftwerk 6 , 13 , 14 , 15 , 19
 Biblis 14
 Brokdorf 14
 Brunsbüttel 14
 Greifswald 14
 Gundremmingen 14
 Isar 14
 Krümmel 14
 Obrigheim 14
 Phillipsburg 14
 Stade 14
 Unterweser 14
 Würgassen 14

Kernwaffenversuche 7 , 28 , 30
Kleinkinder 17
Kohlendioxid 16
Kohlenstoff-14 14 , 16
Kohortenstudie 56
Kollektivdosis 56
Kollektive effektive Dosis 41
Konsumgüter 27
Kontamination 56
kosmische Strahlung 56
Krebs 40 , 41 , 43

L

Leukämie 8 , 56
Linearer Energietransfer 56
Lingen 16

M

Machbarkeitsstudie 56
Magnetfeld 56
Magnetische Feldstärke 56
Magnetische Flussdichte 57
Magnetische Induktion 57
Main 19
Mammographie-Screening 39 , 40
Medianwert 57
Messverfahren
 nuklearmedizinische 40
Milch 29
Mittlere effektive Jahresdosis 4
MRT 51 , 57
Myokardszintigraphie 41 , 57

N

Nachweisgrenze **57**
Nahfeldexposition **57**
Nahrung *11 , 16*
Nahrungsmittel *11*
Neckar *19*
Neutronen *10*
Neutronendosis *15 , 20*
Nichtionisierende Strahlung *4 , 7 , 43 , 57*
Nicht-thermische Effekte
 siehe athermische Effekte
Nierenuntersuchungen *41*
NIR **51**
NiSG *8*
Nuklearmedizin *5 , 57*
Nuklearmedizinische Diagnostik *40 , 41*
Nuklid **57**

O

Optische Strahlung *8 , 46*
Organdosis **57**
Ortsdosis **57**
Ortsdosisleistung **57**

P

Personendosimeter **58**
Personendosis **57**
Perzentil **58**
PET **51 , 58**
Philippsburg *17*
Positronenemissionstomographie *40*
Prostatakarzinom *42*
Pyranometer **58**

Q

Querschnittsstudie **58**

R

Radioaktive Stoffe
 im Haushalt *26*
 in der Technik *26*
Radioaktivität **58**
Radiojod **58**
Radium-226 *28*
Radium-228 *28*
Radon *4 , 12 , 13*
 in der Bodenluft *11*
Radon-220 *8*
Radon-222 *5 , 8*
Radonhandbuch *12*
Risiko **58**
Risikokommunikation **58**
Risikowahrnehmung **58**

Röntgendiagnostik *5 , 37 , 41*
 zahnmedizinische *39*
Röntgenuntersuchungen *37 , 39 , 40*
Röntgenverordnung *26 , 27 , 37*
RöV **51**
Rubenow *15 , 20*
Rückstände *27 , 28*

S

Sachsen *10*
Sachsen-Anhalt *10*
Schauhöhlen *35*
Schilddrüsendosis *17*
Schilddrüsenzintigraphie *41*
Schlämme *27*
Schwarzwald *10*
Schwebstoffe *14 , 58*
Sendeleistung **58**
 siehe IAEA
SI-Einheiten **58**
Sievert **59**
Signaltransduktion **59**
Solares UV-Monitoring *46*
Solarien *49*
Solarienbetriebe *49*
Spezifische Absorptionsrate **59**
Stäube *27*
Stochastisch **59**
Störstrahler *27*
Strahlenbelastung **59**
Strahlenexposition
 äußere *8*
 äußere - siehe externe *11*
 berufliche *6 , 7 , 30 , 31*
 externe *8 , 9 , 10 , 11*
 im Freien - siehe externe
 in der Umgebung kerntechnischer Anlagen *5 , 16*
 in der Umgebung von Kernkraftwerken *18*
 innere *8 , 11*
 kosmische *4 , 10*
 medizinische *5 , 37*
 natürliche *4 , 8 , 11 , 12 , 34*
 terrestrische *4 , 10*
 zivilisatorische *5 , 13 , 30*
Strahlenexposition (Begriff) **59**
Strahlenexposition
 durch Nahrung *4*
 medizinische *5*
Strahlenschutzkommission **51**
Strahlenschutzverordnung *15 , 26 , 27 , 37*
Strahlenschutzvorsorgegesetz *4*
StrlSchV **59**
StrVG **59**

TTBL **52**Teletherapie **59**Terrestrische Strahlung 5 , 10 , **59**

TETRA 8

Therapie

mit ionisierender Strahlung 41

mit offenen radioaktiven Stoffen 42

Thorium-232 8

Thorium-Zerfallreihe 10

Thüringen 10

Transportbehälterlager 15 , 20

Trinkwasser 11

Tritium 14 , 15 , 16 , 17 , **59**

Tschernobyl 7 , 28

U

Umwelt-Forschungsplan 40

Umweltradioaktivität 23

Umweltzeichen „Blauer Engel“ 45

UNSCEAR 11 , **52**

Uran-235 8

Uran-238 8

Uranbergbau 10

Uran-Radium-Zerfallreihe 10

UV **52**UV-Index 8 , 47 , **52**

UV-Strahlung 46

UVSV 8

VVerein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Ros-
sendorf (VKTA) 13

Vitamin-D 8

W

Wasserwerke 35

WBA **52**

Weltgesundheitsorganisation (WHO) 12

Wirbelstrom **59**

Wismut 23

Z

Zwischenlager 20

