

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2014

Inhaltsverzeichnis	Seite
Auftrag	4
I. Ausgewählte Themen im Strahlenschutz im Berichtsjahr	4
1. Neue Euratom Grundnormen zum Strahlenschutz	4
1.1 Radon in Innenräumen	4
1.2 Radon an Arbeitsplätzen	4
2. Notfallschutz: Lehren aus Fukushima	5
3. Beratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK)	8
3.1 Dosis- und Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor (DDREF)	8
3.2 Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken	9
3.3 Einflussfaktoren auf das Geschlechtsverhältnis der Neugeborenen unter besonderer Beachtung der Wirkung ionisierender Strahlung	9
II. Aktuelle Themen	9
1. European Joint Programme für die Strahlenforschung: CONCERT	9
2. Höchstwerteverordnung	10
III. Natürliche Strahlenexposition	11
1. Arten natürlicher Strahlenquellen	11
2. Beiträge zur Strahlenexposition	12
2.1 Kosmische und terrestrische Strahlung	12
2.2 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien, Industrieprodukten und im Bergbau	14
2.3 Nahrungsmittel und Trinkwasser	14
2.4 Radon in Gebäuden	14
3. Bewertung der Komponenten der natürlichen Strahlenexposition	15
3.1 Äußere und innere Strahlenexposition	15
3.2 Baumaterialien	15
3.3 Radon	16
IV. Zivilisatorische Strahlenexposition	16
1. Kernkraftwerke, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe	16
1.1 Jahresableitungen radioaktiver Stoffe	16
1.2 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition	19

2.	Sonstige kerntechnische Anlagen	22
2.1	Zentrale und dezentrale Zwischenlager	22
2.2	Endlager	23
3.	Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen	25
4.	Umweltradioaktivität aus Bergbau und Sanierung durch die Wismut GmbH	26
5.	Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung in Industrie und Technik sowie im Haushalt	27
5.1	Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen	27
5.2	Hochradioaktive Strahlenquellen	28
5.3	Störstrahler	28
5.4	Konsumgüter und sonstige Anwendungen	29
6.	Rückstände aus Industrie und Bergbau mit erhöhter natürlicher Radioaktivität	29
7.	Fall-out durch Kernkraftwerksunfälle und durch Kernwaffenversuche ...	30
7.1	Tschernobyl	30
7.2	Fukushima	30
7.3	Kernwaffenversuche	31
V.	Berufliche Strahlenexposition	31
1.	Zivilisatorische Strahlenquellen	31
1.1	Personendosisüberwachung	31
1.2	Beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen	33
1.3	Inkorporationsüberwachung	33
2.	Natürliche Strahlenquellen	34
2.1	Flugpersonal	34
2.2	Arbeitsplätze mit erhöhter Radonexposition (Wasserwerke, Schauhöhlen, Heilbäder und Sanierungsbetriebe)	34
3.	Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse	35
VI.	Medizinische Strahlenexposition	36
1.	Röntgendiagnostik	36
2.	Nuklearmedizinische Diagnostik	38
3.	Strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition ...	39
VII.	Nichtionisierende Strahlung	39
1.	Elektromagnetische Felder	39
2.	Optische Strahlung	42
2.1	Forschung zur UV-Strahlung	42
2.2	Solares UV-Monitoring in Deutschland	42
2.3	Rechtliche Regelungen von Solarienbetrieben	44
2.4	Hautkrebspräventionsmaßnahmen	44
Anhang:		
	Verwendete Abkürzungen	46
	Erläuterung wichtiger Fachausdrücke	47
	Stichwortverzeichnis	56

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2014 (Berichtsjahr, 1.1. bis 31.12.2014)

Wesentliche Ergebnisse im Berichtsjahr bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland:

Gesamtbewertung der ionisierenden Strahlung:

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

Medizinische Strahlenexposition:

Es liegen noch keine Daten für 2014 vor

- Die Anzahl der Computertomographien pro Einwohner und Jahr hat sich zwischen 1996 und 2012 mehr als verdoppelt (Zunahme: 130%),
- dadurch ist die der mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung durch medizinische Strahlenexposition bildgebender Verfahren von 1996 bis 2012 von ca. 1,5 auf ca. 1,8 mSv angestiegen.

Berufliche Strahlenexposition:

- Die mittlere Jahresdosis exponierter Personen liegt bei 0,50 mSv, damit leicht unter Vorjahresniveau (2013: 0,53 mSv).

Strahlenexposition des Flugpersonals:

- Die mittlere Jahresdosis beträgt 1,9 mSv (wie im Vorjahr).
- Die höchste Jahresdosis des fliegenden Personals liegt bei 6,3 mSv (2013: 6,2 mSv).

Register hochradioaktiver Strahlenquellen:

- Es ist eine Zunahme auf 34500 registrierte Quellen (2013: 31000) von 667 Genehmigungsinhabern (2013: 657) zu verzeichnen.

Schachanlage Asse:

- Die Strahlenexposition der Bevölkerung liegt im Bereich des Vorjahres (19 µSv für Erwachsene).

Kernkraftwerksunfälle:

- Tschernobyl: Jährlich nehmen die Cäsium-137-Inventare aus dem Unfall um 2–3 % in Boden und Nahrungsmitteln ab; die Kontamination von Wild und Pilzen ist stellenweise immer noch sehr hoch.
- Fukushima: Im Berichtsjahr wurden keine Radionuklidaktivitäten aus dem Unfall in Deutschland gemessen.

Nichtionisierende Strahlung:

Der Schwerpunkt der Aktivitäten liegt aktuell beim Ausbau der Stromnetze:

- Eine konkretisierenden Verwaltungsvorschrift wurde erarbeitet.
- Ein Forschungsvorhaben zu gesundheitlichen Auswirkungen von Hochspannungsleitungen wurde durchgeführt.

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).

Alle Angaben beziehen sich auf das Berichtsjahr 1.1. bis 31.12.2014, sofern nichts anderes angegeben ist. Ausführlicheres Datenmaterial ist den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ (www.bfs.de/DE/mediathek/berichte/umweltradioaktivitaet/umweltradioaktivitaet.html) zu entnehmen.

I. Ausgewählte Themen im Strahlenschutz im Berichtsjahr

Die Richtlinie 2013/59/Euratom, die am 06. Februar 2014 in Kraft getreten und bis zum 06. Februar 2018 in nationales Recht umzusetzen ist, wird das Strahlenschutzsystem durch die Unterscheidung von geplanten, bestehenden und notfallbedingten Expositionssituationen neu strukturieren. Die Richtlinie passt das Strahlenschutzrecht dem aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand an. Zudem weitet sie, mit dem Ziel einen umfassenden Strahlenschutz zu gewährleisten, den Anwendungsbereich des Strahlenschutzrechts aus, beispielsweise im Hinblick auf das natürlich vorkommende radioaktive Edelgas Radon - hier wird es neue Regelungen und einen Aktionsplan zum Schutz vor Radon in Innenräumen und an Arbeitsplätzen geben.

1. Neue Euratom Grundnormen zum Strahlenschutz

Im Rahmen eines nationalen Aktionsplanes sollen alle ressortübergreifenden Maßnahmen, die dem Schutz der Bevölkerung und der Arbeitnehmer vor erhöhter Radonkonzentration dienen, koordiniert werden. Dazu zählen unter anderem Maßnahmen zur Erarbeitung von Baurichtlinien, zur Entwicklung von Messstrategien, Untersuchungen zur Ableitung von Radongebieten und Informationskampagnen. Dieser Aktionsplan ist regelmäßig fortzuschreiben.

1.1 Radon in Innenräumen

Umfangreiche internationale epidemiologische Untersuchungen haben eindeutig festgestellt, dass Radon die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs darstellt. Für Nichtraucher ist sie sogar die häufigste Ursache. Auf Grund epidemiologischer Studien muss man davon ausgehen, dass alleine in Deutschland jährlich rund 1900 Menschen an den Folgen erhöhter Radonkonzentrationen in Wohnungen sterben. Aus diesem Grund sieht die europäische Grundnorm im Strahlenschutz vor, die Radonkonzentration in Innenräumen zu verringern (s. auch 2.4).

National ist ein Referenzwert für den Jahresmittelwert der Radonkonzentration in Innenräumen festzulegen. Dieser Referenzwert darf maximal 300 Bq/m^3 betragen.

Die Grundnormenrichtlinie fordert, dass neue Gebäude so zu errichten sind, dass ein Radoneintritt aus dem Boden in den Innenraum verhindert wird. In einigen europäischen Ländern sind schon Radonschutzmaßnahmen in Neubauten üblich, die den Eintritt des Radons vermindern. Dazu zählen zum Beispiel Vorrichtungen, die die Luft unter der Bodenplatte eines Hauses gezielt absaugen.

Eine Messpflicht für Privathäuser ist nicht vorgesehen. Jedoch sollen durch Informationen zum Radonrisiko Anreize für die Bevölkerung geschaffen werden, die Raumluftkonzentration in Wohnungen zu untersuchen.

1.2 Radon an Arbeitsplätzen

Die Euratom-Grundnorm¹ fordert von den Mitgliedsländern einen umfassenden Schutz der Beschäftigten vor einer erhöhten Radonkonzentration an Arbeitsplätzen und in öffentlichen Gebäuden. Dieser Schutz beruht auf drei Säulen:

- Festlegung eines Referenzwertes,
- eingeschränkte Verpflichtungen zum Messen,
- gestuftes Maßnahmesystem.

¹ Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung (ABl.Nr. L 13/1)

Es ist ein Referenzwert für die Innenraumkonzentration am Arbeitsplatz von maximal 300 Bq/m^3 national festzulegen. Die Festlegung eines Referenzwertes soll ausdrücken, dass es sich bei Radon an Arbeitsplätzen primär um eine existierende Expositionssituation handelt. Ein Referenzwert ist ein Wert, der sich von einem Grenzwert dahingehend unterscheidet, dass eine Exposition oberhalb des Referenzwert unangemessen ist und nicht langfristig hingenommen werden soll. Der Referenzwert für Radon wird als Langzeitmittelwert (Jahresmittelwert) der Raumluftkonzentration definiert. Dieser ist mittels einfacher und preiswerter Detektoren bestimmbar.

Die Euratom-Grundnorm sieht des Weiteren eine Messverpflichtung für Arbeitgeber vor. Diese gilt aber nicht allgemein, sondern unterliegt einer Priorisierung. Einerseits sollen Messungen an allen Arbeitsplätzen in Erd- und Untergeschossen stattfinden, die in Radongebieten liegen, andererseits sollen - unabhängig von dem Ort - Arbeitsplätze untersucht werden, die entsprechend ihrer Kategorie nach Anlage XVIII einem erhöhten Radonrisiko unterliegen. Als Radongebiete werden die Regionen Deutschlands angesehen, in denen erwartet wird, dass der Referenzwert für die Raumluft in Innenräumen in erhöhtem Maße überschritten wird.

In den überwiegenden Fällen sind klassische Maßnahmen des Strahlenschutzes, wie Personendosimetrie, Zugangsbeschränkungen und Kennzeichnung an normalen Arbeitsplätzen nicht vertretbar. Aus diesem Grunde sieht die Grundnormenrichtlinie vor, dass nach einer eventuellen Überschreitung des Referenzwertes bauliche oder lüftungstechnische Maßnahmen vorgenommen werden sollen, um die Radonkonzentration zu verringern. Gelingt es nicht, durch diese Maßnahmen den Referenzwert zu unterschreiten oder sind keine Maßnahmen möglich, so ist der Arbeitsplatz bei der zuständigen Behörde anzumelden. Es folgt eine Dosisabschätzung für die Beschäftigten. Bei Überschreitung der Jahresdosis von 6 mSv sind angemessene Maßnahmen des beruflichen Strahlenschutzes zu ergreifen. Wird diese Dosis nicht erreicht, soll lediglich die Raumluftkonzentration regelmäßig überprüft werden.

Zur Ableitung von Radongebieten in Bezug auf Arbeitsplätze müssen vorliegende Messungen in Wohnungen sowie umfangreiche geostatistische Berechnungen herangezogen werden. Im Teil 3 der Strahlenschutzverordnung sind derzeit schon Arbeitsplätze definiert, an denen die Radonkonzentration bewertet werden muss. Dazu zählen Arbeitsplätze in Wasserwerken sowie unter Tage. Ob durch die Verringerung der Bemessungsgrenze von derzeit rund 1000 Bq/m^3 auf den Referenzwert von maximal 300 Bq/m^3 weitere Berufsfelder unter eine Messpflicht fallen werden, ist unklar. Entsprechende Untersuchungen sind initiiert bzw. werden vom Bundesamt für Strahlenschutz durchgeführt.

2. Notfallschutz: Lehren aus Fukushima

Der Reaktorunfall im Jahr 2011 im japanischen Fukushima gab sowohl national als auch international Anlass, die Bewältigung dieser Krise und die damit verbundenen radiologischen Konsequenzen eingehend zu analysieren. Von verschiedenen Seiten wurden Fragen nach entsprechenden Konsequenzen für den Notfallschutz gestellt.

International

Internationale Gremien und Organisationen wie ICRP und IAEA haben ihre Empfehlungen und Standards weiterentwickelt und dabei neue Erkenntnisse aus dem Reaktorunfall einfließen lassen.

Eine der wichtigsten Erkenntnisse ist es, dass die Gesundheit der Bevölkerung in Japan nicht so sehr durch die radiologischen Folgen, sondern vor allem durch die sozialen und mentalen Konsequenzen (z.B. Stigmatisierung, Traumatisierung und psychische Schäden) beeinträchtigt wird. Die existierenden Schutzkonzepte sind bisher zu wenig auf die Vermeidung oder Minimierung dieser nicht-radiologischen Folgen ausgelegt.

Auch die Rechtfertigung von einschneidenden Schutzmaßnahmen wie „Evakuierung“ wird international intensiv diskutiert. Diese Maßnahme dient der Vermeidung von hohen Strahlenexpositionen der Bevölkerung, kann aber auch mit erheblichen Gefahren verbunden sein. In Japan starben infolge von Evakuierungen mehr als 50 Personen (insbesondere bei der Evakuierung von Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen), während keine Todesfälle auf Grund akuter Strahlenexposition aufgetreten sind.

Bei der Planung der Bewältigung einer Notfallsituation muss in viel stärkerem Maße als bisher die Nachunfallphase und die Rückkehr zu normalem Leben berücksichtigt werden. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass im Notfall der Umgang mit Langzeitfolgen leichter möglich ist, wenn bereits die Planungen auch Fragen der medizinischen Nachsorge, der Rückführung von evakuierten Bevölkerungsgruppen und der Behandlung von radioaktiven Abfällen berücksichtigen. In einigen Ländern, z.B. Frankreich (CODIRPA), existieren hier schon fortgeschrittene Konzepte.

Programme zur Gesundheitsüberwachung nach kerntechnischen Unfällen mit großräumigen Auswirkungen müssen vorgeplant werden. Schnelle Screening-Programme - insbesondere zur Erfassung der Schilddrüsenexposition bei Kindern - sind wichtig, zum einen um die exponierten Personen zu identifizieren und einer angemessenen

Nachsorge zukommen zu lassen, zum anderen um den nicht-kontaminierten Personen die Sorge vor Langzeit-Schäden zu nehmen. Allerdings muss bei diesen Programmen die umfassende Beratung der Untersuchten einen wesentlich höheren Stellenwert als bisher einnehmen. Eine langfristige Gesundheitsüberwachung sollte nur für die Personen durchgeführt werden, die dies entweder explizit wünschen oder die eine Strahlenexposition erhalten haben, bei der radiologische Gesundheitsfolgen zu erwarten sind.

Die Kommunikation radiologischer Risiken und die Begründung angemessener Notfallschutzmaßnahmen für die Bevölkerung muss in der Zukunft deutlich verbessert werden. In Japan hat sich gezeigt, dass die Kommunikation in vielen Fällen nicht zielführend war und die Bevölkerung sich oftmals nicht ausreichend informiert fühlte. Grundlegende Strahlenschutzkonzepte und Begründungen für das Ergreifen - oder auch Nicht-Ergreifen - von Schutzmaßnahmen müssen in klarer und einfacher Sprache so adressiert werden, dass die Informations-Bedürfnisse der Bevölkerung erfüllt werden. Dazu muss auch - zusammen mit der Bevölkerung - die Frage „Was ist sicher?“ geklärt werden.

In Europa

Die Europäische Kommission hat Ende 2012 eine Studie zur Überprüfung des anlagenexternen kerntechnischen Notfallschutzes in der Europäischen Union (EU) und in einigen Nachbarländern in Auftrag gegeben. Wichtigste Schlussfolgerungen waren:

- Die europäischen Länder erfüllen im Allgemeinen internationale Standards und Anforderungen.
- Allerdings weist der Notfallschutz in Europa trotzdem eine Reihe von Defiziten auf, insbesondere das Fehlen von Strategien für langfristige Notfallschutz-Maßnahmen, sowie die mangelnde Übereinstimmung von Notfallschutz-Regelungen bei grenzüberschreitenden Unfallfolgen.
- Obwohl der Notfallschutz in allen Ländern im Wesentlichen dieselben Ziele verfolgt, gibt es zahlreiche Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern in der praktischen Umsetzung, die das Vertrauen der Bevölkerung in den Notfallschutz untergraben können.
- Die für den Notfallschutz benötigten Ressourcen sind erheblich, insbesondere für kleinere Länder. Es gibt Möglichkeiten zur verbesserten gemeinsamen Nutzung von Ressourcen (wie z. B. von Hubschrauber-Messsystemen).

Die 2014 veröffentlichten neuen Euratom-Grundnormen berücksichtigen auch schon neue internationale Erkenntnisse aus dem Unfall in Fukushima und formulieren entsprechende Anforderungen, wie z.B.:

- Katalog von Unfallszenarien für den Notfallschutz als Planungsgrundlage,
- nachträgliche Rekonstruktion der Dosis von betroffenen Einzelpersonen der Bevölkerung und von Einsatzkräften,
- vorgeplante Strategie zur Bewältigung der Nachunfallphase.

Eine Arbeitsgruppe der europäischen Organisationen WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association) und HERCA (Heads of European Radiological protection Competent Authorities) hat kürzlich einen gemeinsamen europäischen Ansatz für das Notfallmanagement bei Kernkraftwerksunfällen entwickelt. Dieser Ansatz behandelt insbesondere die Harmonisierung von Maßnahmen in Nachbarländern bei grenzüberschreitenden Unfällen. Außerdem sind Empfehlungen enthalten für den speziellen Fall, dass schnelle Entscheidungen über Schutzmaßnahmen getroffen werden müssen und nur wenige Informationen verfügbar sind. Der Ansatz soll die vorhandenen Konzepte für das Notfallmanagement in den europäischen Ländern ergänzen.

In Deutschland

In Deutschland hat die Strahlenschutzkommission (SSK) die Erkenntnisse aus dem Reaktorunfall analysiert und Empfehlungen für die Weiterentwicklung des Notfallschutzes erarbeitet. Dabei sind auch viele Empfehlungen und Erkenntnisse aus der internationalen und europäischen Diskussion aufgegriffen und weitergeführt worden. Die Planung des Notfallschutzes in Deutschland soll künftig verschiedene Szenarien explizit berücksichtigen. Dazu gehören Unfälle in Kernkraftwerken im Inland und im Ausland, aber auch weitere Unfälle und Ereignisse wie z. B. radiologische Notfälle, Transportunfälle und Unfälle in kerntechnischen Anlagen, die keine Kernkraftwerke sind. Am meisten Beachtung erfahren hat dabei die Empfehlung, bei der Planung auch schwerste Unfälle nach Kategorie 7 der INES Skala der IAEA zu berücksichtigen. Die bisherige Sichtweise, dass solche Ereignisse zu unwahrscheinlich sind, um sie zwingend in der Planung zu berücksichtigen, wurde revidiert. Das BfS hat dann auf der Basis dieser Vorgaben umfangreiche repräsentative Ausbreitungsrechnungen durchgeführt und kam zu dem Ergebnis, dass die bisherigen Planungsradien erheblich auszuweiten sind. [Tabelle I.2-1](#) gibt dies wieder.

Tabelle I.2-1

**Änderungen der Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken
(Änderungen gegenüber dem Stand von 2008 sind hervorgehoben)**

Planungsgebiet	bisheriger Stand (2008)	neuer Stand (2014)
Zentralzone	bis etwa 2 km: – Aufenthalt in Gebäuden – Einnahme von Jodtabletten – sofortige Evakuierung	bis etwa 5 km : – Aufenthalt in Gebäuden – Verteilung von Jodtabletten – sofortige Evakuierung
Mittelzone	bis etwa 10 km: – Aufenthalt in Gebäuden – Einnahme von Jodtabletten – Evakuierung	bis etwa 20 km : – Aufenthalt in Gebäuden – Einnahme von Jodtabletten – Evakuierung
Außenzone	bis etwa 25 km: – Einnahme von Jodtabletten	bis etwa 100 km : – Einnahme von Jodtabletten – Aufenthalt in Gebäuden
Fernzone	bis etwa 100 km: – Einnahme Jodtabletten nur Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren sowie Schwangere	gesamtes Staatsgebiet : – Versorgung von Kindern und Jugendlichen unter 18 Jahren sowie Schwangeren mit Jodtabletten

Der Arbeitskreis V der Ständigen Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder (IMK) hat ebenfalls Empfehlungen aus den Erfahrungen mit dem Unfall in Fukushima abgeleitet. Dazu gehören Empfehlungen für die Planung und Durchführung von Evakuierungen und zu Einrichtung und Betrieb von Notfallstationen. In Notfallstationen werden Personen erstversorgt, die von Evakuierungsmaßnahmen betroffen sind oder die weitere medizinische Betreuung oder Dekontaminationsmaßnahmen benötigen. Diese Einrichtungen sind auch die zentralen Anlaufstellen, an denen weitergehende Maßnahmen der Betreuung und Information erfolgen und in denen auch individuelle Auskünfte zur erhaltenen Dosis gegeben werden. Weitergehende Maßnahmen der Inkorporationsmessung sind in Planung oder in der Diskussion. Sie können eine Basis für langfristige Screeningprojekte bilden. In Japan werden solche Programme mit sehr hohen Teilnehmerzahlen durchgeführt. Die Art und der Umfang sind allerdings umstritten, da die Screeningprojekte Ängste in der Bevölkerung teilweise noch verstärken. Es zeigt sich auch hier, dass solche Programme nicht erst in der Notfallsituation aufgesetzt werden können, sondern konzeptionell einer gewissen Vorausplanung bedürfen.

Besondere Bedeutung hat die Forderung der IMK nach einem einheitlichen radiologischen Lagebild. Wegen der unausweichlichen länderübergreifenden Auswirkungen bei den meisten Szenarien sehen sowohl Bund wie auch die Länder ein gesamtstaatlich konsistentes Handeln nur dann gegeben, wenn Schutzmaßnahmen auf der Basis einer Lagedarstellung erfolgen, die für alle Behörden gleichermaßen gilt. Die Einrichtung eines radiologischen Lagezentrums des Bundes beim BMUB wird in den nächsten Jahren einen wichtigen Meilenstein in der Neuordnung des Notfallschutzes darstellen.

Die Ausdehnung der Planungsradien, neue mobile Messtechniken sowie neue fachliche Anforderungen erfordern eine Neukonzeption der Messnetze und mobilen Messsysteme. In Zukunft wird den mobilen Messsystemen ein größeres Gewicht zukommen, u. a. um urbane Gebiete besser zu erfassen. Die Koordinierung der vorhandenen mobilen Systeme von Bund, Ländern (Landesmessstellen, Feuerwehren) und ggf. Betreibern (die Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG)-) muss ausgebaut werden.

Ausblick

Eine der wesentlichen Herausforderungen für den Notfallschutz in Deutschland wird es sein, die zahlreichen fundierten Empfehlungen auch baldmöglichst umzusetzen.

Die weitere Planung wird sich daher zwei grundlegenden Herausforderungen stellen müssen. Die Schutzziele werden sich diversifizieren und es wird mehr darauf ankommen, bei einem Unfall das Vorgehen aller beteiligten Behörden in Bund und Ländern innerhalb einer abgestimmten und vorgeplanten Schutzstrategie zu bündeln. Der im Entwurf des Strahlenschutzgesetzes angestrebte Verzahnungsansatz bildet den rechtlichen Rahmen, um alle Aspekte des radiologischen Notfallschutzes im Rahmen der jeweiligen Fachgesetze auszuführen. Neben der Durchführung von Maßnahmen des Katastrophenschutzes durch die Länder betrifft dies die Bereiche der Produktion von

Lebens- und Futtermitteln, der Produktsicherheit, der Beförderung von Personen und Gütern, des grenzüberschreitenden Verkehrs und der Entsorgung von Abfällen.

Mit den neuesten Empfehlungen der IAEA zur Planung der **Beendigung** eines nuklearen oder radiologischen Notfalls kommen nun weitergehende Problemfelder in den Fokus. Eine Schutzstrategie ist in allen denkbaren Fällen nur dann vollständig, wenn sie zu Ende gedacht ist. Immer deutlicher stellt sich die Frage, wie wir nach einem schwerwiegenden kerntechnischen Unfall zu normalen Lebensbedingungen zurückkehren können. Je schneller dies möglich ist und je intensiver die Bevölkerung dabei eingebunden wird, desto weniger schwer wiegen die nichtradiologischen Folgen, die jetzt schon in Fukushima die direkten Strahlenschäden bei weitem übertreffen. Hierzu bedarf es eines zwischen vielen Behörden abgestimmten Planungsprozesses, der sicherlich mehrere Jahre in Anspruch nehmen wird. Außerdem muss in den beteiligten Behörden ein Umdenken erfolgen, dass die Planung nicht für die Bevölkerung erfolgt, sondern nur gemeinsam mit der Bevölkerung. Das BfS als Fachbehörde des Strahlenschutzes sieht sich hier besonders gefordert und wird diese Diskussion proaktiv vorantreiben müssen.

3. Beratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK)

3.1 Dosis- und Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor (DDREF)

Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) geht davon aus, dass die uneingeschränkte Anwendung eines linearen Zusammenhangs zwischen der Höhe der Strahlenexposition und dem Krebsrisiko zu einer Überschätzung des Strahlenrisikos für den Bereich kleiner Dosen und kleiner Dosisleistungen führt. In ihren neuesten Empfehlungen aus dem Jahr 2007 bestätigt die ICRP ihre früher entwickelte Argumentation und behält daher für den Dosis- und Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor (DDREF) einen Wert von 2 für solide Tumoren für Expositionen mit Photonen und Elektronen (locker ionisierende Strahlung) bei. Dies bedeutet, dass die Risikowerte, die im Wesentlichen aus epidemiologischen Studien an den Atombombenüberlebenden in Hiroshima und Nagasaki ermittelt wurden, für die Strahlenschutzanwendungen im Bereich niedriger Dosen und kleiner Dosisleistungen durch 2 dividiert werden.

Die SSK hatte sich 2006 bei ihren Kommentaren im Vorfeld zu den neuesten Empfehlungen der ICRP (2007) dieser Argumentation allerdings nicht angeschlossen und plädierte für einen DDREF-Wert von 1.

Die wissenschaftliche Basis zur Rechtfertigung des DDREF wird in jüngster Zeit in den Fachgremien zunehmend kontrovers diskutiert. Dies hatte das BMUB zum Anlass genommen, die SSK zu bitten, den aktuellen Stand der Wissenschaft zu diesem Themenbereich zu sichten und eine umfassende Beurteilung der Gesamtproblematik vorzunehmen.

Die SSK weist in ihrem Bericht darauf hin, dass der DDREF mit all seinen Facetten eine außerordentlich subtile Größe darstellt und im eigentlichen Sinn kein einzelner „Faktor“ ist. Er beinhaltet vielmehr mehrere Einflussgrößen, die lediglich für Strahlenschutz Zwecke zu einer einzelnen und damit praktikableren Größe zusammengefasst sind.

Es wird erläutert, dass eine Beurteilung, ob der derzeitige im Strahlenschutz zur Abschätzung des Strahlenrisikos allgemein angewandte DDREF-Wert von 2 geändert werden sollte, nicht ausschließlich auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen im engeren Sinne basiert, sondern maßgeblich auch weitere Kriterien einbezieht, die sonstige wichtige Aspekte des Strahlenschutzes und die praktische Umsetzung betreffen. Eine Beurteilung lediglich auf der Basis wissenschaftlicher Grundlagen und Kriterien wird der Bedeutung und Funktion des DDREF nicht gerecht.

Die SSK hält zusammenfassend fest:

- Auf der Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse sieht die SSK keine ausreichende Begründung für den im Strahlenschutz verwendeten DDREF.
- Die SSK empfiehlt auf Grund der in ihrem Bericht aufgeführten Bewertungen, den DDREF an die neueren Erkenntnisse anzupassen und gegebenenfalls abzuschaffen.
- Auf Grund seiner Bedeutung für die Risikobewertung und die Konsequenzen für den Strahlenschutz empfiehlt die SSK darüber hinaus, im Zuge dieser Anpassung auch alle anderen Parameter, die in das Detriment, d. h. in die Angabe des Strahlenschadens eingehen, an den aktuellen wissenschaftlichen Stand anzupassen.
- Die SSK hält eine internationale Abstimmung in diesen Fragen für dringend erforderlich und empfiehlt daher, ihre Einschätzung in die internationale Diskussion einzubringen.

Die Empfehlung mit wissenschaftlicher Begründung wurde in der 268. Sitzung der SSK am 13./14. Februar 2014 verabschiedet².

3.2 Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken

Ausgehend von den in Zusammenhang mit dem Unfall im Kernkraftwerk Fukushima gewonnenen Erkenntnissen hat die SSK die fachlichen Grundlagen für den Notfallschutz in Deutschland und das dazugehörige Regelwerk einer Überprüfung unterzogen. Dabei wurde die Festlegung des für die Notfallplanung zugrundeliegenden Unfallspektrums stärker an den potenziellen Auswirkungen als an der berechneten Eintrittswahrscheinlichkeit von Unfällen orientiert. Im Zuge dieser Überprüfung hat sich ergeben, dass eine Änderung der Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken notwendig ist. Die Empfehlung wurde in der 268. Sitzung der SSK am 13./14. Februar 2014 verabschiedet.³

3.3 Einflussfaktoren auf das Geschlechtsverhältnis der Neugeborenen unter besonderer Beachtung der Wirkung ionisierender Strahlung

Dem Anteil der Knaben- bzw. Mädchengeburten an allen neugeborenen Kindern wurde seit dem Beginn bevölkerungsstatistischer Messungen eine hohe Aufmerksamkeit gewidmet. Das Geschlechtsverhältnis könnte prinzipiell von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst sein. Nachdem von einzelnen Wissenschaftlern in den letzten Jahren erneut die Exposition gegenüber ionisierender Strahlung ins Gespräch gebracht wurde, hat sich die SSK mit den wissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen bezüglich der Einflussfaktoren auf das Geschlechtsverhältnis der Neugeborenen befasst. In einer grundsätzlichen Stellungnahme stellt sie die Komplexität des Problems dar, geht auf die wichtigsten diskutierten Faktoren ein, zeigt die methodischen Schwierigkeiten auf und macht deutlich, dass es für keinen bisher betrachteten Faktor eine überzeugende konsistente wissenschaftliche Evidenz dafür gibt, dass er das Geschlechtsverhältnis verändert.

Die Stellungnahme mit wissenschaftlicher Begründung wurde in der 270. Sitzung der SSK am 17./18. Juli 2014 verabschiedet.⁴

II. Aktuelle Themen

1. European Joint Programme für die Strahlenforschung: CONCERT

Das „European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research“ wird als Europäisches Forschungsprogramm unter der Bezeichnung **CONCERT** durchgeführt. CONCERT koordiniert die Forschung im Bereich Strahlenschutz in Europa und in den Mitgliedsstaaten der EU über ein gemeinsames Forschungsprogramm. Die Finanzierung erfolgt durch EU und Mitgliedsstaaten gemeinsam (Co-Funding).

Über 50 Partnerinstitutionen aus nahezu allen EU-Ländern und aus Norwegen haben sich zusammengefunden, um ihre Kompetenzen und Forschungsaktivitäten zu bündeln und so den Strahlenschutz in allen Anwendungsbereichen ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in Medizin, Industrie und Forschung zu verbessern. Die EU wird das bisher größte Strahlenschutz-Forschungsprogramm in Europa mit knapp 20 Millionen Euro, verteilt über die nächsten 5 Jahre, unterstützen. Damit trägt sie 70% des mit etwa 28 Millionen Euro veranschlagten Programms. Zu aktuellen Schwerpunktthemen aus allen Bereichen des Strahlenschutzes sind 2 öffentliche Ausschreibungen geplant, jeweils im Frühjahr 2016 und 2017. Im Rahmen dieser Ausschreibungen haben Universitäten und Forschungsinstitutionen aus ganz Europa die Gelegenheit, sich zu Konsortien zusammenzuschließen und Vorschläge zu Forschungsarbeiten einzureichen.

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

CONCERT führt die erforderlichen wissenschaftlichen Expertisen unter anderem aus den Gebieten Strahlenbiologie, Biophysik, Epidemiologie, Radioökologie, Dosimetrie und Modell-/Prognoseentwicklung auf europä-

² www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse/2014/DDREF.html;jsessionid=6CCC5A9635B137BB27B8D3C8D5E87A0C.1_cid319?nn=2783046

³ www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse/2014/Planungsgebiete.html;jsessionid=6CCC5A9635B137BB27B8D3C8D5E87A0C.1_cid319?nn=2783046

⁴ www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse/2014/Geschlechtsverhaeltnis.html;jsessionid=6CCC5A9635B137BB27B8D3C8D5E87A0C.1_cid319?nn=2783046

schem Niveau zusammen und integriert sie in gemeinsamen Forschungsvorhaben. Die Forschung muss darauf ausgerichtet sein, den Strahlenschutz in Europa zu verbessern, offene Fragen zu beantworten, Unsicherheiten zu verringern und die Umsetzung der Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz in nationale gesetzliche Regelungen wissenschaftlich zu unterstützen sowie die Grundlagen für zukünftige gesetzliche Regelungen im Strahlenschutz zu schaffen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) koordiniert CONCERT. Dadurch vertieft das BfS die Zusammenarbeit mit anderen europäischen Institutionen im Bereich der Forschungsförderung und nimmt entscheidenden Einfluss auf die inhaltliche Gestaltung der zukünftigen europäischen Forschungslandschaft im Bereich Strahlenschutz.

2. Höchstwerteverordnung

Konsequenzen aus dem Tschernobyl-Unfall

Nach den Ereignissen im Kernkraftwerk Tschernobyl hat sich gezeigt, dass europaweit abgestimmte Höchstwerte an Radioaktivität in Nahrungs- und Futtermitteln für den auch im Falle einer radiologischen Notfallsituation zu gewährleistenden Gesundheitsschutz unerlässlich sind. Es wurden deshalb die Euratom-Verordnung Nr. 3954/87⁵ vom 22. Dezember 1987 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungs- und Futtermitteln, die Verordnung (Euratom) Nr. 944/89 (Nahrungsmittel von geringer Bedeutung) und die Verordnung (Euratom) Nr. 770/90 (Futtermittel) erlassen.

Diese Verordnungen legen das Verfahren zur Bestimmung der Höchstwerte an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und in Futtermitteln fest, die nach einem nuklearen Unfall oder einer anderen radiologischen Notfallsituation auf den Markt gelangen können.

Erhält die EU-Kommission eine offizielle Mitteilung von einem Unfall oder einer anderen radiologischen Notfallsituation, aus der sich ergibt, dass die Höchstwerte im Sinne der Verordnungen erreicht werden könnten oder erreicht sind, so erlässt sie unverzüglich eine Verordnung zur Anwendung dieser Höchstwerte. Die Geltungsdauer einer solchen Verordnung ist kurz und darf drei Monate nicht überschreiten. Die Kommission unterbreitet dem Rat innerhalb eines Monats nach Erlass der Verordnung einen Vorschlag für eine Verordnung zur Anpassung oder zur Bestätigung der ersteren Verordnung. Hierbei berücksichtigt sie die Stellungnahmen von Sachverständigen, die nach dem Vertrag festgelegten Grundnormen und den Grundsatz, dass jede Strahlenexposition möglichst niedrig gehalten werden muss, um den Gesundheitsschutz der Bevölkerung zu gewährleisten. Die Geltungsdauer dieser zweiten Verordnung ist gleichfalls begrenzt; sie kann auf Antrag eines Mitgliedstaats oder auf Initiative der Kommission überprüft werden.

Die in den Verordnungen festgelegten Höchstwerte können nach Stellungnahme der Sachverständigen überprüft oder ergänzt werden.

Situation nach den Ereignissen in Fukushima

Die Höchstwerteverordnung (Euratom) Nr. 3954/1987 selbst wurde nach dem Unfallablauf im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi 2011 von der EU nicht für den Erlass einer Durchführungsverordnung herangezogen. Bei der Festlegung der Werte war an einen kerntechnischen Unfall gedacht worden, durch den die Lebensmittelversorgung für Europa gefährdet sein könnte. Dieser Fall war durch die Lage im Kernkraftwerk Fukushima nicht gegeben.

Mit der EU-Durchführungsverordnung EG 297/2011 vom 25. März 2011 traten die ersten Sondervorschriften für die Einfuhr von Lebens- und Futtermitteln aus Japan in Kraft. Als Referenzwerte wurden darin vorläufig die maximal zulässigen Höchstwerte der Verordnung (Euratom) Nr. 3954/1987 (Höchstwerteverordnung) zu Grunde gelegt. Mit mehreren Durchführungsverordnungen, erstmals mit der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 351/2011 vom 11. April 2011, wurden die Regelungen jeweils an die aktuelle Situation angepasst. Insbesondere wurden die in Japan geltenden Grenzwerte auch für den Export in die EU zu Grunde gelegt.

In den Folgejahren wurden die Vorschriften unter Berücksichtigung der aktuellen Situation modifiziert und dabei die Grenzwerte weiter abgesenkt. Zurzeit gilt die Durchführungsverordnung (EU) 2016/6 vom 5. Januar 2016, die bis zum 30. Juni 2016 überprüft werden soll.

Lebensmittel, die aus Japan importiert werden, werden von den für die Lebensmittelkontrollen zuständigen Landesbehörden auf Radioaktivität untersucht. Sollten wider Erwarten an den EU-Außengrenzen kontaminierte Lebensmittel festgestellt werden, werden diese zurückgewiesen und gelangen nicht auf den europäischen Markt. In Deutschland ist das Risiko durch radioaktiv kontaminierte Lebensmittel, die aus Japan importiert wurden, äußerst gering. Die vorgeschriebenen Kontrollen bei der Einfuhr landwirtschaftlicher Produkte aus Japan zeigten, dass nur

⁵ ABl. L 371 vom 30.12.1987

in sehr wenigen Fällen eine messbare Kontamination nachgewiesen wurde⁶. Lediglich in zwei von insgesamt 298 Proben lagen die Messergebnisse oberhalb der Hintergrundbelastung.

Neufassung der Höchstwertverordnung

Mit der Neufassung der Euratom-Höchstwerte-Verordnung (VERORDNUNG (Euratom) 2016/52 DES RATES vom 15. Januar 2016 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Lebens- und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder eines anderen radiologischen Notfalls und zur Aufhebung der Verordnung (Euratom) Nr. 3954/87 des Rates und der Verordnungen (Euratom) Nr. 944/89 und (Euratom) Nr. 770/90 der Kommission) wird eine flexible Regelung geschaffen, auf deren Basis die Kommission unter Beteiligung der Mitgliedstaaten im Falle eines nuklearen Unfalls oder eines anderen radiologischen Notfalls mittels Durchführungsverordnung europaweit einheitliche Höchstwerte an Radioaktivität in Nahrungs- und Futtermitteln in Kraft setzen kann. Die Möglichkeit, unter Berücksichtigung der spezifischen Umstände des Unfalls ggf. niedrigere Grenzwerte festzulegen, stellt eine wesentliche Verbesserung gegenüber der bestehenden Regelung dar.

Wesentliche Punkte des neuen Vorschlags sind:

- Flexibilisierung und Optimierung der Grenzwerte
Die neue Basisverordnung enthält eine spezielle Ermächtigung der Europäischen Kommission, bei einem radiologischen Notfall in einer Durchführungsverordnung situationsangemessene optimierte Grenzwerte festzulegen, die jedoch die maximal zulässigen Werte der Anhänge der Basisverordnung nicht überschreiten dürfen.
- Verzahnung und Harmonisierung der Euratom-Verordnung mit den allgemeinen EU-Verfahren und Regelungen zur Lebensmittelsicherheit
Die Euratom-Höchstwerte-Verordnung ist die spezielle Rechtsgrundlage für die Festsetzung von Radioaktivitätsgrenzwerten für Lebens- und Futtermittel; ergänzende Überwachungsmaßnahmen, wie sie auch in den EU-Durchführungsverordnungen nach Fukushima geregelt wurden, sollen weiterhin auf der Grundlage der Verordnung (EG) 178/2002 zur Lebensmittelsicherheit erlassen werden.
- nationale Ausnahmen
Einem Mitgliedstaat (MS) kann auf Antrag erlaubt werden, auf Grund besonderer Umstände in diesem MS für spezielle Lebens- und Futtermittel, die in diesem Mitgliedsstaat verzehrt werden, zeitlich befristet höhere Werte zuzulassen. Diese Ausnahmen müssen unter wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Aspekten gerechtfertigt sein.

Nach der zustimmenden Kenntnisnahme durch den Ausschuss der Ständigen Vertreter (AStV), die am 10. Dezember 2014 erfolgte sowie der Beratung im Europäischen Parlament im Juli 2015 wurde die neue Verordnung am 15. Januar 2016 vom Rat beschlossen.

III. Natürliche Strahlenexposition

1. Arten natürlicher Strahlenquellen

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

Äußere Strahlenexposition

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

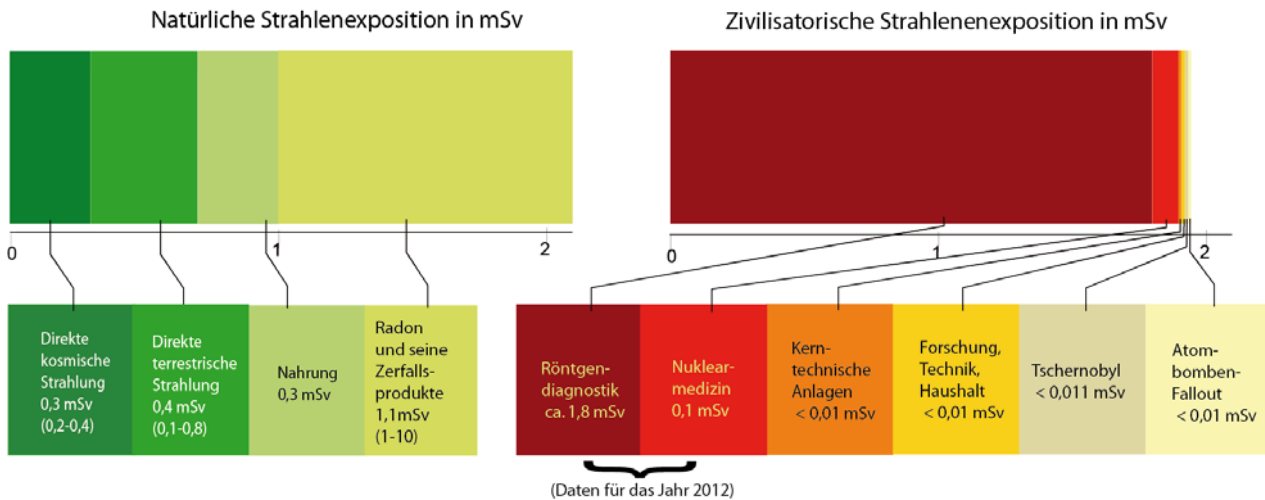
Innere Strahlenexposition

Aus der Inkorporation natürlicher Radionuklide durch Ingestion von Nahrungsmitteln und Inhalation luftgetragener natürlicher Radioaktivität resultiert eine innere Strahlenexposition. Die Inhalation von Radon-222, das ein gasförmiges Zerfallsprodukt aus der Uran-238-Zerfallsreihe ist, liefert den Hauptbeitrag zur natürlichen Strahlenexposition. 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.

⁶ www.bmel.de/DE/Ernaehrung/SichereLebensmittel/RueckstaendeKontaminanten/_Texte/ReaktorZwischenfallJapan.html

Abbildung III.2-1

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in mSv im Jahr 2014, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands und aufgeschlüsselt nach Strahlenursprung



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 (Abbildung III.2-1).

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

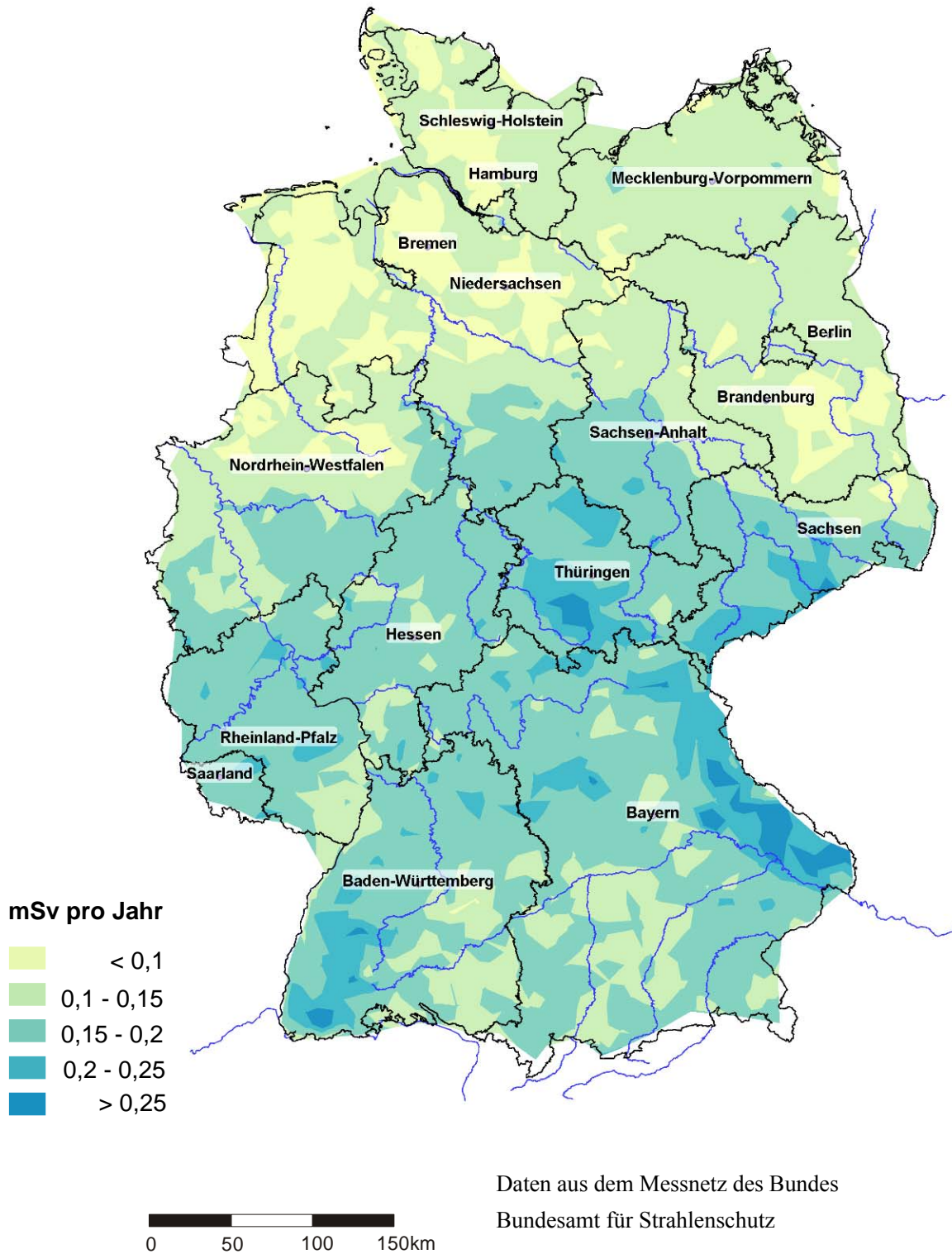
Abbildung III.2-2 zeigt als Maß für die geographische Verteilung der externen Strahlenexposition im Freien die Gamma-Ortsdosisleistung in Bodennähe in der Bundesrepublik Deutschland. Abgesehen von den unterschiedlichen Gehalten an terrestrischen Radionukliden spiegelt sie auch die mit der Höhe zunehmende kosmische Strahlung wider. Die terrestrische Strahlung trägt im Mittel 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 III.3.2). Bei einem Wertebereich von 20 bis 700 nSv/h beträgt die Gamma-Ortsdosisleistung im Mittel 80 nSv/h. Dies entspricht einer effektiven Dosis von 56 nSv/h (die verschiedenen Dosisgrößen sind im Anhang kurz erläutert). Zusammen mit der kosmischen Komponente von 26 nSv/h ergibt dies bei einem mittleren Aufenthalt von 19 Stunden pro Tag in Gebäuden pro Jahr im Mittel 0,57 mSv. Addiert man zu diesem Wert die Strahlenexposition im Freien (0,13 mSv), erhält man als Mittelwert 0,7 mSv für die gesamte äußere

Abbildung III.2-2

**Externe Strahlenexposition im Freien im Jahr 2014 in Deutschland
beim Aufenthalt von täglich 5 Stunden
(abgeleitet aus der Gamma-Ortsdosisleistung in Bodennähe)**



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 III.2-1](#)).

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 III.2.4) sind.

Vor dem Hintergrund der neuen Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz und den Regelungen zu der von Baustoffen ausgehenden Gammastrahlung wurde in einem Projekt in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V. (bbs) die Nuklidkonzentration und Radonexhalation von über 100 in Deutschland aktuell üblichen, repräsentativen Innenraumprodukten untersucht. Die Spannweite der Ergebnisse der massespezifischen Aktivitätsmessungen in den Baustoffen ist in den [Jahresberichten](#) des 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 IV.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 0,17 mSv.

Für die übrigen Radionuklide hängt die innere Strahlenexposition von der Aufnahme der Radionuklide mit der Nahrung ab und wird entsprechend ermittelt. Auf Grund der unterschiedlichen geologischen Bedingungen variieren die Gehalte natürlicher Radionuklide in den Umweltmedien und deshalb auch in den Nahrungsmitteln. Für die mittleren Verhältnisse in Deutschland wird in Anlehnung an den UNSCEAR-Report 2008⁷ abgeschätzt, dass sich durch die Aufnahme natürlicher Radionuklide mit der Nahrung und dem Trinkwasser eine jährliche effektive Dosis im Bereich von 0,3 mSv ergibt. 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](http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/lebensmittel/trinkwasser/trinkwasser.html).

Im Oktober 2013 ist die Richtlinie 2013/51/Euratom zur Festlegung von Anforderungen an den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich radioaktiver Stoffe in Wasser für den menschlichen Gebrauch in Kraft getreten. Das BfS hat das BMUB 2014 bei der Erarbeitung von Regelungsvorschlägen zur nationalen Umsetzung dieser Richtlinie im Rahmen der Trinkwasserverordnung unterstützt. Unter anderem auf Grundlage der Ergebnisse des BfS-Trinkwasser-Messprogrammes haben BMUB und BfS gemeinsam ein Untersuchungskonzept zur Überwachung der Anforderungen an Trinkwasser in Bezug auf radioaktive Stoffe entwickelt. Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) aus dem Jahr 2013 wurde im November 2015 geändert.⁸

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 in Räumen 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 Bo-

⁷ 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

⁸ Trinkwasserverordnung (**TrinkwV**) in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 (BGBl I S. 2977), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. November 2015 (BGBl I S. 2076)

denluft vorkommende und durch erdberührende Wände und die Bodenplatte in das Haus eindringende geogene Radon die Ursache für eine erhöhte Radoninnenraumkonzentration ist.

In den Regionen mit einer Bodenluftkonzentration von mehr als $20\,000\text{Bq/m}^3$ 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/m^3 ist auch bei neu errichteten Gebäuden ohne Radonschutzmaßnahmen häufig mit Radonkonzentrationen über 100 Bq/m^3 zu rechnen. Ausführlicheres Datenmaterial auch in Form von Tabellen ist den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ (www.bfs.de/DE/mediathek/berichte/umweltradioaktivitaet/umweltradioaktivitaet.html) zu entnehmen.

3. Bewertung der Komponenten der natürlichen Strahlenexposition

3.1 Äußere und innere Strahlenexposition

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

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

3.2 Baumaterialien

Die von den Baustoffen ausgehende Gammastrahlung führt zu einer mittleren Umgebungsäquivalentdosisleistung in Wohngebäuden von rund $0,6\text{ mSv/a}$, was einer jährlichen effektiven Dosis von $0,3\text{ mSv}$ 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 $0,3\text{ mSv/a}$ nach oben und unten möglich.

Die durchgeführten Untersuchungen haben weiterhin gezeigt, dass der baustoffbedingte Anteil an der Radonkonzentration in Innenräumen grundsätzlich unter 20 Bq/m^3 liegt. 20 Bq/m^3 würden zu einer Dosis von $0,4\text{ mSv}$ 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-Radonhandbuch⁹ 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.

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 Lebenszeitrisiko in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, beträgt im Alter von 75 Jahren $0,6 \cdot 10^{-5}$ pro Bq/m³ Radonkonzentration, d. h. sechs Fälle pro einer Million Betroffener für lebenslange Nichtraucher bzw. $15 \cdot 10^{-5}$ pro Bq/m³ (für Raucher). Das Risiko für Ex-Raucher liegt dazwischen und verringert sich mit zunehmender Abstinenzdauer. Die Radonkonzentration, die mit einem zusätzlichen Lebenszeitrisiko 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 durchgeführt¹⁰. 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.

Die neuen Euratom-Grundnormen enthalten umfangreiche Neuregelungen und einen Aktionsplan zum Schutz der Bevölkerung und der Arbeitnehmer vor erhöhter Radonkonzentration. Details dazu sind in Kapitel I.1 dieses Berichts zu finden.

IV. Zivilisatorische Strahlenexposition

1. Kernkraftwerke, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

1.1 Jahresableitungen radioaktiver Stoffe

Ausführlicheres Datenmaterial auch in Form von Tabellen ist den [Jahresberichten](#) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ zu entnehmen.

⁹ WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, 2009, wholibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf

¹⁰ 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, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201111236640, Salzgitter 2011

Abbildung IV.1-1

**Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2014
Schwebstoffe und Jod-131**

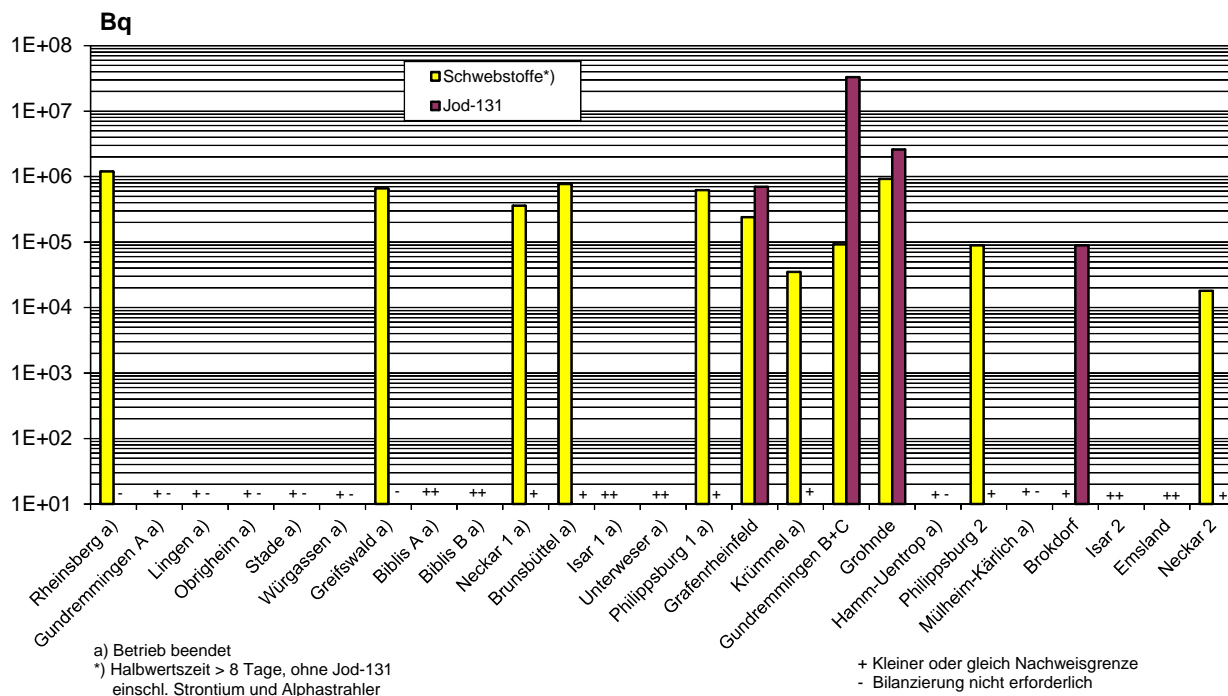


Abbildung IV.1-2

**Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2014
(C-14)O₂, Tritium und Edelgase**

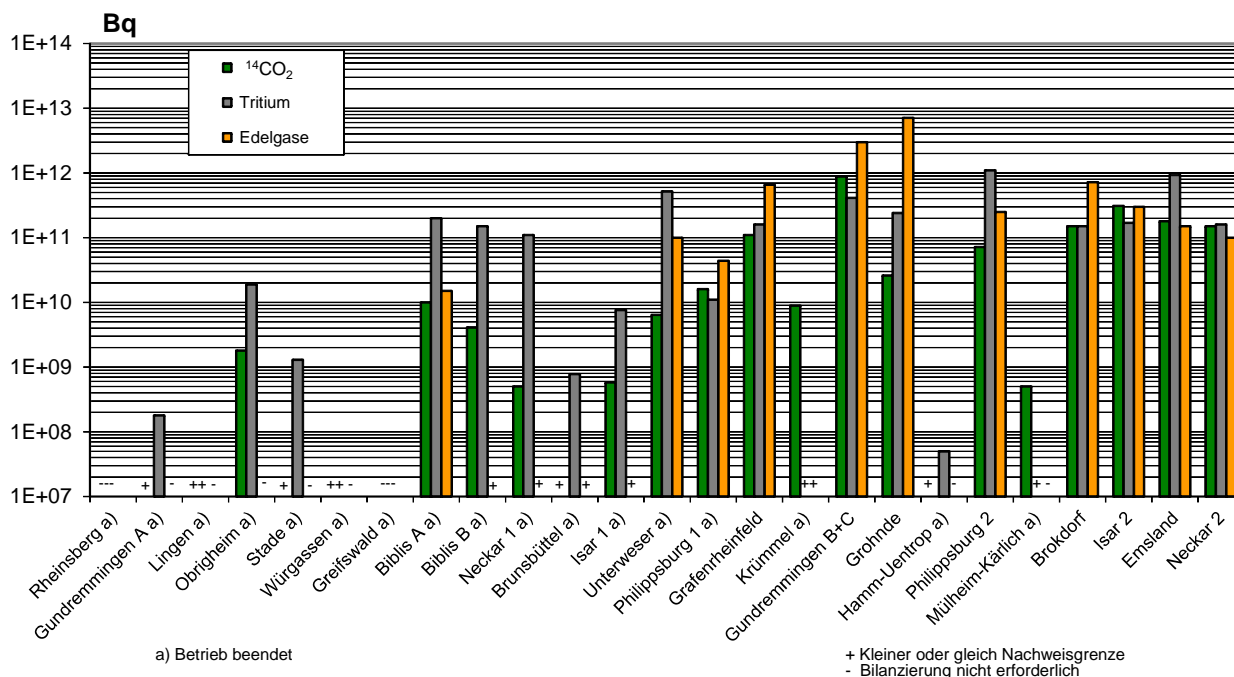
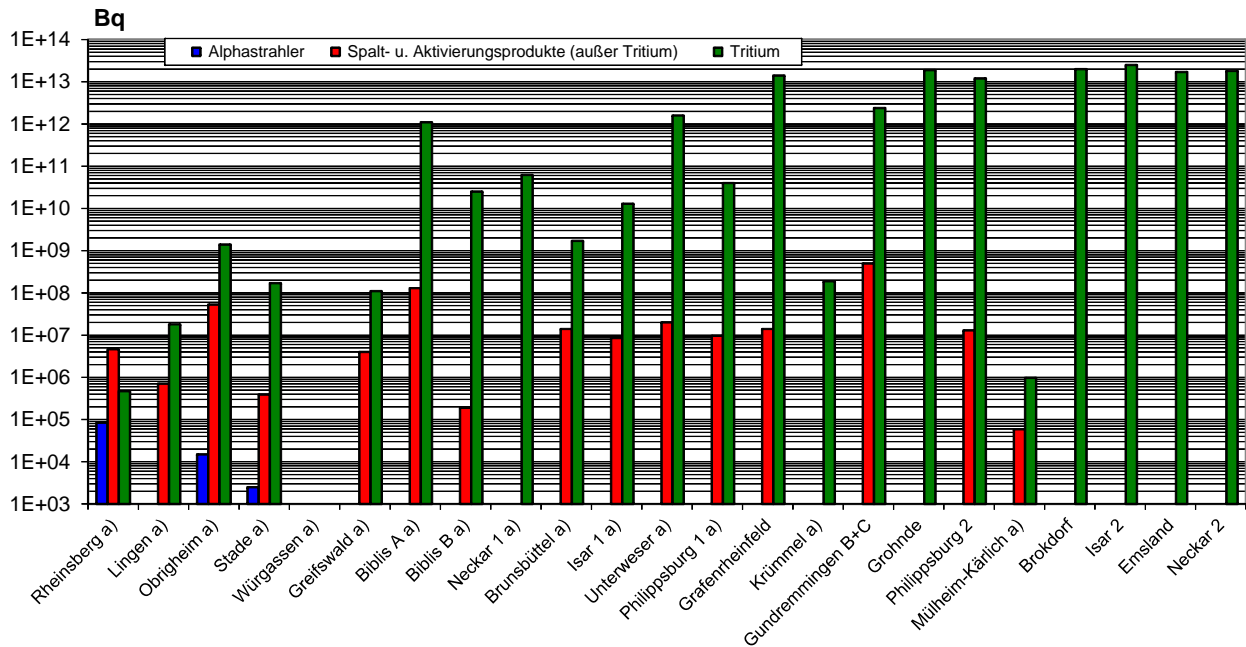


Abbildung IV.1-3

**Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken im Jahr 2014
Alphastrahler, Summenwerte und Tritium**



a) Betrieb beendet

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

men. Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser der Kernkraftwerke, der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht, Berlin, Garching sowie der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe, der Forschungsreaktoren, des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben und der Schachanlage Asse II für das Jahr 2014 sind dort getrennt nach Fortluft und Abwasser angegeben. In den Aktivitätsableitungen der Forschungszentren sind die Emissionen der dort betriebenen Leistungs- und Forschungsreaktoren enthalten. Aus den für 2014 ermittelten Aktivitätsableitungswerten geht hervor, dass die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die jährlichen Emissionen in allen Fällen eingehalten wurden (Kernkraftwerke: Abbildungen IV.1-1, IV.1-2 und IV.1-3; Forschungszentren: Abbildungen IV.1-4 und IV.1-5; Morsleben und Asse: [Abbildung IV.2-2](#)).

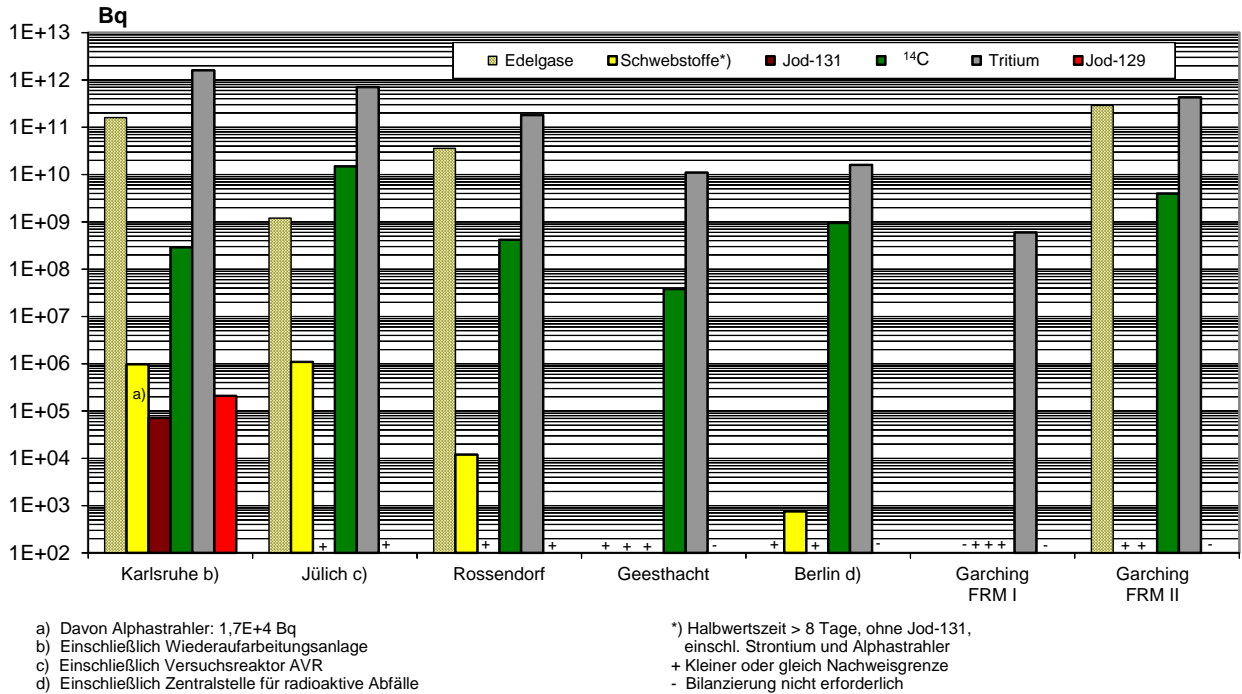
Die aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen berechneten Werte der Strahlenexposition der Bevölkerung sind in [Abschnitt IV.1.2](#) zusammengefasst. Weiterhin wird der Beitrag ausländischer kerntechnischer Anlagen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt (siehe Übersicht in den [Jahresberichten](#) des 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/en/radiation-protection-publications).

ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/publications_en.htm). Die jährlichen Emissionen der Schweizer Anlagen werden im Strahlenschutzbericht des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ENSI veröffentlicht (www.ensi.ch).

Die für das Jahr 2014 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.

Abbildung IV.1-4

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren im Jahr 2014
Schwebstoffe, Jod-131 und Jod-129, C-14, Tritium und Edelgase



C-14 (Kohlenstoff-14) wird in [Abbildung IV.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 2014 beträgt an den in [Abbildung IV.1-2](#) aufgeführten Standorten $3,0 \cdot 10^{12}$ Bq und liegt dabei etwas unter dem Vorjahreswert von $3,3 \cdot 10^{12}$ Bq.

1.2 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition

Die in den Abbildungen [IV.1-6](#), [IV.1-8](#) und [IV.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 berücksichtigenden Expositionspfade, Lebensgewohnheiten und übrigen Annahmen festgelegt sind mit dem Ziel, dass bei deren Anwendung die Strahlenexposition des Menschen nicht unterschätzt wird. Die ungünstigsten Einwirkungsstellen sind die Stellen in der Umgebung einer Anlage, bei denen auf Grund der Verteilung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umgebung durch Aufenthalt oder durch Verzehr dort erzeugter Lebensmittel die höchste Strahlenexposition der Referenzperson zu erwarten ist. 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.

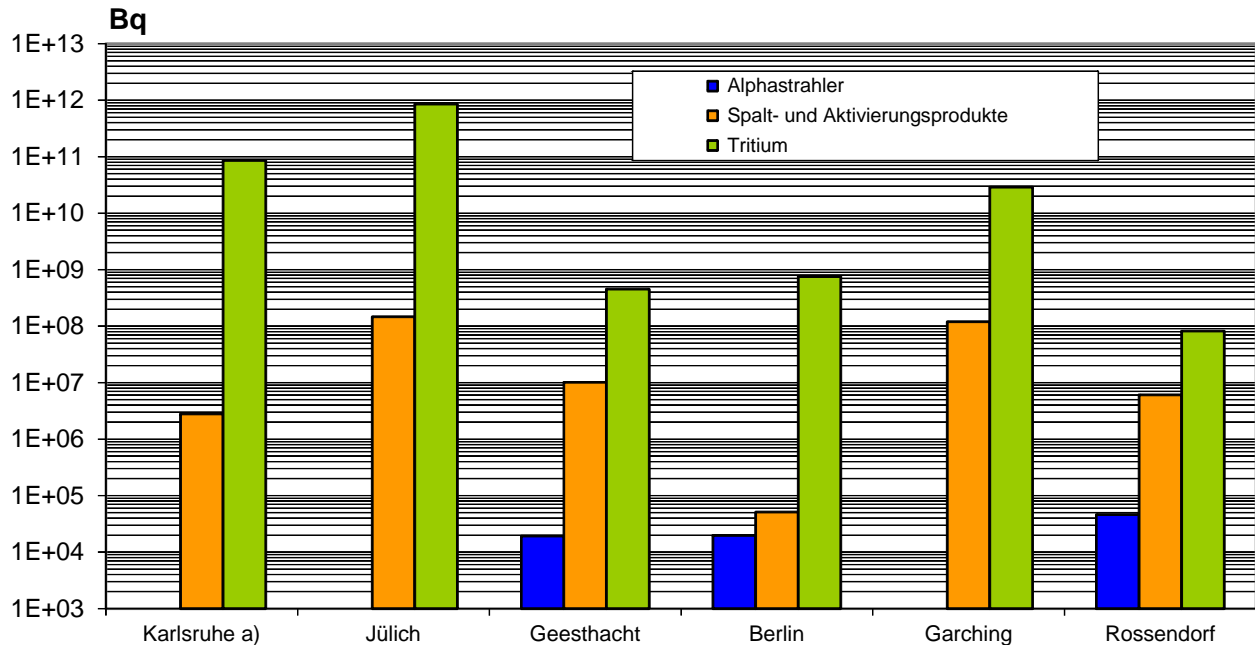
Für die Zwecke der Berichterstattung werden hier nur die Dosen für die kritischen Gruppen und Organe angegeben. In Fällen, in denen die Strahlenbelastung von Säuglingen unter der von Kleinkindern liegt, wird diese nicht angegeben. Außerdem werden Organ Dosen nur für das am meisten betroffene Organ angegeben.

Kernkraftwerke

[Abbildung IV.1-6](#) enthält die Ergebnisse aus der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahr 2014 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft**. Als größter berechneter Wert der effektiven Dosis für Erwachsene ergibt sich 2 µSv (unter 1 % des zulässigen Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) beim Standort Gundremmingen sowie für Kleinkinder 3 µSv (1 % des Dosisgren-

Abbildung IV.1-5

**Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren im Jahr 2014
Alphastrahler, Summenwerte und Tritium**



a) einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage

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

zweites nach StrlSchV). Der größte berechnete Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 3 μSv (unter 1 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) ebenfalls für Gundremmingen. Diese maximalen Werte sind gegenüber dem Vorjahr etwas zurückgegangen.

Forschungszentren

Die in [Abbildung IV.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 2014 als höchsten Wert 11 μSv (unter 4 % des Grenzwertes) für Erwachsene beim Forschungszentrum Karlsruhe sowie 8 μSv (unter 3 % des Grenzwertes) für Kleinkinder aus. Der höchste Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 6 μSv (unter 1 % des Grenzwertes) ebenfalls am Standort Karlsruhe.

Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Lingen und Gronau liegen die für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder sowie die oberen Werte der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft jeweils unter 0,0001 mSv.

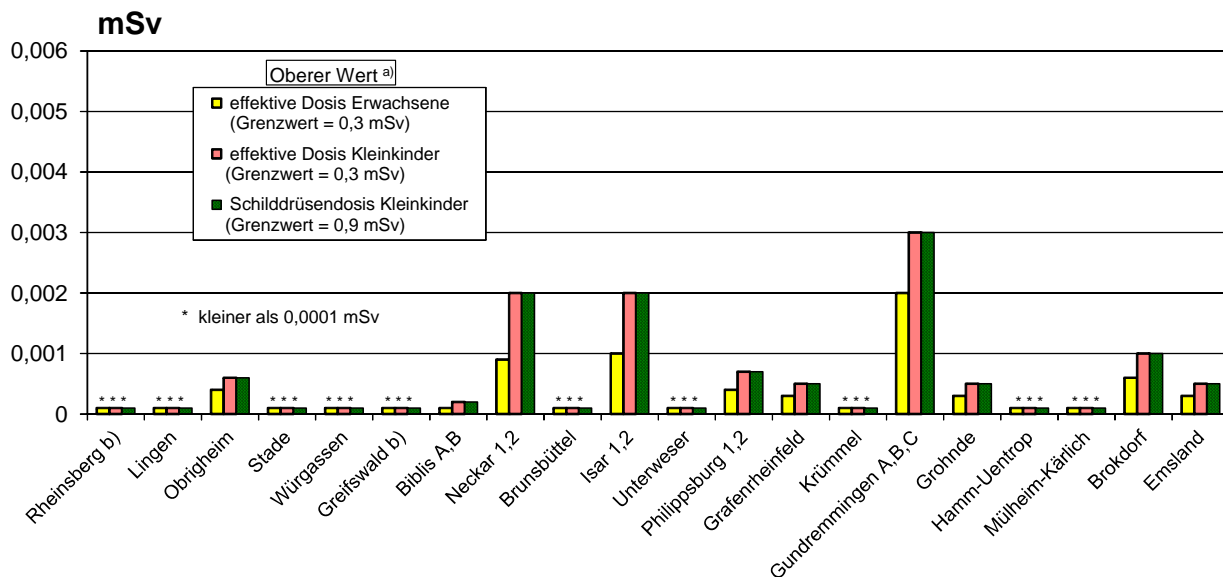
Abwasser

In [Abbildung IV.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 1,6 μSv (entsprechend ca. 0,5 % 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 Mündungs-

Abbildung IV.1-6

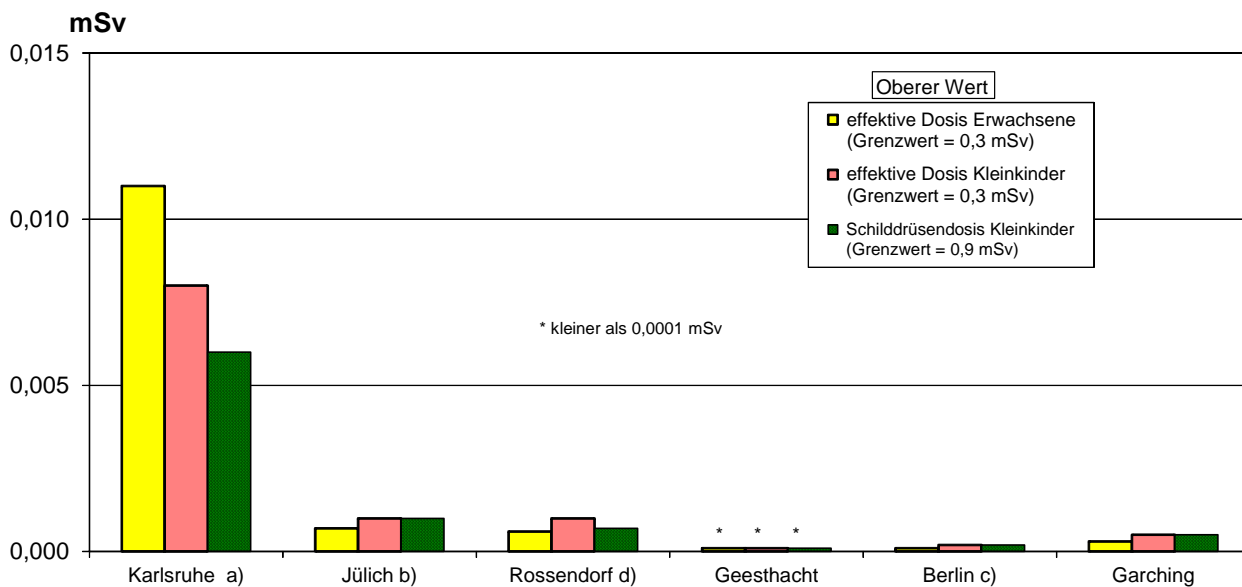
Strahlenexposition im Jahr 2014 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft



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

Abbildung IV.1-7

Strahlenexposition im Jahr 2014 in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft

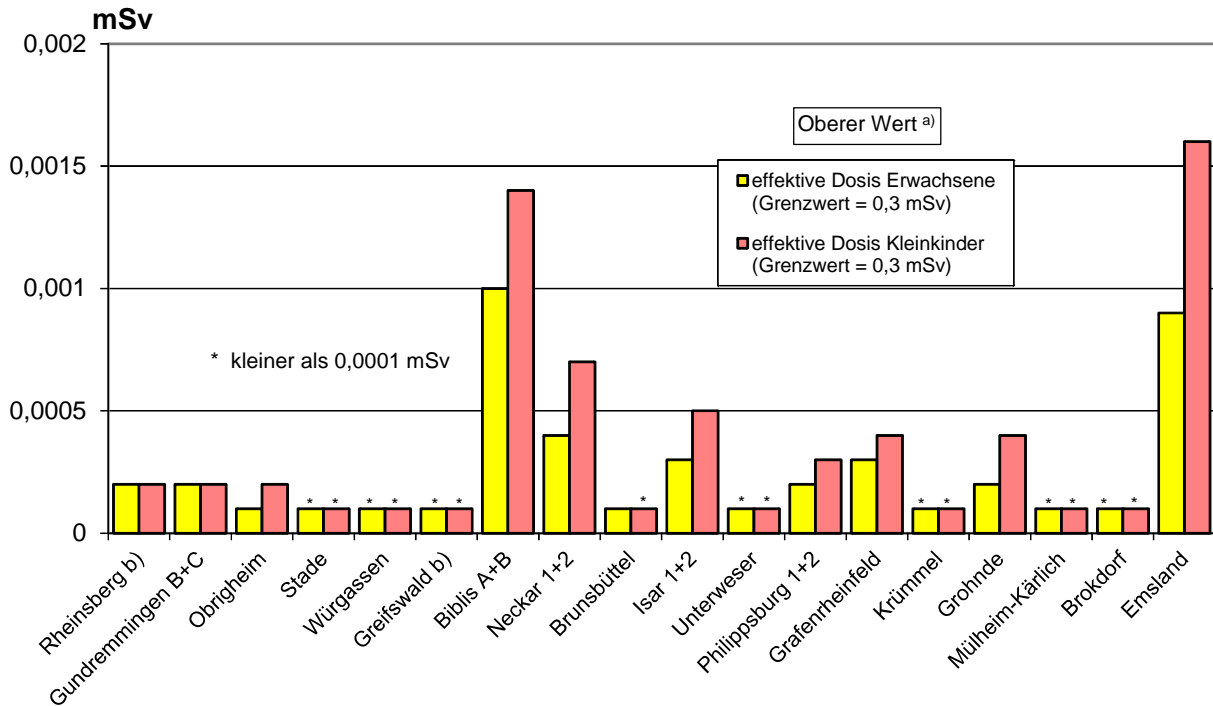


Die Werte für die Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht und Berlin sind den entsprechenden Jahresberichten 2014 entnommen.

- a) einschließlich Wiederaufbereitungsanlage
- b) einschließlich Versuchsreaktor AVR
- c) einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle
- d) einschließlich Landessammelstelle für radioaktive Abfälle

Abbildung IV.1-8

Strahlenexposition im Jahr 2014 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

gebiet des Neckar wurde eine effektive Jahresdosis von etwa 0,6 μ Sv für Erwachsene und 1,0 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. 0,6 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 2014 in Jülich obere Werte von 3,2 μ Sv für Erwachsene. In Karlsruhe und Geesthacht betragen die Werte < 0,1 μ Sv. Die Angaben stammen aus den jeweiligen Jahresberichten.

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

Die durch die Ableitungen von Alphastrahlern mit dem Abwasser bedingten oberen Werte der effektiven Dosis von Erwachsenen und Kleinkindern in der Umgebung Kernbrennstoff verarbeitender Betriebe liegen wie im Vorjahr auch im Jahr 2014 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 Gorleben¹¹ sowie dem Zwischenlager Nord (Rubenow bei Greifswald) treten im Normalbetrieb keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. [Tabelle IV.2-1](#) zeigt die gemessene Ortsdosis außerhalb des Geländes der zentralen Zwischenlager (Messwerte der Betreiber). Für die in Betrieb befindlichen

dezentralen Standort-Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten treten im Normalbetrieb ebenfalls keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. Daher ist die hieraus resultierende Strahlenexposition der Bevölkerung vernachlässigbar gering. Messbar ist je nach Lagerbelegung lediglich die Dosis bzw. Dosisleistung der Gamma- und Neutronenstrahlung in unmittelbarer Nähe dieser Anlagen. Sie wird zusammen mit der Direktstrahlung der entsprechenden Kernkraftwerksanlage erfasst. [Abbildung IV.2-1](#) zeigt eine Übersicht über die in Betrieb befindlichen Zwischenlager, die Anzahl der Stellplätze und die Belegung im Jahr 2014. Im Transportbehälterlager Ahaus waren von 420 Stellplätzen wie im Vorjahr 56 Stellplätze mit insgesamt 329 Behältern belegt¹².

Tabelle IV.2-1

Ortsdosis* an den zentralen Zwischenlagern im Jahr 2014

Zwischenlager	Gamma-Ortsdosis	Neutronen-Ortsdosis
	mSv/a	mSv/a
Transportbehälterlager Ahaus	0,46 (MP9)	<0,05 (alle MP, I.HJ) <0,05 (alle MP, II.HJ)
Zentrales Zwischenlager Nord (Rubenow)	0,94 (MP15)	0,116 (MP24)
Transportbehälterlager Gorleben	0,835 (MP M6)	0,30 (MP8,13,14)**

* 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

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 IV.2-2](#) dargestellt. Die daraus resultierende Strahlenexposition zeigt [Abbildung IV.2-3](#). Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis für Erwachsene betrug 2014 0,2 µSv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 0,5 µSv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 1 µSv; dies sind ca. 0,1 %, 0,2 % bzw. 0,3 % des Grenzwertes nach der Strahlenschutzverordnung. Die Dosis des kritischen Organs Knochenoberfläche für alle Altersgruppen errechnete sich zu 5 µSv für Erwachsene, 5 µSv für Kleinkinder (Altersgruppe 1 - 2 Jahre) und 10 µSv für mit Muttermilch ernährte Säuglinge (ca. 0,3 %, 0,3 % bzw. 0,5 % des Grenzwertes). Die Dosiswerte sind allerdings sehr konservativ, da kein Abzug der Radioaktivität natürlichen Ursprungs in der Fortluft erfolgt. Die berechneten Dosiswerte sind trotz vergleichbarer Ableitungen wegen des Wegfalls unrealistisch konservativer Annahmen gegenüber dem Vorjahr deutlich zurückgegangen. Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahr 2014 mit dem Abwasser ermittelte Wert der effektiven Dosis liegt unterhalb von 0,1 µSv für Erwachsene und Kleinkinder.

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 IV.2-2](#) sind die im Jahr 2014 mit der Fortluft aus der Schachtanlage Asse II abgeleiteten radioaktiven Stoffe dargestellt. Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis betrug 2014 für Erwachsene 19 µSv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 31 µSv und für Säuglinge

¹¹ Das TBL Gorleben ist zusätzlich für die Aufbewahrung hochradioaktiver Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken genehmigt.

¹² 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

Abbildung IV.2-1

Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Deutschland im Jahr 2014 mit Anzahl der Stellplätze
(Belegung in Klammern, Stand 31.12.2014)

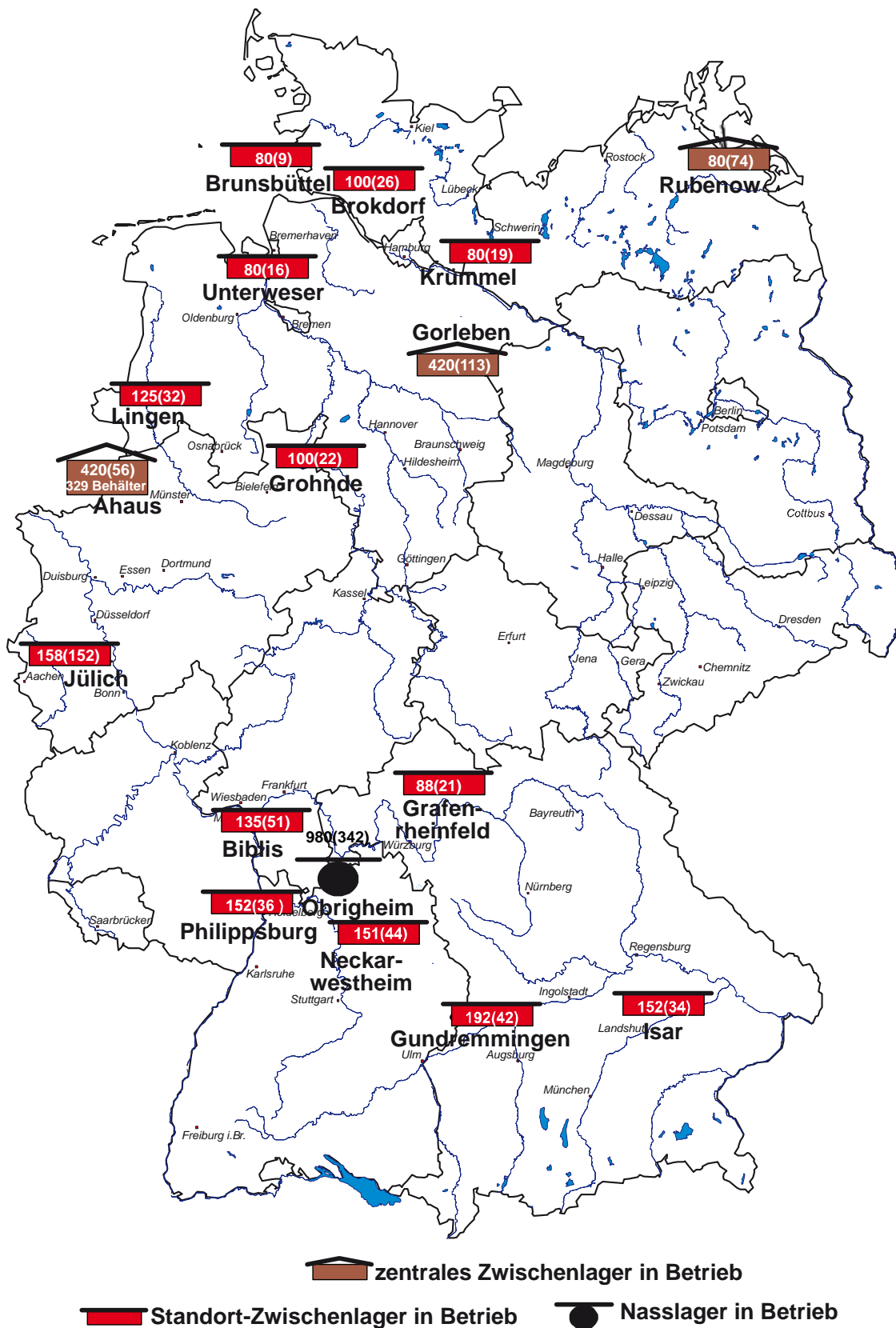
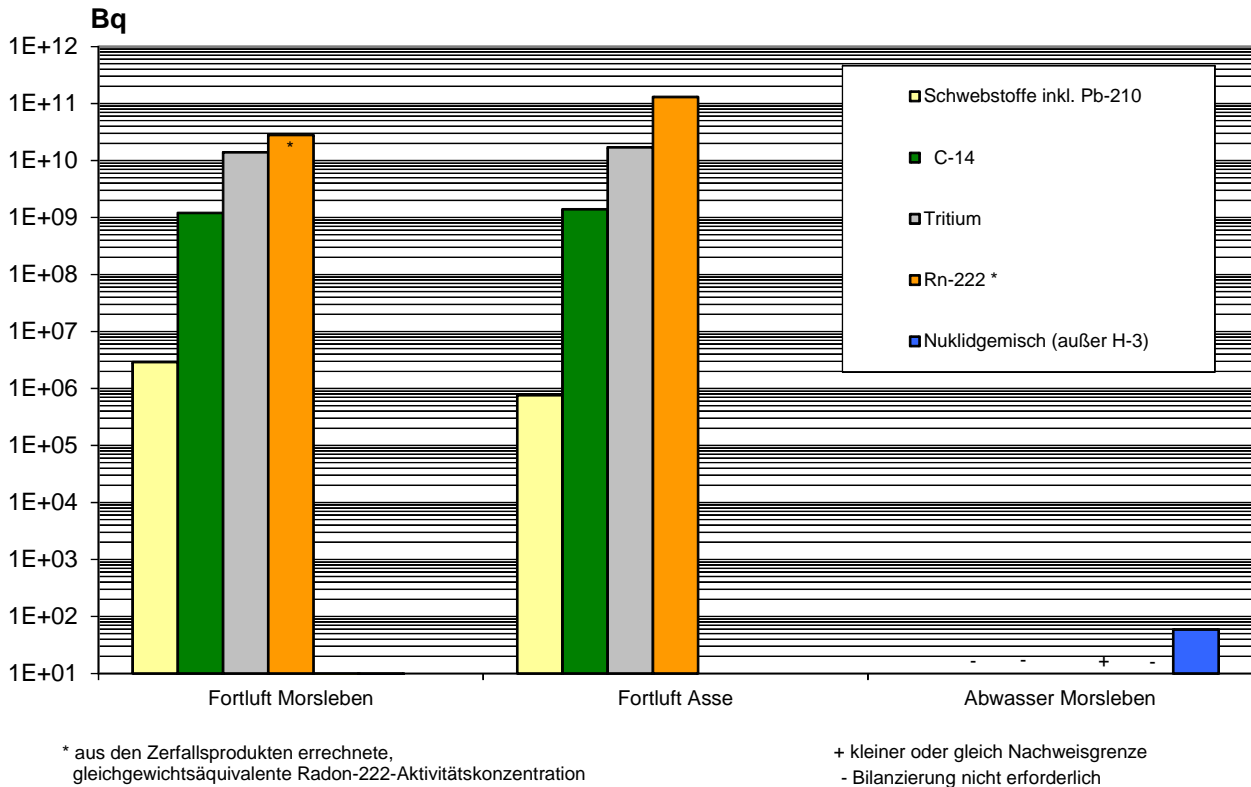


Abbildung IV.2-2

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben und der Schachthanlage Asse im Jahr 2014



34 μSv . Dies sind ca. 6 %, 10 % und 11 % des Grenzwertes gemäß Strahlenschutzverordnung. Die Dosis ohne Radon für das kritische Organ (rotes Knochenmark) wurde mit 9 μSv für Erwachsene, 25 μSv für Kleinkinder und 41 μSv für Säuglinge ermittelt. Dies sind ca. 3 %, 8 % und 14% des zulässigen Grenzwertes.

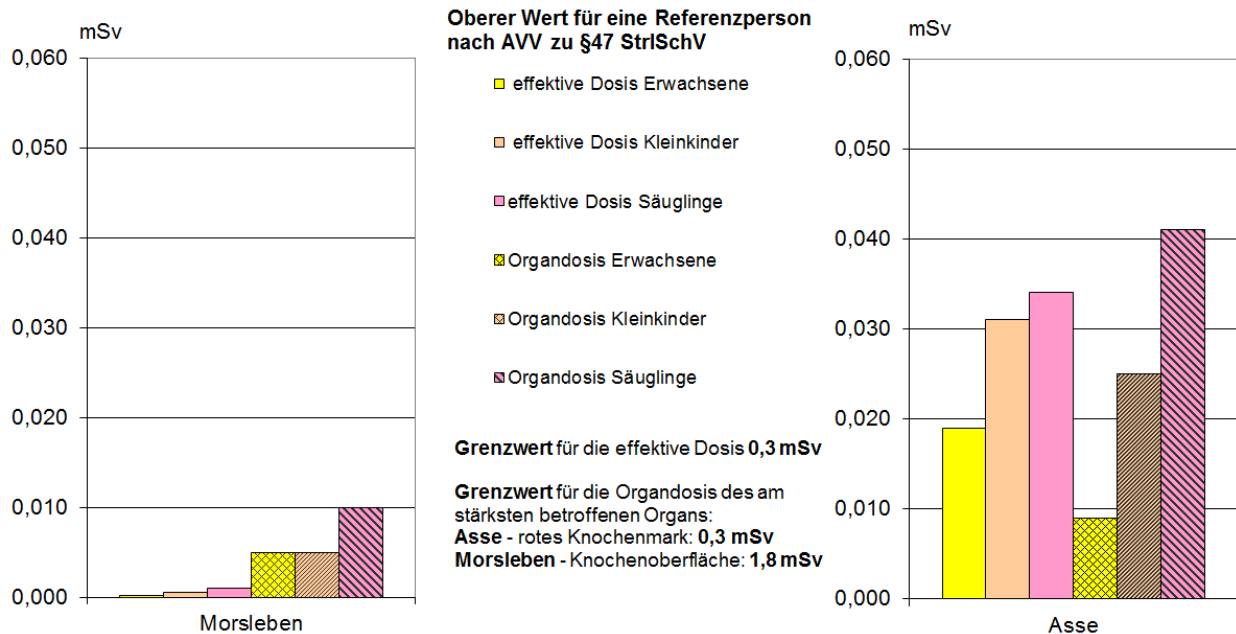
Die errechnete potenzielle Strahlenexposition wird in der Schachthanlage Asse II insbesondere durch das radioaktive Edelgas Radon-222 (14 μSv bei allen Altersgruppen) und das Radionuklid Pb-210 (2 μSv bei Erwachsenen, 7 μSv bei Kleinkindern und 9 μSv bei Säuglingen) verursacht. Das Radionuklid Pb-210 entsteht durch radioaktiven Zerfall aus Radon-222 und wird zum Teil bereits mit den Frischwettern in die Grube eingebracht. Radon-222 ist ebenfalls bereits in den Frischwettern vorhanden, wird aber auch aus den in der Schachthanlage Asse II eingelagerten radioaktiven Abfällen freigesetzt. Bei der Berechnung der potenziellen Strahlenexposition wurde nicht zwischen natürlichen und abfallbürtigen 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 IV.2-3](#) aufgeführt.

3. Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen

Die für 2014 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 tragen bei der effektiven Dosis und bei den einzelnen Organdosen weniger als 10 % des jeweiligen Dosisgrenzwertes und bei einzelnen Organdosen maximal 14% des betreffenden Organgrenzwertes. 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 2014 deutlich unter 10 μSv pro Jahr.

Abbildung IV.2-3

Maximale Strahlenexposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben und der Schachtanlage Asse durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2014



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“.

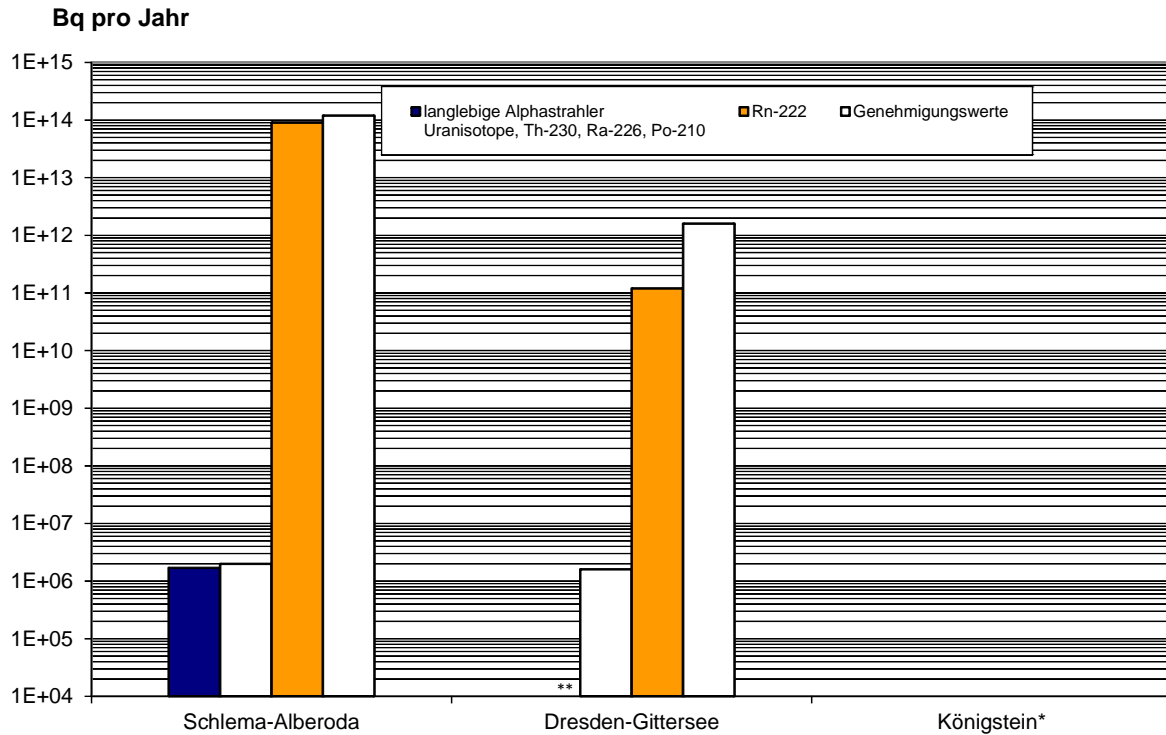
Emissionen

In [Abbildung IV.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.

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer (Vorfluter), die in [Abbildung IV.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 Abwasser-

Abbildung IV.4-1

Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern bzw. der Fortluft in die Atmosphäre aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2014



* Seit Oktober 2012 erfolgt keine Ableitung mehr in die Atmosphäre

** Die Emissionen wurden nicht bilanziert, da die Konzentrationswerte unterhalb der Nachweisgrenze lagen.

menge 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 IV.4-2](#). Die niedrigeren Uranableitungen in die Weiße Elster sind auf einen verbesserten Prozess in der Wasserbehandlungsanlage (WBA) Ronneburg zurückzuführen.

Details zur Errechnung der Genehmigungswerte für flüssige Ableitungen finden sich in den [Jahresberichten](#) des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Aus den Ableitungen in die betroffenen Gewässer resultiert an keiner Stelle eine nennenswerte Strahlenexposition. Sie kann bei Unterstellung realistischer Nutzungsszenarien im Einzelfall für die kritische Personengruppe bis zu 0,06 mSv/a betragen, so dass der geltende Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung weit unterschritten wird.

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

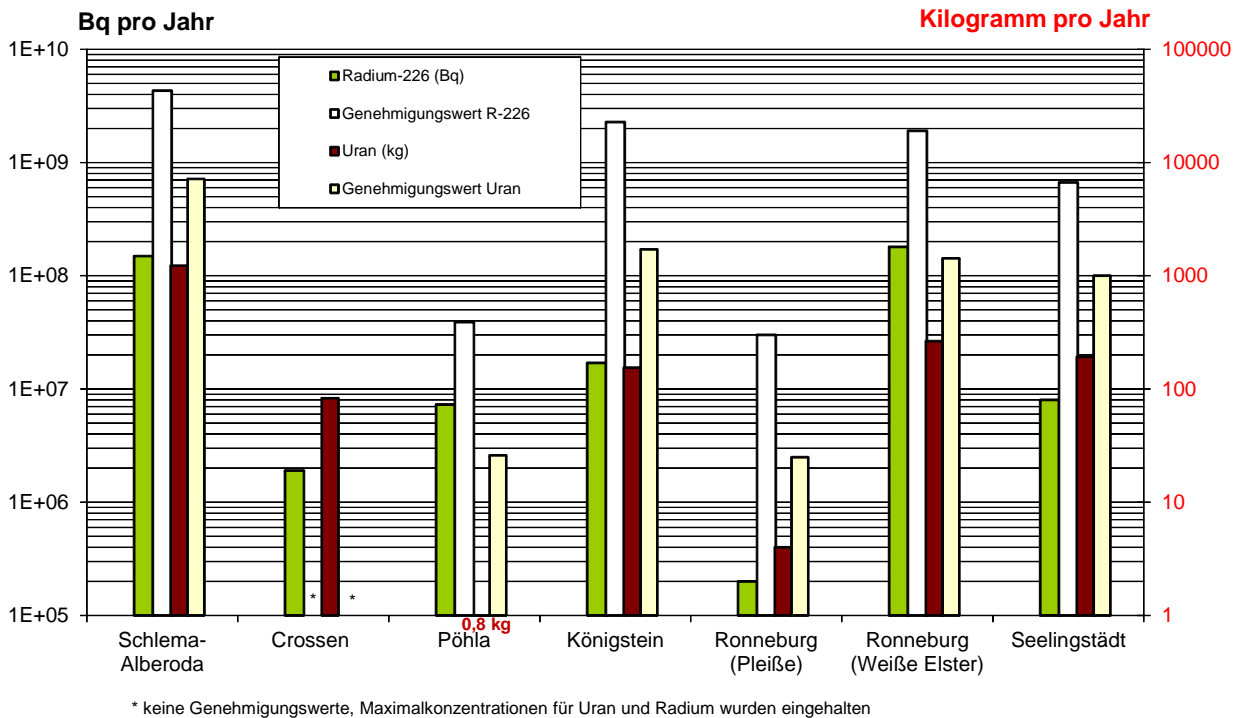
5.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen

Radioaktive Stoffe unterschiedlicher Art und Aktivität können in Industrieerzeugnissen, wie z.B. wissenschaftlichen Instrumenten, elektronischen Bauteilen, Leuchtstoffröhren, Ionisationsrauchmelder, Gasglühstrümpfen, 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 gesetzlich festgelegter Aktivitätswerte.

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

Die StrlSchV regelt den Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen und die RöV den Einsatz von Röntengeräten, um sowohl die Arbeitnehmer als auch die Bevölkerung vor unnötiger Strahlenexposition zu schützen. Die mittlere

Abbildung IV.4-2



effektive Dosis der Bevölkerung, die aus der Verwendung dieser Industrieerzeugnisse bzw. Konsumgüter resultiert, lag bisher unter 0,01 mSv pro Jahr. Es spricht nichts dafür, dass sich dieser Wert geändert hat.

5.2 Hochradioaktive Strahlenquellen

Hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ) werden in einem zentralen Register erfasst, welches im BfS geführt wird. Durch die zentrale Erfassung dieser Quellen wird sichergestellt, dass zuständige Genehmigungs-, Aufsichts- sowie Sicherheitsbehörden jederzeit Informationen über Art, Aktivität, Besitzherrschaft sowie Standort aller in Deutschland befindlichen HRQ erhalten können.

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

Bis zum Ende des Jahres 2014 wurden insgesamt 667 Genehmigungsinhaber mit ihren Stammdaten in das Register für hochradioaktive Strahlenquellen aufgenommen. 73 Bundes- und Landesbehörden wurde ein Zugang zum HRQ-Register erteilt.

Bis Ende 2014 wurden 134000 Meldungen zu 34500 registrierten Strahlenquellen in der Datenbank der hochradioaktiven Strahlenquellen gespeichert. Von diesen 34500 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, aber nicht genutzt werden. Sie unterliegen einer Genehmigungspflicht, falls keine Bauartzulassung vorliegt. Die Höchstwerte der Ortsdosisleistung der Störstrahler sind in § 5, Absatz 2, Satz 1 der RöV auf 1 µSv/h in 0,1 m Abstand festgelegt. Zu den Störstrahlern gehören auch Kathodenstrahlröhren in Bildschirmgeräten wie z. B. in Fernsehgeräten älterer Bauart.

Der Beitrag von Störstrahlern zur Strahlenexposition der Bevölkerung beträgt auch 2014 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 IV.6-1](#) gibt hierzu eine Übersicht.

Tabelle IV.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	600000
Rückstände aus der Tantal-Produktion	unbekannt
Pyrochlorschlacken	30
Sinterstäube aus der Roheisenmetallurgie	5000
Hochofenschlämme aus der Roheisenmetallurgie	30000
Stäube aus der Nichteisen-Primärmetallurgie	30000
Sonstige uran- und thoriumhaltige Rückstände	100

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.

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 sichergestellt¹³. Nennenswerte Gehalte an Cs-137 finden sich jedoch noch in Pilzen und Wild. In [Abbildung IV.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“.

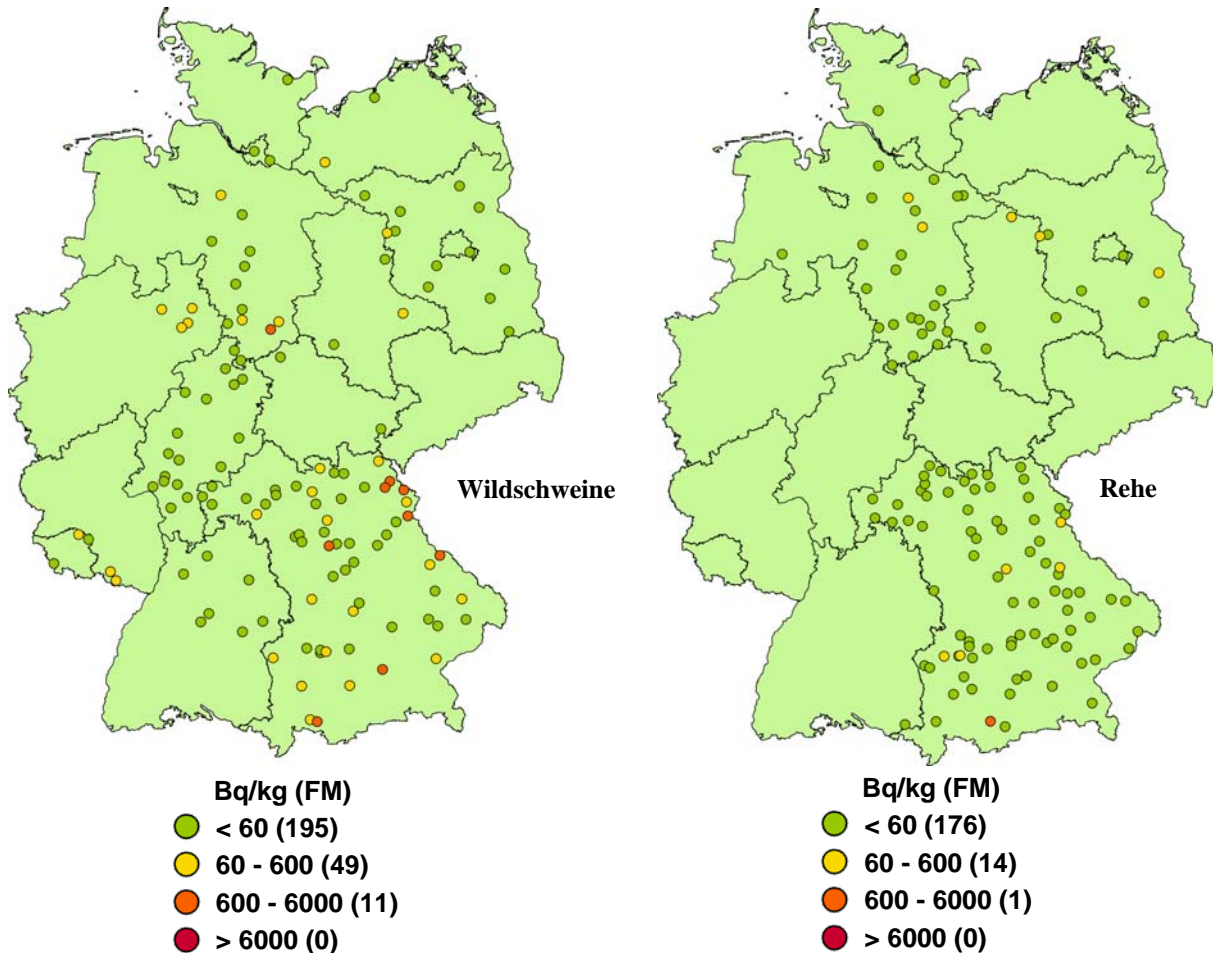
7.2 Fukushima

2014 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

¹³ BMU (Hrsg): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland: Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz; Stand 2011, urn:nbn:de:0221-201204188048, Bonn, April 2012

Abbildung IV.7-1

**Cäsium-137-Gehalt (Mittelwerte) von Rehen und Wildschweinen im Jahr 2014
(Datenbasis des Bundes, Anzahl der Werte in Klammern)**



des Bundes zusammengefasst^{1,3}. Nähere Erläuterungen enthalten die [Jahresberichte](#) des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

7.3 Kernwaffenversuche

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

V. Berufliche Strahlenexposition

1. Zivilisatorische Strahlenquellen

1.1 Personendosisüberwachung

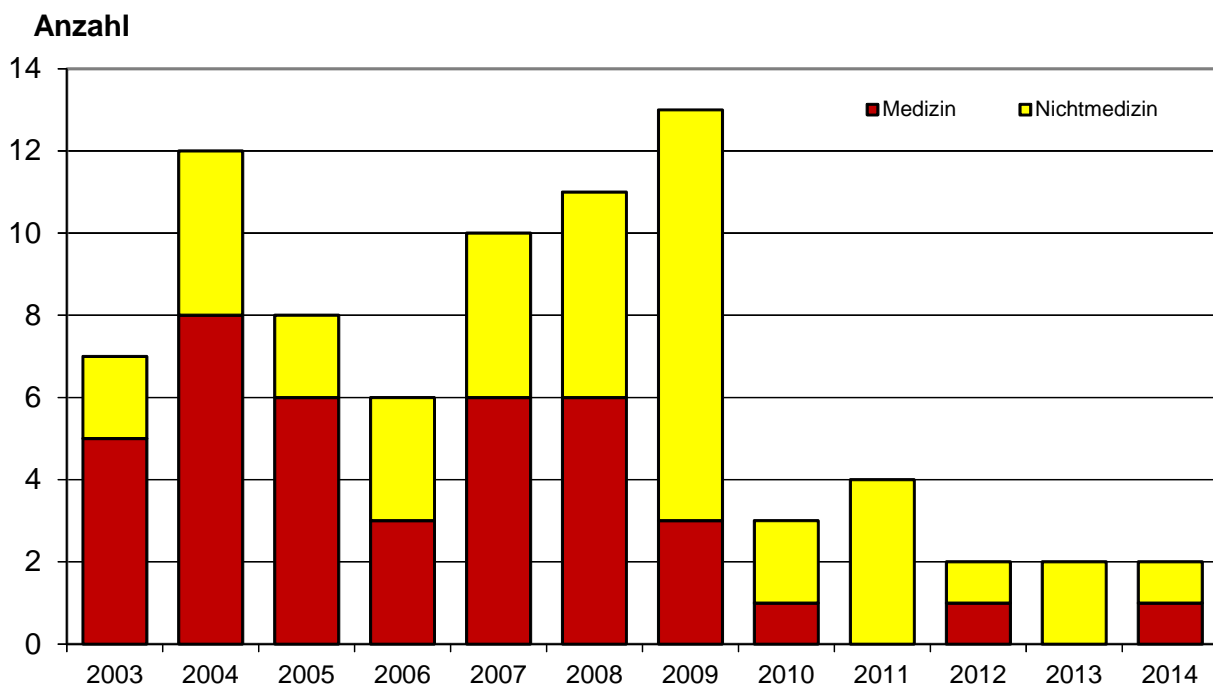
Alle beruflich strahlenexponierten Personen, bei denen die Möglichkeit einer erhöhten Strahlenexposition von außen - mit Ausnahme der kosmischen Strahlung (siehe 2. „Überwachung des fliegenden Personals“) - besteht, werden mit Personendosimetern überwacht, die von vier behördlich bestimmten Messstellen ausgehen und ausgewertet werden. Die Daten werden an das Strahlenschutzregister des Bundesamtes für Strahlenschutz übermittelt.

Nicht immer führt die Ausgabe eines Dosimeters an eine überwachte Person zu einer Dosisermittlung durch eine Messstelle (Dosimeter gehen verloren oder werden beschädigt, Filmplaketten werden falsch eingelegt oder außerhalb der Kassette bestrahlt u. a. m.). Wenn aus solchen Gründen die zuständige Messstelle für eine Person im Überwachungszeitraum keine Dosis ermitteln kann, dann teilt sie dies der zuständigen Aufsichtsbehörde mit. Diese kann dann anhand definierter Kriterien und unter Berücksichtigung der Expositionsumstände eine 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 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 2014 von zwei Personen überschritten. Bezogen auf die Gesamtzahl der Überwachten sind dies 0,0006 % (Abbildung V.1-1).

Abbildung V.1-1

Anzahl der Personen mit Ganzkörperjahresdosen über 20 mSv

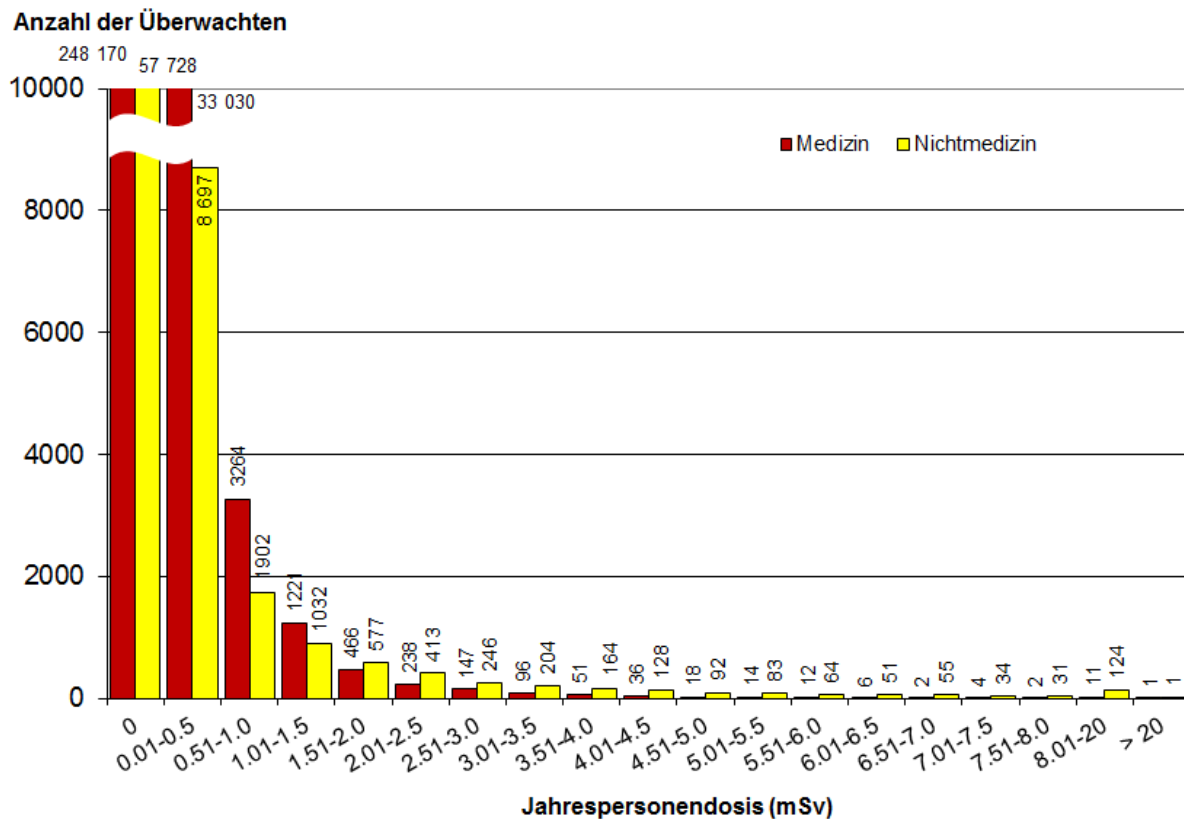


Die Zusammenstellung der Fälle mit Jahrespersonendosen über 20 mSv gibt nur Aufschluss über den Stand der Einhaltung der Grenzwerte nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung. Ein quantitatives Bild der Strahlenexposition aller Überwachten vermitteln die Häufigkeitsverteilungen der Jahrespersonendosen. 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 V.1-2](#) ist jeweils für den medizinischen und nichtmedizinischen Arbeitsbereich die Anzahl von Personen in verschiedenen Dosisintervallen angegeben. Liegt die Strahlenexposition während des ganzen Jahres unterhalb der unteren Erkennungsgrenze für Ganzkörperdosimeter von 0,05 mSv, dann wird von der Messstelle für die überwachte Person eine Jahrespersonendosis von 0 mSv festgelegt. Dies traf für den größten Teil der überwachten Personen zu. Eine messbare berufliche Strahlenexposition erhielten deshalb nur 15 % aller mit Personendosimetern überwachten Personen.

Die Jahreskollektivdosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister gemeldeten gültigen Personendosiswerte im Kalenderjahr. Die mittlere Jahrespersonendosis im Jahr 2014 betrug 0,07 mSv. Bildet man den Mittelwert über

Abbildung V.1-2

Verteilung der Jahrespersonendosen beruflich Strahlenexponierter im Jahr 2014



die Personen, die einer messbaren Strahlenexposition ausgesetzt waren (ca. 52 000 Personen), so ergibt sich für diese Gruppe der Exponierten eine mittlere Jahrespersonendosis von 0,50 mSv (Vorjahr: 0,53 mSv).

Ist vorauszusehen, dass im Kalenderjahr die Teilkörperdosis für die Hände, die Haut oder die Augenlinse festgelegte Dosiswerte überschreiten kann, so ist die Dosis für diese Körperteile durch weitere Dosimeter festzustellen. Diese Überwachung wurde im Jahr 2014 für die Hände bei ca. 22 000 Personen durchgeführt. Von diesen 22 000 Überwachten wiesen ca. 6 000 Personen Teilkörperdosen von mehr als 0,5 mSv auf (untere Erkennungsgrenze für Teilkörperdosimeter). Im Jahr 2014 kam es zu keinen Überschreitungen von Grenzwerten für die Teilkörperdosis.

1.2 Beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen

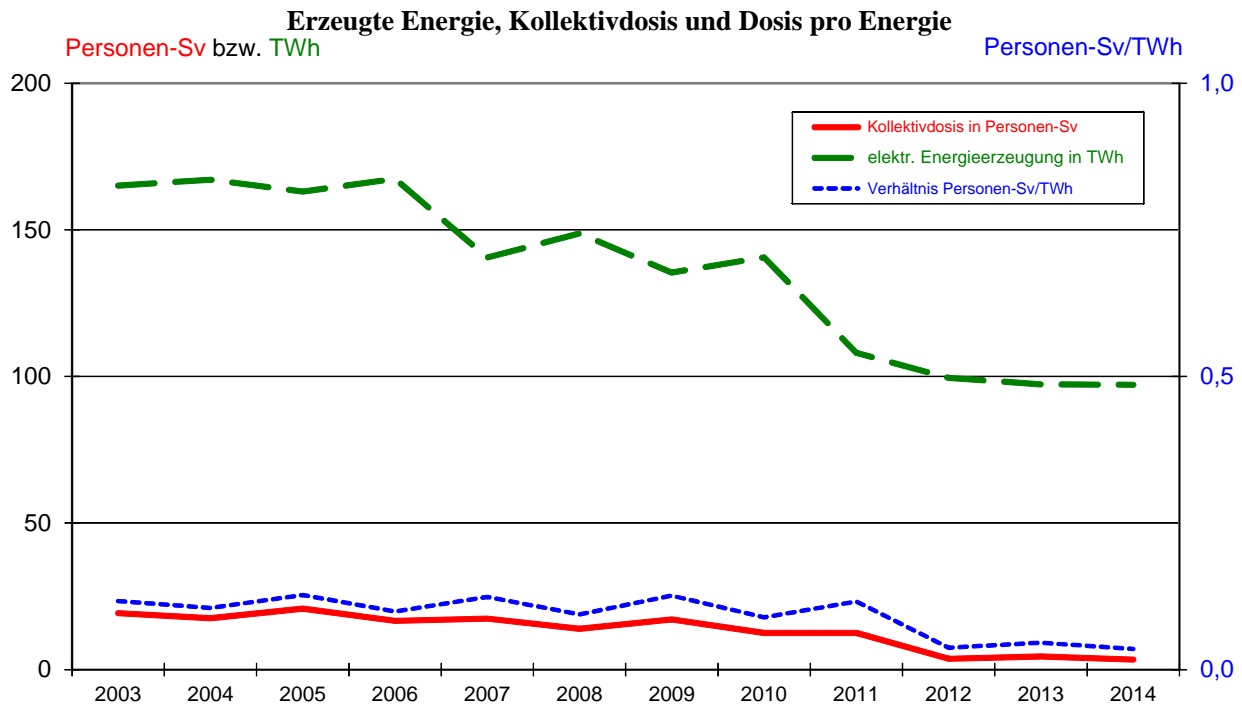
Eine wichtige Teilgruppe der mit Personendosimetern Überwachten ist das Eigen- und Fremdpersonal in kerntechnischen Anlagen, insbesondere in Kernkraftwerken zur Stromproduktion. Grundlage für die folgenden Zeitverläufe sind Erhebungen der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) GmbH im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

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 2014 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 der Abbildung V.1-3 enthalten.

1.3 Inkorporationsüberwachung

Beruflich strahlenexponierte Personen, bei denen während ihrer Tätigkeit eine Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper nicht ausgeschlossen werden kann, werden in der Regel durch Aktivitätsmessungen in Ganz- und Teilkörperzählern bzw. durch Analyse ihrer Ausscheidungen überwacht. Im Jahr 2002 begannen behördlich

Abbildung V.1-3



bestimmte Inkorporationsmessstellen mit der Übermittlung von Daten an das Strahlenschutzregister. Von den meldenden Messstellen wurden 1349 Personen im Jahr 2014 (Vorjahr: 1476) überwacht, die Kollektivdosis durch Inkorporation betrug weniger als 0,01 Personen-Sv. Die höchste Jahrespersonendosis infolge von Inkorporation lag bei 2,4 mSv. Von den 1349 Überwachten hatten 56 Personen Dosiswerte oberhalb der Nachweisgrenze.

2. Natürliche Strahlenquellen

2.1 Flugpersonal

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.

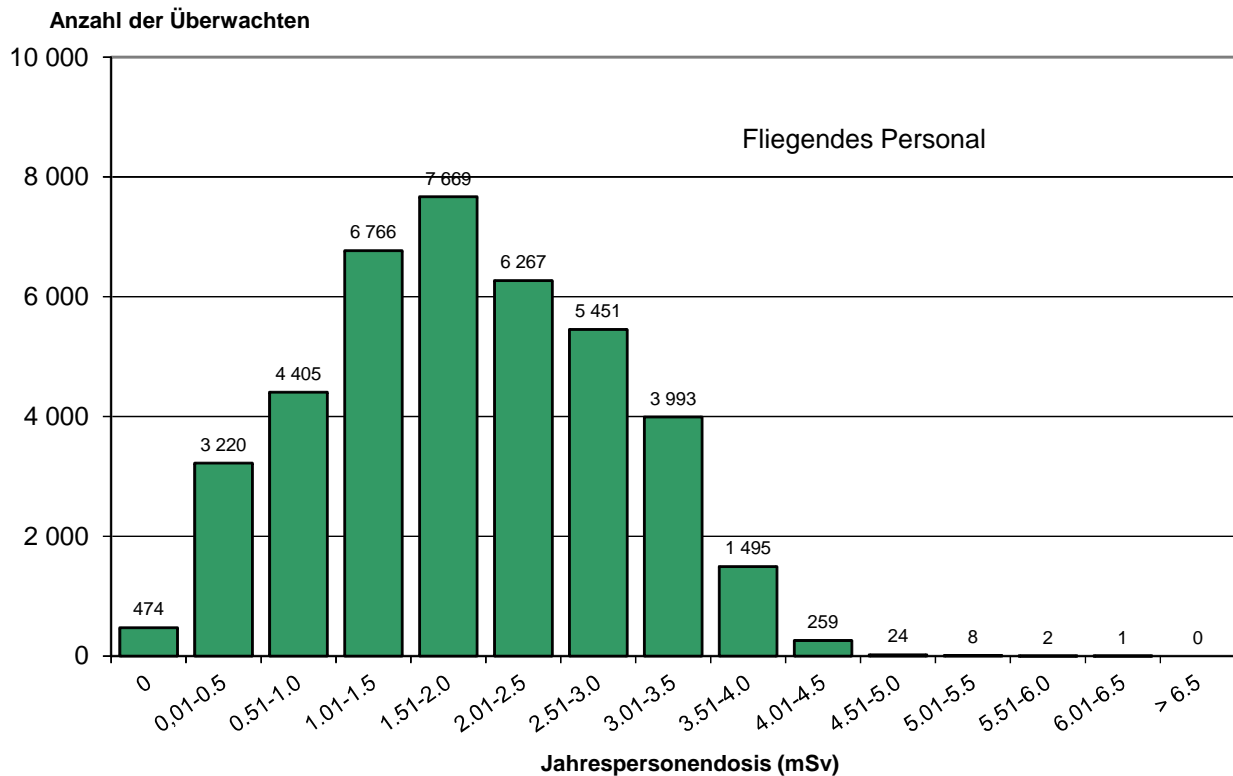
In Deutschland wurden im Jahr 2014 insgesamt 39 449 Personen (Vorjahr: 39 449) überwacht, die mittlere effektive Jahresdosis betrug wie im Vorjahr 1,9 mSv. Der höchste Jahrespersonendosiswert liegt bei 6,2 mSv. Die Kollektivdosis für das Jahr 2014 beträgt ca. 76 Personen-Sv. Damit zählt das fliegende Personal bezüglich der Kollektivdosis und der mittleren Jahresdosis zu den am höchsten strahlenexponierten Berufsgruppen Deutschlands. Auch die Form der Dosisverteilung ([Abbildung V.2-1](#)) 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 Betriebsstät-

Abbildung V.2-1

Verteilung der Jahrespersonendosis beim fliegenden Personal



ten 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 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 2014 dem Strahlenschutzregister im Bundesamt für Strahlenschutz für 329 Personen (Vorjahr: 298 Personen) Dosiswerte übermittelt. Von diesen 329 Personen führten 95 Personen (Vorjahr: 99 Personen) Sanierungsarbeiten in den Betrieben der Wismut GmbH aus. Die Kollektivdosis der 329 Beschäftigten betrug 1,1 Personen-Sv, die mittlere Jahrespersonendosis 3,5 mSv (Vorjahr: 3,2 mSv). Im Jahr 2014 gab es drei Überschreitungen (2013: vier Überschreitungen) des Grenzwertes von 20 mSv. Der höchste Wert der effektiven Jahresdosis betrug 29 mSv (Vorjahr: 25 mSv). Die Dosisverteilung zeigt [Abbildung V.2-3](#).

3. Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse

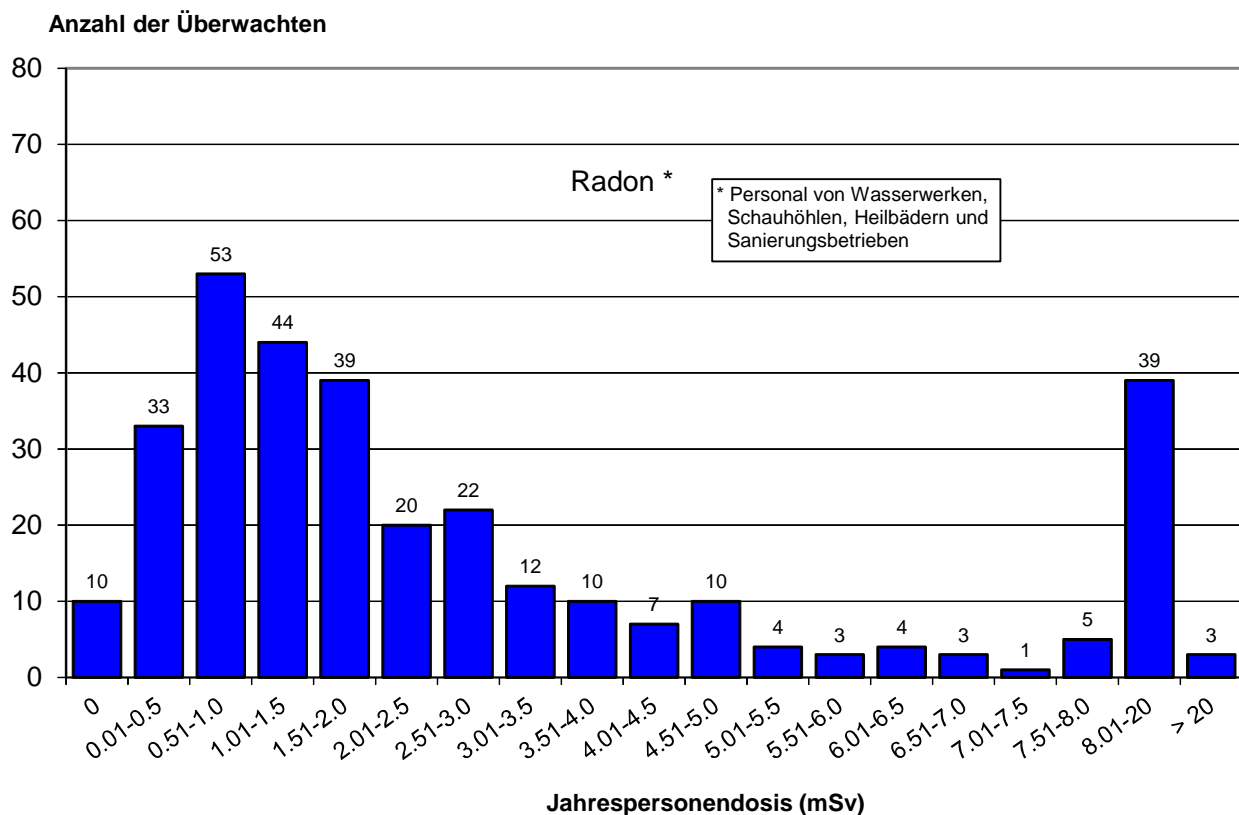
Durch die strengen Vorschriften im Strahlenschutzrecht sind meldepflichtige besondere Vorkommnisse mit Personenbeteiligung beim Umgang mit ionisierenden Strahlen und radioaktiven Stoffen selten. Derartige Vorkommnisse werden in den [Jahresberichten](#) „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des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

Etwa 80% der für das Jahr 2014 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.

15% der gemeldeten Vorkommnisse traten im medizinischen Anwendungsbereich auf. Durch menschliche Fehler (z.B. falsche Einstellungen, Patientenverwechslungen, Übertragungsfehler) wurden im Jahr 2014 sieben Vorkommnisse mit unbeabsichtigten Expositionen in der Medizin bekannt. In einem Fall wurden durch systematische

Abbildung V.2-3

Verteilung der Jahrespersonendosen durch erhöhte natürliche Radonexposition 2014



Fehler 894 Patienten, in einem zweiten Fall 4522 Patienten unbeabsichtigt überexponiert. In drei weiteren Fällen wurde die Kontamination von Geräten bzw. des Fußbodens festgestellt.

VI. Medizinische Strahlenexposition

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

Eine ausführliche Einführung in das Thema „Medizinische Strahlenexposition“ findet sich in den [Jahresberichten](#) „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des BMUB (IV Grundlagen zur Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen).

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.

In den [BMUB-Jahresberichten](#) über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ sind für häufige Röntgenuntersuchungen die Bereiche mittlerer Werte der effektiven Dosis dargestellt. Die letzte 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 Datenerhebung und zur Methodik der Auswertung sind den [BMUB-Jahresberichten](#) zu entnehmen.

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 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 Einwohner¹⁴. 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 VI.1-1](#)).

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 [BMUB-Jahresberichte](#)).

Im Gegensatz zur CT-Häufigkeit hat die Anzahl der konventionellen Röntgenuntersuchungen des Schädels, des Thorax, der Wirbelsäule und des Bauchraumes (einschließlich Verdauungs- und Urogenitaltrakt) 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 mSv¹⁵. Über den Beobachtungszeitraum 1996 bis 2012 ist insgesamt ein ansteigender Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr zu verzeichnen. Dieser Trend ist im Wesentlichen durch die Zunahme der CT-Untersuchungshäufigkeit und der damit einhergehenden Zunahme der effektiven Dosis pro Kopf 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.

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 VI.1-1](#)).

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-Institut (www.krebsdaten.de) bei etwa 70 000 Frauen eine Brustkrebsdiagnose gestellt. Im Jahr 2011 verstarben nach Angaben des Robert-Koch-Instituts 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 Überlebenschancen der Betroffenen erhöhen. Die Röntgenuntersuchung der Brust (Mammographie) gilt als effektive Methode zur Früherkennung von Brustkrebs bei Frauen zwischen 50 und 69 Jahren. Daher hatte sich der Deutsche Bundestag bereits 2002 für die Einführung eines organisierten und qualitätsgesicherten Mammographie-Screening-Programms (MSP) auf der Grundlage der europäischen Leitlinien ausgesprochen.

Zur schrittweisen Einführung des MSP wurde 2003 die Kooperationsgemeinschaft Mammographie (KoopG) gegründet (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 Teilnehmerate lag 2012 bei 56 %¹⁶.

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.

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

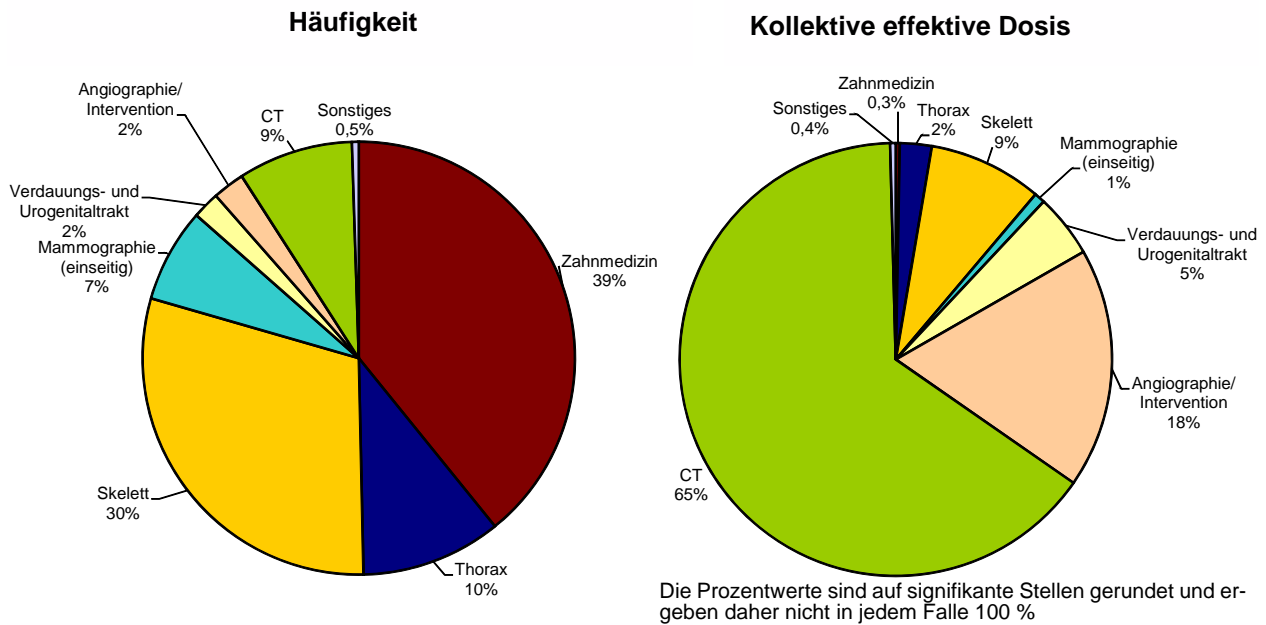
¹⁴ Die Schätzung für die Gesamthäufigkeit beträgt gerundet auf Basis der fortgeschriebenen Bevölkerungszahl 1,6 und auf Basis des neuen Zensus 1,7 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner und Jahr.

¹⁵ Die Schätzung beträgt gerundet sowohl auf Basis der fortgeschriebenen Bevölkerungszahl als auch auf Basis des neuen Zensus 1,8 mSv pro Einwohner und Jahr.

¹⁶ Jahresbericht Evaluation 2012. Deutsches Mammographie-Screening-Programm. Kooperationsgemeinschaft Mammographie, Berlin, August 2015 (fachservice.mammo-programm.de/download/MAMMO_Eval_Jahresbericht_2012.pdf)

Abbildung VI.1-1

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



Träger des MSP. Die Mortalitätsevaluation ist Gegenstand eines Forschungsvorhabens im Rahmen des Ressortforschungsplans. Dieses begann im Juli 2012 zunächst mit einer zweijährigen Machbarkeitsstudie, an die sich eine erweiterte Machbarkeitsphase anschließt, die am 30. Juni 2016 enden 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. Eine ausführliche Einführung in die Thematik findet sich in den [Jahresberichten](#) „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des BMUB (IV Grundlagen zur Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen).

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 entspricht¹⁷. Am häufigsten wurden Szintigraphien der Schilddrüse und des Skeletts durchgeführt ([Abbildung V.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 V.2-1](#)).

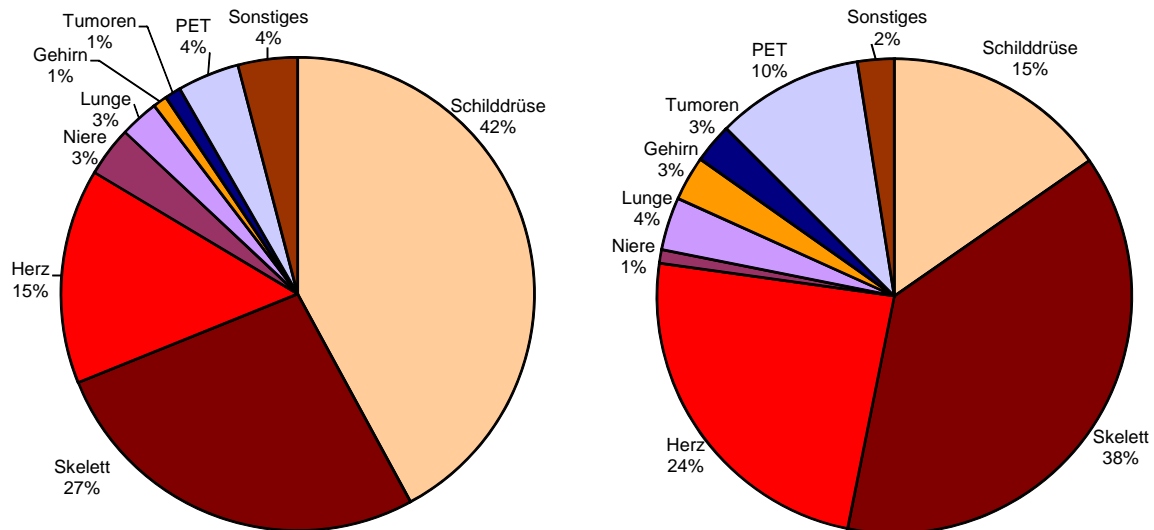
Die mittleren effektiven Dosiswerte nuklearmedizinischer Untersuchungen waren bei Entzündungs- und Gehirnszintigraphien (jeweils 7,7 mSv pro Untersuchung) am höchsten. Die am häufigsten angewendete Schilddrüsenszintigraphie weist eine recht niedrige effektive Dosis von durchschnittlich 0,9 mSv pro Untersuchung 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.

¹⁷ 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.

Abbildung VI.2-1

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



3. Strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition

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; Röntgenpass) und die vermehrte Nutzung „alternativer“ diagnostischer Verfahren ohne die Verwendung ionisierender Strahlung (Magnetresonanztomographie, Sonographie, Ultraschall).

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

VII. Nichtionisierende Strahlung

Eine Einführung in die Definition verschiedener Komponenten nichtionisierender Strahlung findet sich in den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

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 2014“ unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2015082013351>

Statische elektrische und magnetische Felder

Statische Magnetfelder üben Kräfte auf bewegte elektrisch geladene Teilchen aus. In m ruhenden menschlichen Körper betrifft das zum Beispiel Blutbestandteile, die vom Blutstrom bewegt werden. Bewegungen von Körper-

extremitäten und Bewegungen des gesamten Körpers führen in einem statischen Magnetfeld 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 sieben 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. Die Anlagen müssen so errichtet und betrieben werden, dass an Orten, die zum vorübergehenden oder dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, ein Grenzwert von 500 μT eingehalten wird. Zudem sind bei der Errichtung und wesentlichen Änderung die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbe- reich zu minimieren. Das BfS hat das BMUB 2014 bei der Erarbeitung einer konkretisierenden Verwaltungsvor- schrift fachlich unterstützt und das Forschungsvorhaben „Darstellung der technischen Möglichkeiten zur Mini- mierung elektrischer und magnetischer Felder von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen nach dem Stand der Technik“ beauftragt.

In der Nähe von Gleichstromtrassen werden auch statische elektrische Felder auftreten, die bisher wenig erforscht und gesetzlich nur derart geregelt sind, dass Funkentladungen zwischen Personen und Objekten, die zu erheblichen Belästigungen führen, vermieden werden müssen.

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. Eine umfangreiche tierexperimentelle Studie des BfS hat den Zusammenhang zwischen einer Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern und neurodegenerativen Erkrankungen nicht bestätigt.

Informationen zum Themenfeld „Leukämie im Kindesalter“ sind den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ zu entnehmen.

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 Langzeitriskien für Handynutzungszeiten über 13 Jahre und zu einer möglichen Alters- und Geschlechtsabhängigkeit wird weiter nachgegangen. Seit 2012 werden gezielt Studien zu Wissensmanagement und Risikokommunikation gefördert, anteilig mitfinanziert durch die Mobilfunknetzbetreiber im Rahmen ihrer Selbstverpflichtung.

Eine Pilotstudie des Fraunhofer Instituts aus dem Jahr 2010 fand bei Mäusen, die mit einer krebserregenden Substanz behandelt wurden, eine tumorfördernde Wirkung elektromagnetischer Felder des Mobilfunks. Das BfS hat an der Jacobs Universität Bremen eine Folgestudie (Tumorpromotion durch hochfrequente elektromagnetische Felder in Kombination mit kanzerogenen Substanzen) gefördert, die Ergebnisse der Pilotstudie wurden weitestgehend bestätigt. Wie in der Pilotstudie war die Häufigkeit des Auftretens von Tumoren in Gehirn, Nieren oder Milz nicht erhöht. Es stieg jedoch die Zahl der Tumoren in Leber und Lunge. Ein möglicher Wirkmechanismus ist unbekannt und wird weiter untersucht. Der Abschlussbericht kann unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2015031812720> heruntergeladen werden.

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 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 Fel-

dern 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 2014 wurde die Studie „Bewertender Review zu der Frage der Übertragbarkeit von Ergebnissen aus benachbarten Frequenzbereichen und ähnlichen Technologien auf TETRA am Beispiel der Thermoregulation und deren Einflussfaktoren“ initiiert.

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. Regelmäßig 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.f.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 4 Forschungsvorhaben können unter nbn-resolving.de/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 2016 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, 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 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. Zwei Forschungsvorhaben wurden Ende 2014 gestartet: Das erste beschäftigt sich mit einer Diskursanalyse beim Stromnetzausbau und das zweite Vorhaben sammelt Grenz-, Richt- und Referenzwerte im gesamten nichtionisierenden Bereich aus Europa und ausgewählten nicht-europäischen Ländern. Die Rahmenbedingungen können unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2014081211479 eingesehen werden.

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. Die Geschäftsordnung, eine Mitgliederliste und diverse Sitzungsprotokolle sind unter www.emf-forschungsprogramm.de/runder_tisch.html/rtemf.html einsehbar.

Umweltzeichen „Blauer Engel“

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat bereits im Jahr 2001¹⁸ empfohlen, „bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen.“

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 mehrere Schnurlostelefone „Sinus“ und ein Babyfon 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 2014 ein Forschungsvorhaben initiiert und betreut.

Weiterführende molekularbiologische Untersuchung UV-bedingter DNA-Schäden

Im Rahmen des Umweltforschungsplans des BMUB wurde eine Untersuchung über Wechselwirkungen von UV-A- und UV-B-Strahlung bei aufeinander folgender (sequentieller) Exposition in menschlichen Hautzellen gefördert. Betrachtet wurden u. a. Wirkungen auf die DNA-Reparatur und auf die Genexpression. Ein Ergebnis des Projekts weist darauf hin, dass eine vorgeschaltete UVA-Bestrahlung die Reparatur von UV-bedingten DNA-Schäden deutlich verlangsamt. Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Daten fließen in das auf 5 Jahre angelegte BMBF-Verbundprojekt „KAUVIR - Kombination statt Addition: UV bis Infrarot-Strahlung in der Krebsentstehung und Alterung“ ein. KAU VIR startete im September 2014. Ausführende Stellen sind das Deutsche Krebsforschungszentrum, Elbe Kliniken Buxtehude, IUF - Leibniz-Institut für umweltmedizinische Forschung, Düsseldorf und die Technische Universität Darmstadt (Förderkennzeichen: 02NUK036C). Es 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 2014 ein Forschungsvorhaben vom BfS betreut.

2.2 Solares UV-Monitoring in Deutschland

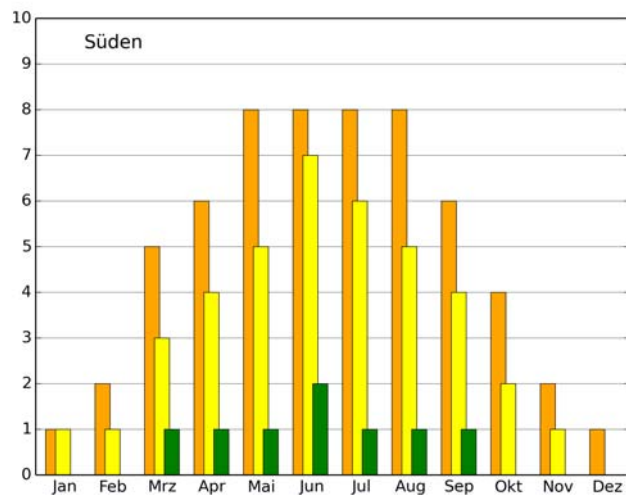
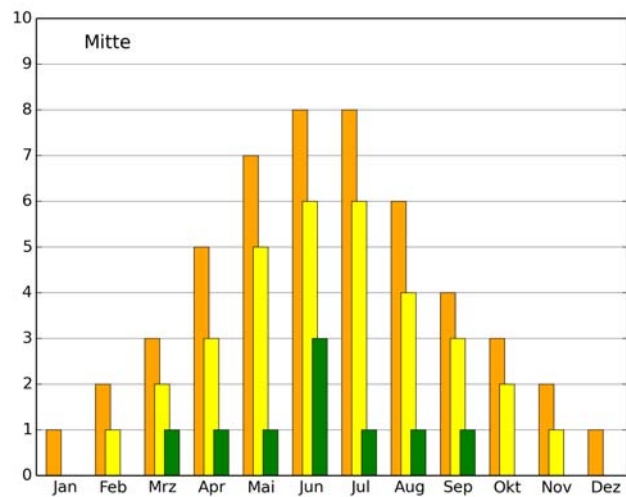
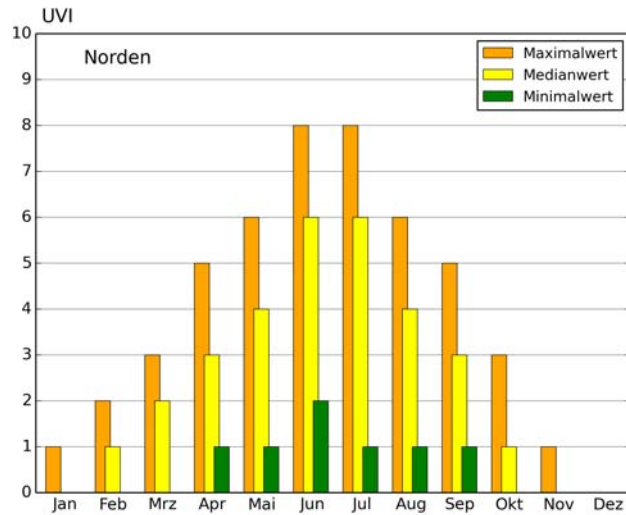
Im Rahmen des deutschlandweiten solaren UV-Messnetzes des BfS/UBA (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-messnetz/uv-messnetz_node.html) wurde auch im Jahr 2014 an zehn repräsentativen Standorten in Deutschland kontinuierlich die bodennahe solare UV-Strahlung spektral aufgelöst gemessen. Die Messdaten 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 UVI beschreibt den am Erdboden 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/schutz/schutz_node.html). In den Sommermonaten werden sowohl die täglichen als auch die 3-Tages-Prognosen der UVI-Werte vom BfS im Internet unter

¹⁸ SSK-Empfehlung „Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern“, Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 2001, Band 58, Bonn 2003

Abbildung VII.2-1

Maximale, mediane und minimale UVI-Werte der Monate im Jahr 2014 im Norden, in der Mitte und im Süden Deutschlands



www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-index_node.html veröffentlicht. In den Wintermonaten von Oktober bis März werden 3-Monats-Prognosen veröffentlicht. In **Abbildung VII.2-1** sind für das Jahr 2014 die maximalen, medianen und minimalen UV-Index-Werte eines jeweiligen Monats für den Norden, die Mitte und den Süden Deutschlands dargestellt.

Man erkennt die große Schwankungsbreite der UV-Werte innerhalb eines Monats, die vor allem wetterbedingt ist. Im Jahr 2014 traten dabei in ganz Deutschland in den Monaten Juni und Juli maximale UV-Werte von 8 auf. In Süddeutschland wurden darüber hinaus auch in den Monaten Mai und August UVI-Werte von 8 erreicht. Dabei sind bei einem UVI von 8 Schutzmaßnahmen dringend anzuraten (siehe www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/einfuehrung/einfuehrung_node.html). Ein möglicher, durch einen Abbau der atmosphärischen Ozonschicht bedingter Trend einer Zunahme der UV-Strahlungsintensität in Deutschland kann derzeit nicht nachgewiesen werden. Allerdings kam es zwischen dem 6. und 18. März 2014 - wie schon in den Jahren zuvor - zu erhöhten Werten der am Erdboden gemessenen solaren UV-Strahlung.

Der Grund waren so genannte „Low-Ozone-Events“ (LOEs). Dabei handelt es sich grundsätzlich um lokale, temporäre und reversible Ausdünnungen der stratosphärischen Ozonschicht, infolge derer die UV-Strahlung am Erdboden deutlich ansteigt. Während der LOEs Anfang/Mitte März 2014 traten dabei im Minimum Ozon-Werte von 259 DU (Dobson Units) auf, welches einer Reduzierung um etwa 30% der sonst in diesem Zeitraum typischen Ozonwerte bedeutet. Da die LOEs 2014 jedoch bereits im März auftraten, also zu einer Jahreszeit, in der die UV-Strahlung noch gering ist (UVI 2-3), führte der Anstieg auf einen UVI 3 nicht in einen aus Strahlenschutzsicht Besorgnis erregenden Bereich.

Generell wurden solche im Frühjahr auftretenden „Low-Ozone-Events“ in Deutschland nicht nur 2014, sondern auch in den Jahren zuvor beobachtet. Da im Frühjahr, insbesondere in den Monaten April und Mai, in Deutschland stark erhöhte UV-Strahlungsintensitäten wie sonst im Hochsommer normalerweise nicht zu erwarten sind, besteht die Gefahr, dass sich Menschen dann unbewusst hohen UV-Belastungen aussetzen und dadurch vermehrt Sonnenbrände auftreten. Um dem sich damit erhöhenden Hautkrebsrisiko vorzubeugen, 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 2014 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 2014 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 2014 beratende Funktion ein.

2.4 Hautkrebspräventionsmaßnahmen

UV-Aktion des BfS

Seit 2010 führt das Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen seiner Informationskampagne „Sonne - aber sicher“ (http://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 das Bereitstellen zielgruppenspezifischer 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.

Seit 2012 wird dieses Angebot durch Fortbildungen für Lehr- und Erziehungskräfte ergänzt. Im Jahr 2014 trug das BfS in einer konzertierten Aktion das Angebot einer 1- oder 2-tägigen Lehrerfortbildung an Lehrerfortbildungseinrichtungen und Landesschulämter der 16 Bundesländer (260 staatliche Stellen) heran. Etwa 20 Schulämter bzw. Fortbildungsstellen bekundeten daraufhin beim BfS ihr Interesse. Schwerpunktmäßig erreichten das BfS Rückmeldungen aus Bayern und dem Rhein-Main-Gebiet - darunter das Schulamt Coburg, das Pädagogische Landesinstitut Rheinland-Pfalz und die staatlichen Schulämter der Stadt Amberg und des Landkreises Amberg-Weizsäckchen. Erste Fortbildungen konnten für 2015 terminiert werden.

Im Jahr 2014 wurde auf Einladung des UCC-Präventionszentrums des Universitätsklinikums Dresden im Rahmen der Dresdner Sonnenschutztage zum ersten Mal auch sehr erfolgreich eine Fortbildung für angehende Erziehungskräfte auf Basis der UV-Unterrichtsmaterialien für Kindertagesstätten durchgeführt.

Das UV-Schutz-Bündnis

2011 wurde auf Initiative des BfS das UV-Schutz-Bündnis www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/buendnis/buendnis.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. Im Juni 2013 wurde 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 mit allen Beteiligten eine konsenterte Empfehlung abgestimmt, die im Jahr 2014 veröffentlicht wurde (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/wirkung/akut/empfehlung.html).

Im Rahmen des im Jahr 2014 anberaumten Treffens des UV-Schutz-Bündnisses sprachen sich die UV-Schutz-Bündnispartner zusätzlich zu den Aktivitäten zur Prävention gesundheitsschädlichen Verhaltens für eine Fokussierung der Aktivitäten auf verhältnispräventive Maßnahmen aus. Es wurde beschlossen, zur Beförderung der besseren Realisierung solcher Maßnahmen ein Fachgespräch mit für Fragen der Verhältnisprävention relevanten Akteuren wie z. B. IHK, Städtetag, Städteplaner, Städte- und Gemeindebund u. a. anzustreben. Im ersten Schritt soll hierfür ein Konzeptpapier erarbeitet werden, mit dem vor Einladung zu einem Fachgespräch an mögliche Akteure und Teilnehmer des Fachgesprächs herantreten werden soll. Dieses Konzeptpapier wurde durch das BfS im Jahr 2014 erstellt und im Frühjahr 2015 zur Abstimmung an die UV-Schutz-Bündnispartner weiter gereicht. Mit der Durchführung des Fachgesprächs wird 2016 gerechnet.

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
CONCERT	European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research (Gemeinschaftliches europäisches Program zur Integration der Strahlenschutzforschung)
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)
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements (Internationale Kommission für Strahlungseinheiten und Messungen)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung)
ICRP	International Commission on Radiological Protection (Internationale Strahlenschutzkommission)
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem
mSv	Millisievert
MRT	Magnetresonanztomographie (Kernspintomographie)
NIR	non ionizing radiation (nicht ionisierende Strahlung)
NiSG	Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung
nSv	Nanosievert

Verwendete Abkürzungen

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
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	Aufnahme der Energie einer Teilchen- oder Wellenstrahlung beim Durchgang durch Materie. Die Energie der Strahlung wird dabei in eine andere Energieform (z.B. Wärme) umgewandelt. Die von biologischen Geweben absorbierte Energie ist Grundlage für die Berechnung der von Organismen aufgenommenen Dosis
Aerosol	Gase mit festen oder flüssigen Schwebeteilchen
Aktivität (Radioaktivität)	Die Aktivität ist das Maß für die Anzahl der Zerfälle eines Radionuklids oder mehrerer Radionuklide pro Zeiteinheit (i.A. Sekunde). Die Aktivität wird in Becquerel (Bq) angegeben. Die alleinige Angabe der Aktivität ohne Kenntnis des Radionuklids lässt keine Aussage über die Strahlenexposition zu
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

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

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 μ Sv = 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
Aufenthaltsraum	Der Aufenthaltsraum ist allgemein betrachtet ein Raum innerhalb von Wohnungen oder Gebäuden, der für einen längeren Aufenthalt von Menschen geeignet ist. Zu Aufenthaltsräumen zählen beispielsweise Wohnräume, Schlafräume und Küchen sowie Büro- und Verkaufsräume.
Becquerel	SI-Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Becquerel (Bq) liegt vor, wenn 1 Atomkern je Sekunde zerfällt.
Betastrahlung	Teilchenstrahlung, die aus beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen ausgesandten Elektronen oder Positronen besteht. Die Energieverteilung der Betateilchen ist kontinuierlich (Betaspektrum) und besitzt eine scharfe obere Grenze (sog. Endenergie)
Betasubmersion	Strahlenexposition durch Betastrahlung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre
Biologische Effekte	Einflüsse auf lebendes Material (Organismen, Gewebe, Zellen)
Blut-Hirn-Schranke	Die Blut-Hirn-Schranke ist eine selektiv durchlässige Barriere zwischen Blut und Hirnsubstanz. Durch sie wird der Stoffaustausch zwischen Blut und Zentralnervensystem aktiv kontrolliert. Sie hält schädliche Stoffe von den Nervenzellen fern. Die Blut-Hirn-Schranke wird von der inneren Zellschicht der kleinen Blutgefäße im Gehirn (Kapillar-Endothelzellen) und den umgebenden Hilfszellen, den Astrozyten, gebildet
BOS-Netz	Mobilfunknetz der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
Brachytherapie	Behandlung von Erkrankungen durch in den Körper eingeführte bzw. auf den Körper des Patienten aufgelegte Strahlenquellen (s.a. Teletherapie)
Computertomographie (CT)	Röntgenuntersuchung mit relativ hoher Strahlenexposition aber sehr hoher Aussagekraft durch Darstellung als überlagerungsfreies Querschnittsbild
Dekontamination	Beseitigung oder Verminderung radioaktiver Verunreinigungen
Deterministisch	Deterministische Strahlenschäden sind dadurch gekennzeichnet, dass die Schwere des Schadens mit der Dosis zunimmt und in der Regel ein Schwellenwert besteht, ab dem ein Schaden auftritt (z.B. Hautrötung, Augenlinsentrübung)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Diagnostischer Referenzwert (DRW)	In der RÖV sind DRW definiert als „Dosiswerte für typische Untersuchungen mit Röntgenstrahlung, bezogen auf Standardphantome oder auf Patientengruppen mit Standardmaßen, mit für die jeweilige Untersuchungsart geeigneten Röntgeneinrichtungen und Untersuchungsverfahren“. Die DRW dienen den Ärzten bei häufigen und/oder dosisintensiven Röntgenuntersuchungen als obere Richtwerte, die nicht beständig und ungerechtfertigt überschritten werden dürfen. Im Gegensatz zur Röntgendiagnostik sind die DRW in der nuklearmedizinischen Diagnostik keine oberen Richtwerte, sondern Optimalwerte. Sie geben also die für eine gute Bildqualität notwendige Aktivität an und sollen bei Standardverfahren und -patienten appliziert werden. Den ärztlichen Stellen fällt die Aufgabe zu, die Einhaltung der DRW bei der Patientenexposition zu überprüfen. Die DRW stellen keine Grenzwerte für Patienten dar und gelten nicht für einzelne individuelle Untersuchungen
Diuretika	Arzneimittel, die eine erhöhte Ausscheidung von Salzionen und Wasser bewirken
Dosimetrie	Quantitative Erfassung der Exposition durch Dosimeter
Dosimeter	Im Bereich ionisierender Strahlung sind dies Messgeräte zur Messung der Strahlendosis - als Energiedosis oder Äquivalentdosis. Im Bereich nichtionisierender Strahlung existieren Personendosimeter zur Bestimmung der individuellen Exposition durch elektromagnetische Felder
Dosis	Siehe Energiedosis, Äquivalentdosis, Organdosis, Kollektivdosis und effektive Dosis
Dosisfaktor	Im Dosisfaktor werden verschiedene Wichtungen für die betroffenen Organe und die Strahlungsart berücksichtigt. Beispielsweise kann durch Multiplikation des Dosisfaktors mit der Aktivität des aufgenommenen Radionuklids der Wert der jeweils betrachteten Dosis errechnet werden. Der Dosisfaktor wird auch als Dosiskoeffizient bezeichnet.
Effektive Dosis	Summe der gewichteten Organdosen in den in Anlage VI Teil C der StrlSchV angegebenen Geweben oder Organen des Körpers durch äußere oder innere Strahlenexposition; die effektive Dosis ergibt sich aus den Organdosen durch Multiplikation mit dem jeweiligen Gewebe-Wichtungsfaktor
Elektrische Feldstärke	Maß für die Stärke und Richtung der Kraft auf eine Ladung im elektrischen Feld, dividiert durch die Ladung. Ihre Einheit ist Volt pro Meter (V/m)
Elektrische Ladung	Eigenschaft von Körpern, die darin besteht, dass eine Anziehungskraft zwischen den geladenen Körpern entsteht. Willkürlich unterscheidet man zwischen positiven und negativen elektrischen Ladungen. Ladungen mit gleichen Vorzeichen stoßen sich ab, jene mit ungleichen Vorzeichen ziehen sich an. Die Einheit ist Coulomb (C)
Elektrisches Feld	Zustand des Raumes um eine elektrische Ladung, der sich durch Kraftwirkungen auf andere elektrische Ladungen äußert
Elektrische Spannung	Maß für die Arbeit, die erforderlich ist, um eine Ladung in einem elektrischen Feld von einem Punkt zum anderen zu bringen, dividiert durch die Ladung. Die Einheit ist Volt (V)
Elektrischer Strom	Die durch den Querschnitt eines Leiters pro Zeiteinheit hindurchfließende elektrische Ladung. Die Einheit ist Ampere (A)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

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
Elektrostatistisches 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
Fall-Kontroll-Studie	<p>Ein Studiendesign, das in der Epidemiologie entstanden ist. Fall-Kontroll-Studien dienen dem retrospektiven Nachweis von pathogenen Faktoren für gesundheitliche Störungen.</p> <p>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).</p> <p>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</p>
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)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Gammastrahlung	Energiereiche elektromagnetische Strahlung, die bei der radioaktiven Umwandlung von Atomkernen oder bei Kernreaktionen auftreten kann. Sie ist von gleicher Natur wie das sichtbare Licht oder wie Radiowellen. Sie bewegt sich mit Lichtgeschwindigkeit und hat ein hohes Durchdringungsvermögen
Gamma-Ortsdosisleistung	Gammakomponente der Ortsdosisleistung
Gammasubmersion	Strahlenexposition durch Gammastrahlung von radioaktiven Schwebstoffen und Gasen in der Atmosphäre
Globalstrahlung	Gesamtheit der aus dem oberen Halbraum auf horizontaler Ebene einfallenden direkten und diffusen Sonnenstrahlung
Gray (Gy)	siehe Energiedosis. Der Zusammenhang der verschiedenen Dosisgrößen ist ausführlich im Anhang des 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
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 gleicher Ordnungszahl, aber verschiedener Massenzahl
Kohortenstudie	Eine Untersuchung, in der eine Gruppe von Personen (Kohorte), deren Expositionsbedingungen bekannt sind, über längere Zeit beobachtet wird. Die verschiedenen Expositionen werden 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

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Kontamination	Speziell: Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen a) Oberflächenkontamination: Verunreinigung einer Oberfläche mit radioaktiven Stoffen, die die nicht festhaftende, die festhaftende und die über die Oberfläche eingedrungene Aktivität umfasst. Die Einheit der Messgröße der Oberflächenkontamination ist die flächenbezogene Aktivität in Becquerel pro Quadratcentimeter. b) Oberflächenkontamination, nicht festhaftende: Verunreinigung einer Oberfläche mit radioaktiven Stoffen, bei denen eine Weiterverbreitung der radioaktiven Stoffe nicht ausgeschlossen werden kann
Kosmische Strahlung	Sehr energiereiche Strahlung aus dem Weltraum
Kosmogene Radionuklide	In der Erdatmosphäre durch kosmische Strahlung erzeugte Radionuklide
Linearer Energietransfer (LET)	Der Lineare Energietransfer ist ein Maß für die Dichte der Ionisierung bei ionisierenden Strahlen
Leukämie	Krebs der weißen Blutzellen; Ursache weitgehend unbekannt; Inzidenzhäufigkeit 40 – 50 Fälle je 1 Million Einwohner. Es gibt mehrere Typen mit unterschiedlichem Krankheitsverlauf und unterschiedlicher Heilungswahrscheinlichkeit
Machbarkeitsstudie	In einer Machbarkeitsstudie wird untersucht, ob und unter welchen Bedingungen eine geplante aufwändige Untersuchung erfolgreich sein kann
Magnetfeld	Zustand des Raumes, der sich durch Kraftwirkungen auf magnetische Dipole (Magnetnadeln) äußert
Magnetische Feldstärke	Maß für die Stärke und Richtung des Magnetfeldes. Die Einheit ist Ampere pro Meter (A/m)
Magnetische Flussdichte	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 (MRT) (Kernspintomographie)	Schnittbildverfahren in der radiologischen Diagnostik, das im Gegensatz zur Computer-Tomographie (CT) keine ionisierende Strahlung verwendet, sondern verschiedene magnetische und elektromagnetische Felder. Bei Einhaltung aktueller Sicherheitsempfehlungen ist die Untersuchung für den Patienten mit keinen gesundheitlichen Risiken verbunden.
Medianwert	Derjenige Messwert aus einer Reihe unterhalb und oberhalb dessen jeweils 50 % 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)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Nicht ionisierende Strahlung (NIR)	Elektrische, magnetische sowie elektromagnetische Felder mit Wellenlängen von 100 nm und darüber, die in der Regel keine Bildung von Ionen (Ionisierung) bewirken können
NiSG	Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2433), geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 11. August 2010 (BGBl. I S. 1163)
Nuklearmedizin	Anwendung radioaktiver Stoffe am Menschen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken
Nuklid	Durch Protonenzahl (Ordnungszahl) und Massenzahl charakterisierte Atomart
Organdosis	Produkt aus der mittleren Energiedosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil und dem Strahlungs-Wichtungsfaktor nach Anlage VI Teil C der StrlSchV. 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 Hp(10) in einer Messtiefe von 10 mm und die Oberflächen-Personendosis Hp(0,07) in einer Messtiefe von 0,07 mm
Personendosimeter (nicht ionisierende Strahlung)	Messgerät zur Bestimmung der Höhe der Exposition durch niederfrequente oder hochfrequente elektromagnetische Felder einer einzelnen Person
Perzentil	Statistischer Wert, der von einem bestimmten Prozentsatz der Messergebnisse einer Stichprobe eingehalten wird (z. B. 95. Perzentil ist der Wert, der von nur 5 % der Stichprobe überschritten wird)
Positronen-Emissions-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

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Risiko	Qualitative und/oder quantitative Charakterisierung eines Schadens hinsichtlich der Möglichkeit seines Eintreffens (Eintrittswahrscheinlichkeit) und der Tragweite der Schadenswirkung
Risikokommunikation	Interaktiver (wechselseitiger) Prozess des Austausches von Informationen und Meinungen zu Risiken zwischen wissenschaftlichen Experten, Risikomanagern (Behörden) und der Öffentlichkeit (Betroffene, Interessensgruppen, etc.)
Risikowahrnehmung	Prozess der subjektiven Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von risikobezogenen Informationen auf Grund persönlicher Erfahrungen, aufgenommener Informationen und der Kommunikation mit anderen Individuen
Schwebstoffe	Feste oder flüssige Schwebeteilchen in der Luft (Durchmesser: 10^{-3} bis 10^{-8} cm). Der überwiegende Teil der natürlichen und künstlichen Radionuklide der Luft ist an Schwebstoffe gebunden
Sendeleistung	Die von einer Antenne abgestrahlte elektrische Leistung
SI-Einheiten	Einheiten des Internationalen Einheitensystems (SI, frz. <i>Système international d'unités</i>). Die Anwendung der Einheiten im Strahlenschutzmesswesen ist durch die Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Messwesen vom 13.12.1985 (BGBl. I S.2272) geregelt
Sievert (Sv)	SI-Einheit der Organodosis, der effektiven Dosis sowie der Äquivalentdosis 1 Sievert (Sv) = 100 Rem 1 Sievert = 1 000 Millisievert (mSv) = 1 000 000 Mikrosievert (μ Sv) = 1 000 000 000 Nanosievert (nSv) Die Einheit Sv entspricht J/kg. Der Zusammenhang der verschiedenen Dosisgrößen ist in Anhang des 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)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG)	Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2610), zuletzt geändert durch Artikel 1 des ersten Gesetzes zur Änderung des Strahlenschutzgesetzes 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 23
Absorption **47**
Abwasser 18, 20, 22
Aerosol **47**
AKR-Mäuse **47**
Aktivität (Radioaktivität) **47**
ALLIANCE 9
Alphastrahler 18, 20, 22, **47**
Angiographie 37, **47**
Äquivalentdosis **48**
Athermische Effekte 48
AVR **46**

B

Baugrund 15
Baumaterialien 11, 14, 15
Baustoffe 12
Bayerischer Wald 12, 30
BDBOS **46**
Becquerel **48**
Bergbau 14, 26
Besondere Vorkommnisse 35
Betastrahlung **48**
Betasubmersion **48**
BfS **46**
Bims 15
Biologische Effekte **48**
Blut-Hirn-Schranke **48**
BMBF **46**
BMG **46**
BMUB 4, **46**
Böden 11
BOS **46, 48**
Brachytherapie **48**
Brennelemente 22
Bundesamt für Strahlenschutz 13
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) 4
Bundesministerium für Gesundheit 37

C

Cäsium-137 30
Computertomographie 37, **48**
CONCERT 9, 10, **46**

D

DDREF 8
Dekontamination **48**
Deponien 29
Deterministisch **48**
Diagnostische Referenzwerte **49**

Diuretika **49**
DMF **46**
Donau 22
Dosimeter **49**
Dosimetrie **49**
Dosis **49**
Dosisfaktor **49**
Druckwasserreaktor 19
DRW **46**

E

Edelgase 17, 19
Effektive Dosis **49**
Effektive Jahresdosis 12
Elektrische Feldstärke **49**
Elektrische Ladung **49**
Elektrische Spannung **49**
Elektrischer Strom **49**
Elektrisches Feld **49**
Elektromagnetische Felder 39
Elektrosensibilität **50**
Elektrosensitivität **50**
Elektrostatisches Feld **50**
EMF **46**
Endlager Morsleben 18, 23
Energiedosis **50**
Epidemiologie **50**
Erdgasförderung 29, 30
Erdölförderung 29
Erhöhte natürliche Radioaktivität 29
EURATOM 29, **46**
EURATOM-Grundnormen 10, 15, 29
Europäische Richtlinie 29
European Joint Programme 9

F

Fall-Kontroll-Studie **50**
Fall-out **50**
Fernfeld **50**
Flugpersonal 34
Flussfisch 20
FM **46**
Forschungszentren 16
Forschungszentrum 19, 20, 21
Fortluft 17, 21
Frequenz **50**
Fukushima 5

G

Gamma-Ortsdosisleistung 12, 13
Gammastrahlung 11, **51**

Gammasubmersion **51**
Geschlechtsverhältnis 9
Gips 15
Globalstrahlung **51**
Granit 12

H

Heilbäder 34
Hochfrequenz **51**
Hochradioaktive Strahlenquellen 28
Hot spots **51**
Hz **46**

I

IAEA **46**
IAEO **46**
IARC **46**
ICNIRP **46**
ICRP 8, **46**
IMIS 13, 30, **46**
Induktion **51**
Industrie 14, 27
Industrieerzeugnisse 27
Industrieprodukte 14
Influenz **51**
Infrarot-Strahlung **51**
Ingestion **51**
Inhalation 15, **51**
Inkorporation 11, **51**
Inkorporationsüberwachung 33
Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) 15
Interventionelle Radiologie **51**
Ionisierende Strahlung 29, 36
Ionisierende Strahlung (Begriff) **51**
Isotop **51**

J

Jod-129 19
Jod-131 17, 19
Jülich 22

K

Kalium-40 11, 12, 14
Kalksandstein 15
Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe 16, 20, 22
Kernkraftwerk 16, 17, 18, 22
 Biblis 17
 Brokdorf 17
 Brunsbüttel 17
 Greifswald 17
 Gundremmingen 17
 Isar 17
 Krümmel 17
 Obrigheim 17

Phillipsburg 17
Planungsgebiete 9
Stade 17
Unterweser 17
Würgassen 17

Kernwaffenversuche 30, 31
Kleinkinder 20
Kohlendioxid 19
Kohlenstoff-14 17, 19
Kohortenstudie **51**
Kollektivdosis **51**
Kollektive effektive Dosis 38
Konsumgüter 29
Kontamination **52**
kosmische Strahlung **52**
Krebs 37

L

Leukämie **52**
Linearer Energietransfer **52**

M

Machbarkeitsstudie **52**
Magnetfeld **52**
Magnetische Feldstärke **52**
Magnetische Flussdichte **52**
Magnetische Induktion **52**
Main 22
Mammographie-Screening 37
Medianwert **52**
MELODI 9
Milch 30
MRT **46, 52**
Myokardszintigraphie 38, **52**

N

Nachweisgrenze **52**
Nahfeldexposition **52**
Nahrung 14, 19
Nahrungsmittel 14
Neckar 22
NERIS 9
Neutronen 12
Neutronendosis 23
Nichtionisierende Strahlung 4, 39, **53**
Nicht-thermische Effekte
 siehe athermische Effekte
Nierenuntersuchungen 38
NIR **46**
Notfallschutz 9
Nuklearmedizin **53**
Nuklearmedizinische Diagnostik 38
Nuklid **53**

O

Optische Strahlung 42
Organdosis 53
Ortsdosis 53
Ortsdosisleistung 53

P

Personendosimeter 53
Personendosis 53
Perzentil 53
PET 47, 53
Philippsburg 19
Pyranometer 53

Q

Querschnittsstudie 53

R

Radioaktive Stoffe
 im Haushalt 27
 in der Technik 27
Radioaktivität 53
Radiojod 53
Radium-226 30
Radium-228 30
Radon 16
 an Arbeitsplätzen 4
 in der Bodenluft 14
 in Innenräumen 4
Radon-220 11
Radon-222 11
Radonhandbuch 16
Ressortforschungsplan 38
Risiko 54
Risikokommunikation 54
Risikowahrnehmung 54
Röntgendiagnostik 36, 38
 zahnmedizinische 37
Röntgenuntersuchungen 36, 37
Röntgenverordnung 27, 28, 29, 36
RöV 47
Rubenow 22
Rückstände 29, 30

S

Sachsen 12, 14
Sachsen-Anhalt 12
Schauhöhlen 34
Schilddrüsendosis 20
Schilddrüsenzintigraphie 38
Schlämme 29
Schwarzwald 12
Schwebstoffe 17, 54
Sendeleistung 54

siehe IAEA
SI-Einheiten 54
Sievert 54
Signaltransduktion 54
Solares UV-Monitoring 42
Solarien 44
Solarienbetriebe 44
Spezifische Absorptionsrate 54
SSK (Strahlenschutzkommission) 8
Stäube 29
Stochastisch 54
Störstrahler 28
Strahlenbelastung 54
Strahlenexposition
 äußere 11
 äußere - siehe externe 15
 berufliche 31, 32
 externe 11, 12, 13, 15
 im Freien - siehe externe
 in der Umgebung kerntechnischer Anlagen 19
 in der Umgebung von Kernkraftwerken 21
 innere 11, 14
 kosmische 12
 medizinische 36
 natürliche 11, 15, 34
 terrestrische 12
 zivilisatorische 16, 31
Strahlenexposition (Begriff) 54
Strahlenschutzkommission 47
Strahlenschutzverordnung 18, 27, 29
Strahlenschutzvorsorgegesetz 4
StrlSchV 54
StrVG 55

T

TBL 47
Teletherapie 55
Terrestrische Strahlung 12, 55
Thorium-232 11
Thorium-Zerfallreihe 14
Thüringen 12, 14
Transportbehälterlager 22
Trinkwasser 14
Tritium 17, 18, 19, 20, 55
Tschernobyl 30

U

Umweltradioaktivität 26
Umweltzeichen „Blauer Engel“ 41
UNSCEAR 14, 47
Uran-235 11
Uran-238 11
Uranbergbau 14
Uran-Radium-Zerfallreihe 14

UV **47**

UV-Index 43, **47**

UV-Strahlung 42

W

Wasserwerke 34

WBA **47**

Weltgesundheitsorganisation (WHO) 16

Wirbelstrom **55**

Wismut 26

Z

Zwischenlager 22