

ZUSAMMENFASSUNG

Seit 1958 werden die von den amtlichen Messstellen gemessenen Werte der Radioaktivität in der menschlichen Umwelt in Form von Vierteljahresberichten, seit 1968 in Jahresberichten veröffentlicht. Diese Berichte enthalten neben den Ergebnissen der Überwachung der Umweltradioaktivität Angaben über die Strahlenexposition der Bevölkerung durch natürliche und künstliche Quellen.

Die mittlere Strahlenexposition für eine Person der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2011 ist in der unten aufgeführten Tabelle nach den verschiedenen Strahlenquellen aufgeschlüsselt. Die mittlere effektive Dosis beträgt etwa 4 Millisievert (mSv) pro Jahr und Person und ist damit im Vergleich zum Vorjahr (3,9 mSv) wenig verändert.

In der Tabelle werden die einzelnen Beiträge zur mittleren effektiven Jahresdosis einer Person aufgeschlüsselt. Der größte Beitrag erfolgt durch medizinische Anwendungen, insbesondere aus Computertomographie-Untersuchungen. Eine weitere wesentliche Quelle der Strahlenexposition ist das natürlich vorkommende Edelgas Radon und die Inhalation seiner Folgeprodukte, welche sich insbesondere in schlecht gelüfteten Räumen ansammeln. Hierbei ist zu beachten, dass die Werte über die gesamte Bevölkerung gemittelte effektive Dosen darstellen. Die tatsächliche Jahresdosis einer Person hängt stark von den individuellen Gegebenheiten ab.

EFFEKTIVE JAHRESDOSE EINER PERSON DURCH IONISIERENDE STRAHLUNG IM JAHR 2011 GEMITTELT ÜBER DIE BEVÖLKERUNG DEUTSCHLANDS UND AUFGESCHLÜSSELT NACH STRAHLENURSPRUNG

Mittlere effektive Dosis in Millisievert pro Jahr			
1. Natürliche Strahlenexposition			
1.1	durch kosmische Strahlung (in Meereshöhe)	ca. 0,3	
1.2	durch terrestrische Strahlung von außen	ca. 0,4	
	davon bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)		ca. 0,1
	davon bei Aufenthalt in Häusern (19 Std./Tag)		ca. 0,3
1.3	durch Inhalation von Radonfolgeprodukten	ca. 1,1	
	davon bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)		ca. 0,2
	davon bei Aufenthalt im Gebäude (19 Std./Tag)		ca. 0,9
1.4	durch Ingestion von natürlich radioaktiven Stoffen	ca. 0,3	
Summe der natürlichen Strahlenexposition		ca. 2,1	
2. Zivilisatorische Strahlenexposition			
2.1	durch Fallout von Kernwaffenversuchen	< 0,01	
2.2	Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl	< 0,011	
2.3	durch kerntechnische Anlagen	< 0,01	
2.4	durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin* (ohne Therapie)	ca. 1,9	
	davon durch nuklearmedizinische Untersuchungen		ca. 0,1
Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition		ca. 1,9	

* Daten von 2010, Auswertungen von 2012

Im Folgenden werden Aussagen gemacht über die Strahlenexposition durch

- Natürliche Strahlenquellen,
- Hinterlassenschaften aus Bergbau und Industrie,
- Radon in Gebäuden,
- Radioaktive Stoffe in Baumaterialien und Industrieprodukten,
- Kernwaffenversuche,
- Reaktorunfalls von Tschernobyl,
- Sonderthema Fukushima,
- Kerntechnik,
- Berufliche Strahlenexposition,
- Medizinische Anwendung,
- Umgang mit radioaktiven Stoffen in Forschung und Technik,
- Radioaktive Abfälle,
- Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse.

Seit 2001 enthält der Bericht außerdem Informationen über nichtionisierende Strahlung und Forschungsarbeiten in diesem Bereich.

Natürliche Strahlenquellen

Die natürliche Strahlenexposition setzt sich aus einer externen und einer internen Komponente, verursacht durch natürliche radioaktive Stoffe in der Umwelt sowie der Höhenstrahlung, zusammen. Zur externen Strahlenexposition tragen im Wesentlichen die Höhenstrahlung und die Strahlung des natürlichen Radionuklids K-40 sowie der Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen des U-238 und des Th-232 aus dem Boden und den Gebäuden bei. Die interne Komponente der Strahlenexposition wird zum Großteil durch die Inhalation der Zerfallsprodukte des natürlichen Edelgases Radon (Radonfolgeprodukte) verursacht, zum Teil auch durch die Aufnahme natürlicher radioaktiver Stoffe mit der Nahrung einschließlich des Trinkwassers. Typischerweise liegt die jährliche effektive Dosis durch natürliche Strahlenquellen im Bereich von 1 bis 6 Millisievert (mSv). Unter Verwendung der in den EURATOM-Grundnormen festgelegten Dosisfaktoren ergibt sich ein mittlerer nomineller Wert von 2,1 mSv pro Jahr, wofür insbesondere die Inhalation von Radon in Gebäuden maßgeblich ist. Die Unterschiede der Exposition durch natürliche Strahlenquellen im jährlichen Vergleich sind gering. Die Einzelbeiträge zur jährlichen mittleren effektiven Dosis gehen aus der vorstehenden Tabelle hervor.

Hinterlassenschaften aus Bergbau und Industrie

Bei den Sanierungsarbeiten der Wismut GmbH im ehemaligen Uranerzbergbaugebiet in Sachsen und Thüringen werden über Luft und Wasser Radionuklide der Uran-/Radiumzerfallsreihe freigesetzt, die mit Genehmigung der zuständigen Behörden in die Umwelt abgeleitet werden. Eine bergbaubedingt erhöhte Radonkonzentration in der bodennahen Luft tritt nur in der unmittelbaren Nähe bergbaulicher Anlagen auf und nimmt mit zunehmender Entfernung rasch ab. Insgesamt ergibt sich aus den vorliegenden Messergebnissen für die o. g. Uranbergbaugebiete eine für geologisch vergleichbare Gebiete zu erwartende hohe Radonkonzentration natürlichen Ursprungs. Die Ableitung von Uran, Radium und deren Zerfallsprodukten aus bergbaulichen Anlagen in die Vorfluter der Bergbaugebiete ergibt keine oder nur geringfügige Veränderungen des natürlichen Niveaus dieser Radionuklide in den Vorflutern. Die Ableitungen radioaktiver Stoffe (Rn-222 und langlebige Alpha-Strahler, Uran und Ra-226) mit Fortluft und Abwasser der untertägigen Grubenfelder im Bereich der Wismut-Sanierungsbetriebe unterliegen je nach Sanierungs- und Witterungsverlauf Schwankungen und weisen insgesamt eine abnehmende Tendenz auf.

Radon in Gebäuden

Der Jahresmittelwert der Aktivitätskonzentration von Radon in Aufenthaltsräumen beträgt in Deutschland ca. 50 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m^3); dies entspricht einer mittleren jährlichen effektiven Dosis von ca. 0,9 Millisievert (mSv). In den letzten Jahren durchgeführte Messungen haben beträchtliche regionale Unterschiede der natürlichen Strahlenexposition aufgezeigt, die durch erhebliche Unterschiede in der Konzentration natürlicher radioaktiver Stoffe in Boden und Luft bedingt sind. Die Errichtung von Häusern auf Baugrund mit erhöhtem Uran- und Radiumgehalt und in geringem Maße die Verwendung von Baumaterialien mit erhöhtem Gehalt radioaktiver Stoffe bewirken eine Erhöhung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Inhalation von Radon und seinen Zerfallsprodukten. Im Berichtsjahr wurden Untersuchungen zu Möglichkeiten für die Abschätzung von Jahresmittelwerten der Radonkonzentration in Innenräumen aus Messungen mit einer Dauer von deutlich unter einem Jahr durchgeführt. In den letzten Jahren wurden nationale und internationale epidemiologische Studien durchgeführt, um das gesundheitliche Risiko der Bevölkerung durch erhöhte Radon-Zerfallsprodukt-Expositionen genauer abschätzen zu können. Dabei zeigt sich eine signifikante Erhöhung des Lungenkrebsrisikos um etwa 10 % pro 100 Bq/m^3 .

Radioaktive Stoffe in Baumaterialien und Industrieprodukten

Aktuelle Untersuchungen der Konzentrationen der natürlichen Radionuklide Ra-226, Th-232 sowie K-40 in üblichen industriell gefertigten Baumaterialien für den Innenraumbereich bestätigten, dass die durch sie verursachte Dosis im Mittel bei etwa 0,3 Millisievert (mSv) pro Jahr liegt und in Einzelfällen bis 1 mSv pro Jahr reichen kann. Damit wird der europaweit anerkannte Maßstab zur Begrenzung der Strahlenexposition aus Baustoffen eingehalten. Es wurde auch die Abgabe von Rn-222 aus mineralischen Baumaterialien berücksichtigt, doch diese erwies sich generell als gering. Auch bei im häuslichen Bereich verwendeten Naturwerksteinmaterialien wurde festgestellt, dass diese in den überwiegenden Fällen selbst bei großflächiger Anwendung keine erhöhte Strahlenexposition verursachen.

Kernwaffenversuche

In den Jahren 1945 bis 1980 wurde eine große Anzahl oberirdischer Kernwaffenversuche durchgeführt; seit 1981 fanden nur noch unterirdische Kernwaffenversuche statt. Im Oktober 2006 wurde ein unterirdischer Kernwaffentest in Nordkorea durchgeführt. Im Mai 2009 wurde von der Demokratischen Volksrepublik Korea ein zweiter unterirdischer Kernwaffentest bekanntgegeben, der auch von den seismischen Messgeräten des Internationalen Messnetzes registriert wurde. Eine Freisetzung von Radionukliden (sowohl Xenon-Isotope als auch partikelgebundene Radionuklide) wurde in diesem Zusammenhang nicht nachgewiesen, was auf ein sehr gutes Containment hindeutet. 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 Millisievert (mSv) pro Jahr.

Reaktorunfall von Tschernobyl

Im April 1986 kam es im Kernkraftwerk Tschernobyl zu einem folgenschweren Reaktorunfall. In den folgenden Tagen wurden große Mengen Radionuklide in die Atmosphäre freigesetzt und über ganz Europa verteilt. In Deutschland waren vor

allem Gebiete in Süddeutschland vom radioaktiven Niederschlag betroffen. Die Bodenkontamination mit Cs-137 erreichte hier teilweise bis zu 100 000 Becquerel pro Quadratmeter (Bq/m^2).

Im Jahr 2011 nahm die Strahlenbelastung infolge des Reaktorunfalls weiter geringfügig ab; die mittlere effektive Dosis betrug weniger als 0,01 Millisievert (mSv). Sie lag damit deutlich unter einem Prozent der natürlichen Strahlenexposition und wird zu rund 90 % durch die Bodenstrahlung von Cs-137 verursacht. Die mittlere effektive Dosis durch mit der Nahrung aufgenommenes radioaktives Cäsium für das Jahr 2011 beträgt geschätzt 0,001 mSv. In Süddeutschland kann diese Strahlenexposition um eine Größenordnung höher sein. Insbesondere Wildschweinfleisch überschreitet weiterhin in einigen Fällen den zulässigen Höchstwert der Cs-137-Kontamination von 600 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg).

Sonderthema Fukushima

Am 11. März 2011 ereignete sich vor der Küste der Präfektur Miyagi, Japan ein Erdbeben der Stufe 9,0. Wenig später überschwemmte ein Tsunami mit bis zu 15m hohen Flutwellen die küstennahen Gebiete. Auf Grund dessen ereignete sich am Kernkraftwerk Fukushima Daiichi, an dem sechs Leichtwasserreaktoren betrieben wurden, ein schwerer kerntechnischer Unfall der Stufe INES 7 (höchste Stufe auf der internationalen Bewertungsskala für Kerntechnische Unfälle). Durch den Ausfall der Strom- und Notstromversorgung konnte keine Wärmeabfuhr erfolgen, woraufhin die Reaktorkerne in den Blöcken 1 - 3 zerstört wurden. Als Folge des Unfalls wurden erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt. In Deutschland waren einige der freigesetzten Radionuklide nachweisbar, die Konzentrationen lagen jedoch nur im Bereich von einigen Millibecquerel pro Kubikmeter (mBq/m^3). Außerdem gelangten größere Mengen radioaktiver Stoffe in den Pazifik. Emissionen aus Fukushima konnten in Nord- und Ostsee jedoch nicht nachgewiesen werden.

Gestützt auf die Verordnung (EG) Nr. 178/2002 hat die Europäische Kommission Sondervorschriften für die Einfuhr von Lebens- und Futtermittel auf Japan erlassen. Nach der EU-Durchführungsverordnung Nr. 284/2012 dürfen Milch und Molkereierzeugnisse sowie Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder maximal 50 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg) an Cs-137 und Cs-134 enthalten. Für sonstige Lebensmittel gilt ein Grenzwert von 100 Bq/kg .

Kerntechnik

Durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken, sonstigen kerntechnischen Anlagen, aus dem ehemaligen Endlager für schwach- und mittleradioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) und der Schachanlage Asse II wird die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung nur geringfügig erhöht. Die aus diesen Ableitungen nach der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung“ ermittelten oberen Werte der Strahlenexposition von Einzelpersonen haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte deutlich unterschritten. Gegenüber 2010 zeigen die berechneten Werte der Strahlenexposition allgemein keine wesentlichen Unterschiede. Der Beitrag der kerntechnischen Anlagen im Inland sowie im angrenzenden Ausland zur mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland (s. vorstehende Tabelle) lag auch 2011 unter 0,01 Millisievert (mSv) pro Jahr.

Die Gesamtstromerzeugung aus Kernkraftwerken verringerte sich im Jahr 2011 um 32 Terawattstunden (TWh) auf 108 TWh. Ursache des Rückgangs ist das Abschalten der 8 Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel.

Berufliche Strahlenexposition

Personen, die in Bereichen mit erhöhter Strahlung arbeiten, unterliegen der Strahlenschutzüberwachung. Dies betraf in Deutschland im Jahr 2011 ca. 390 000 Personen. Der Großteil dieser strahlenexponierten Personen wurde mit Dosimetern überwacht. Die mittlere effektive Dosis aller mit Personendosimetern überwachten Personen (ca. 349 000) lag 2011 bei 0,11 Millisievert (mSv). Bei ca. 81 % der überwachten Personen konnte während des gesamten Überwachungszeitraums keine zusätzliche Strahlenexposition nachgewiesen werden. Bei den Überwachten mit einer messbaren Dosis (ca. 66 000 Personen) betrug die mittlere Jahrespersonendosis 0,58 mSv (Vorjahr: 0,66 mSv). Im Jahr 2011 wurde bei 7 Personen eine Überschreitung des Grenzwertes der Jahrespersonendosis von 20 mSv registriert.

Seit 1. August 2003 ist Luftfahrtpersonal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von mindestens 1 Millisievert (mSv) im Kalenderjahr erhalten kann, überwachungspflichtig. Das Flugpersonal wird nicht mit Dosimetern überwacht. Die Luftfahrtgesellschaften ermitteln stattdessen die Dosis für das fliegende Personal mit amtlich zugelassenen Rechenprogrammen. Hiervon waren im Jahr 2011 ca. 39 000 Personen betroffen (Vorjahr: ca. 37 000). Die mittlere Jahresdosis dieser Beschäftigten betrug 2,1 mSv (Vorjahr: 2,3 mSv) (zusätzlich zur natürlichen Strahlenexposition).

Medizinische Anwendung

Der größte Beitrag zur zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung wird durch die medizinische Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung, insbesondere durch die Röntgendiagnostik, verursacht. Daher erhebt das BfS seit 1991 Daten zur medizinischen Strahlenexposition in Deutschland und wertet diese aus. Die wichtigsten Datenquellen sind dabei die Kostenträger, hauptsächlich vertreten durch die kassenärztliche und kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und durch den Verband der privaten Krankenversicherung.

Die aktuelle Schätzung für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner lag im Jahr 2010 bei etwa 1,9 Millisievert (mSv). Die nuklearmedizinische Diagnostik trug etwa 0,1 mSv zu dieser Strahlenexposition bei. Über den Beobachtungszeitraum von 1996 bis 2010 ist insgesamt ein ansteigender Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr

zu verzeichnen, obwohl die Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in Deutschland über den betrachteten Zeitraum alles in allem abgenommen hat. Im Jahr 2010 wurden durchschnittlich etwa 1,66 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner durchgeführt. Der insgesamt ansteigende Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr ist im Wesentlichen auf die stetige Zunahme der Computertomographie (CT)-Untersuchungen zurückzuführen. Die CT trug 2010 zur Gesamthäufigkeit der Röntgenuntersuchungen lediglich etwa 8 % bei, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis betrug jedoch rund 60 %.

Zwischen 2004 und Anfang 2009 wurde das qualitätsgesicherte und bevölkerungsbezogene Mammographie-Screening-Programm für alle (symptomfreien) Frauen im Alter zwischen 50 und 69 Jahren bundesweit eingeführt. Das Mammographie-Screening-Programm wird nun flächendeckend angeboten. Nehmen 70 % der anspruchsberechtigten Frauen an der Screening-Maßnahme teil, so beläuft 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.

In der nuklearmedizinischen Diagnostik sind die Schilddrüsen- und die Skelettszintigraphie die häufigsten Untersuchungen. Auch die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) als nuklearmedizinisches Untersuchungsverfahren gewinnt auf Grund der hohen diagnostischen Aussagekraft des Verfahrens immer mehr an Bedeutung.

Bemerkenswert ist die über den Zeitraum 1996 bis 2010 beobachtete gleichzeitige Zunahme von Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT)-, Ultraschall- und CT-Untersuchungen. Die Zunahme alternativer Untersuchungsverfahren ohne Anwendung von Röntgenstrahlen - insbesondere die deutliche Zunahme der MRT - führt somit entgegen der Erwartungen nicht zu einer Abnahme der Untersuchungsfrequenz von CT-Anwendungen.

Radioaktive Abfälle

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) führt für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) jährlich eine Erhebung radioaktiver Reststoffe und Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland durch. Hierbei werden der Bestand an radioaktiven Reststoffen, Rohabfällen und Abklingabfällen sowie der Anfall und Bestand konditionierter radioaktiver Abfälle ermittelt.

Der Bestand konditionierter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung betrug am 31. Dezember 2011 101 415 Kubikmeter (m^3) (2010: 96 513 m^3). Der Bestand an vernachlässigbar wärmeentwickelnden Zwischenprodukten und unbehandelten Abfällen belief sich auf 10 372 m^3 (Vorjahr: 10 295 m^3) und 19 128 m^3 (Vorjahr: 17 517 m^3). Der Bestand konditionierter wärmeentwickelnder Abfälle betrug 2011 727 m^3 (2010: 674 m^3). Es waren weitere 1251 m^3 (Vorjahr: 1251 m^3) wärmeentwickelnde Abfälle als Zwischenprodukte zwischengelagert.

Bis zum 31.12.2011 sind in Deutschland 14 465 tSM (Tonnen Schwermetall = Uran + Plutonium) in Form bestrahlter Brennelemente angefallen. Davon wurden 6662 tSM zur Wiederaufarbeitung im Ausland oder in andere Anlagen abgegeben.

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 jährlich in diesem Bericht zusammengefasst. Mehr als 80 % der im Jahr 2011 gemeldeten Vorkommnisse sind Funde von radioaktivem Material, die meist durch eine nicht ordnungsgemäße Entsorgung des radioaktiven Stoffes verursacht wurden. Dabei kam es in keinem Fall zu einer radiologischen Gefährdung. Durch menschliche oder technische Fehler (z. B. falsche Anlageneinstellung oder Softwarefehler) kam es im Jahr 2011 bei fünf Strahlentherapie-Einrichtungen zu Fehlbestrahlungen. In der Folge wurden Software-Änderungen und Schulungen durchgeführt sowie zusätzliche Kontrollen eingeführt. Durch Verkleben eines Strahlers an einem Gammadiagnostikgerät trat bei einer Person eine erhöhte Exposition der Hand auf. Die technische Fehlfunktion wurde nach dem Vorfall behoben.

Nichtionisierende Strahlung

Mit zunehmendem Technisierungsgrad steigt auch die Zahl der Quellen, die zu einer Exposition der allgemeinen Bevölkerung gegenüber nichtionisierender Strahlung beitragen. Dies sowie neue technische Entwicklungen stellte auch 2011 Herausforderungen für den Strahlenschutz dar. Um die Risikobewertung bezüglich Wirkungen elektromagnetischer Felder auf einer soliden Datenbasis leisten zu können, wurden im Rahmen des Umweltforschungsplans des Bundesumweltministeriums (BMU) vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) sowohl im Bereich „Statischer Magnetfelder“ als auch in den Bereichen „Niederfrequente und hochfrequente elektromagnetische Felder“ sowie „Optische Strahlung“ auch im Jahre 2011 Forschungsvorhaben initiiert und koordiniert. Im Bereich der statischen Magnetfelder beziehen sich diese Vorhaben auf die Erfassung und gesundheitliche Bewertung der real auftretenden Expositionen bei Magnetresonanztomographie(MRT)-Anwendungen. Im Bereich „Niederfrequenz“ wurden u. a. Untersuchungen zur Verbesserung der Datenlage bezüglich niederfrequenter Felder und Leukämie im Kindesalter begonnen. Im Bereich hochfrequenter elektromagnetischer Felder befassen sich die neu initiierten Forschungsvorhaben mit der Klärung der Frage zu möglichen Langzeitrissen für Handynutzungszeiten von mehr als 10 Jahren und bezüglich der Frage, ob Kinder stärker durch hochfrequente elektromagnetische Felder exponiert sind oder empfindlicher reagieren als Erwachsene. Zusätzlich wurde im Jahr 2011 weitere Forschung im Bereich Risikokommunikation betrieben u. a. mit dem Ziel, mittels verbesserter Kommunikation und Information einen sachlichen Umgang mit dem Thema „Elektromagnetische Felder“ in der Bevölkerung zu unterstützen. Nach derzeitigem wissenschaftlichen Kenntnisstand schützen die gelten-

den Grenzwerte vor allen gesundheitlich relevanten Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf den Menschen.

Im Bereich der „Optischen Strahlung“ ist vor allem die Besorgnis erregende Zunahme von Hautkrebs Grund sowohl für weitere Forschungsvorhaben als auch für die Verbesserung der Risikokommunikation sowie der Informationsmaßnahmen des BfS. So wurde u. a. im Jahr 2010 die UV-Informationskampagne „Sonne – Aber sicher!“ des BfS gestartet, 2011 das UV-Bündnis - einer Kooperation von medizinischen, wissenschaftlichen Institutionen und Organisationen sowie Bundesbehörden - initiiert, und die Messung der natürlichen UV-Strahlung (UV-Monitoring) sowie die Veröffentlichung des davon abgeleiteten UV-Indexes weiter betrieben. In Bezug auf die Anwendung künstlicher UV-Strahlung in Solarien trat, zurückgehend auf die Initiative des BMU und des BfS, im August 2009 das Gesetz zur Regelung des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung (NiSG) in Kraft. Seitdem ist es Solarienbetreibern verboten, Minderjährigen die Nutzung von Solarien zu erlauben. Die auf Grundlage dieses Gesetzes erarbeitete „Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher ultravioletter Strahlung“ (UV-Schutz-Verordnung, UVSV) wurde am 25. Juli 2011 im [Bundesgesetzblatt](#) (Nr. 37 vom 25.07.2011, Seite 1412) veröffentlicht und trat am 1. Januar 2012 in Kraft. Die UV-Schutz-Verordnung basiert auf den Kriterien des freiwilligen Zertifizierungsverfahrens des BfS und regelt unter anderem Gerätestandards, den Betrieb von Solarien sowie Qualifikation und Aufgaben des Solarien-Fachpersonals.

SUMMARY

Since 1958, all data on environmental radioactivity from measurements performed by authorised laboratories have been published in quarterly reports and, since 1968, in annual reports. In addition to the results from environmental monitoring, these reports include data on the population exposure due to natural and man-made radiation sources.

The table below shows the mean radiation exposure of one person of the general public in the Federal Republic of Germany in 2011, broken down into the various sources of radiation. The mean effective dose is about 4 millisievert (mSv) and therefore remained almost unchanged, compared to the previous year (3,9 mSv).

The contributions to the mean annual effective dose to one person are itemised in the table. The highest contribution is caused by medical applications, especially computerised tomography examinations. Another important source of radiation exposure is the naturally occurring noble gas radon and inhalation of its progeny, which particularly accumulate in poorly ventilated rooms. It should be noted that the numerical values represent effective doses averaged over the entire population. The actual dose to an individual during a year is highly dependent on their individual circumstances.

MEAN EFFECTIVE DOSE TO ONE PERSON OF THE POPULATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY DURING THE YEAR 2011

Mean effective dose millisievert per year			
1. Radiation exposure from natural sources			
1.1	cosmic radiation (at sea level)	approx. 0.3	
1.2	external terrestrial radiation	approx. 0.4	
	thereof outdoors (5 h/d)		approx. 0.1
	thereof indoors (19 h/d)		approx. 0.3
1.3	inhalation of radon and its progeny	approx. 1.1	
	thereof outdoors (5 h/d)		approx. 0.2
	thereof indoors (19 h/d)		approx. 0.9
1.4	ingestion of natural radioactive substances	approx. 0.3	
Total natural radiation exposure		approx. 2.1	
2. Radiation exposure from man-made sources			
2.1	fallout from nuclear weapons tests	< 0.01	
2.2	effects from the accident in the Chernobyl nuclear power plant	< 0,011	
2.3	nuclear installations	< 0.01	
2.4	use of radioactive substances and ionising radiation in medicine (therapy excluded)	approx. 1.9	
	thereof from diagnostic nuclear medicine*		approx. 0.1
Total of man-made radiation exposure		approx. 1.9	

* according to data from 2010, evaluation from 2012

In the following, information is given on radiation exposures due to

- natural radiation sources,
- mining and industry relics,
- radon indoors,
- radioactive substances in building materials and industrial products,
- nuclear weapons testing,
- Chernobyl reactor accident,
- special topic Fukushima,
- nuclear technology,
- occupational radiation exposure,
- medical applications,
- the handling of radioactive substances in research and technology,
- radioactive waste,
- radiation accidents and exceptional events.

Since 2001, this report has also contained information about non-ionising radiation and research in this field.

Natural radiation sources

Exposure from natural radiation sources consists of both an external and an internal component due to natural radioactive substances in the environment as well as cosmic radiation. A major source of external radiation exposure consists of both cosmic and terrestrial radiation from the natural radionuclide K-40 together with the radionuclides of the natural decay chains of U-238 and Th-232. The internal component of radiation exposure is largely caused by inhalation

of the daughter nuclides of the natural noble gas radon (radon decay products), and partially also by the intake of natural radioactive substances with drinking water and food. Typically, natural radiation sources contribute to the effective dose to the level of 1 to 6 millisievert (mSv) per year. The nominal mean value, calculated on the basis of the dose factors set out in the EURATOM basic safety standards, is 2.1 mSv per year, resulting in particular from the inhalation of radon in buildings. An annual comparison shows that there are only slight variations in exposure to natural radiation sources. All individual contributions to the annual mean effective dose are listed in the above table.

Mining and industry relics

In the process of remediation works carried out by Wismut GmbH in the former uranium ore mining area in Saxony and Thuringia, radionuclides of the uranium/radium decay chain are released into the air and water which are discharged into the environment with permission of the competent authorities. A mining-related increase in the concentration of radon in air close to ground level is seen only in the immediate vicinity of mining facilities; the concentration decreases with increasing distance from such facilities. The overall results of the measurements in the aforementioned uranium mining regions reveal a high radon concentration of natural origin just as expected for geologically comparable regions. The discharge of uranium and radium and their respective decay products from mining facilities into drainage areas of the mining regions does not cause an appreciable change of the natural level of these radionuclides in these drainage areas. The discharge of radioactive substances (Rn-222 and long-lived alpha emitters, uranium and Ra-226) through the exhaust air and effluents from subsurface mining facilities in areas belonging to the Wismut redevelopment project are subject to certain fluctuations, depending on the course of remediation measures and the weather, but show a decreasing tendency altogether.

Radon indoors

In Germany, the annual mean value of the radon activity concentration indoors is about 50 becquerel per cubic metre (Bq/m^3), which corresponds to a mean annual effective dose of about 0.9 mSv. Measurements performed during recent years revealed considerable regional variations in natural radiation exposure, because the concentrations of natural radioactive substances in soil and air differ largely. The construction of houses on land containing increased amounts of uranium and radium, and to a lesser extent, the use of building materials containing increased amounts of radioactive substances are assumed to be responsible for the increase in population exposure due to the inhalation of radon and its decay products. In the year under report, studies were conducted as to the possibilities to estimate annual mean values of radon concentration indoors from measurements performed over clearly less than one year. During the last few years, national and international epidemiological studies were performed in order to obtain estimates of the health risk associated with increased exposures of the general public to radon decay products. The studies revealed a significant increase in lung cancer risk by about 10 % per 100 Bq/m^3 .

Radioactive substances in building materials and industrial products

Current analyses of ordinary industrially fabricated building materials designed for use indoors confirmed that the dose caused by their concentrations of the natural radionuclides Ra-226, Th-232, and K-40 is about 0.3 millisievert (mSv) per year on the average and may reach up to 1 mSv per year in individual cases. This means that the Europe-wide criterion accepted to limit radiation exposure from building materials is observed. Discharges of Rn-222 from mineral building materials were also accounted for, but turned out to be generally small. When investigating natural stone building materials used in dwellings it was established that in most cases these building materials do not cause enhanced radiation exposure, even when used in large amounts.

Nuclear weapons testing

Numerous atmospheric nuclear weapons tests were carried out from 1945 to 1980, but since 1981 only underground tests have been performed. One underground nuclear weapon test was conducted in Korea in October 2006. A second underground test was announced by the Democratic Peoples' Republic of Korea in May 2009 and was also recorded by the seismic measuring devices of the International Measuring Network. There was no evidence of radionuclide release in this context (neither of Xenon isotopes nor of particle-bound radionuclides), which is suggestive of a very good containment. The general level of environmental radioactivity due to former tests in the atmosphere has steadily decreased since the Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty from 1964. At present its contribution to the total of human radiation exposure is less than 0.01 millisievert (mSv) per year.

Chernobyl reactor accident

In April 1986, a reactor accident occurred in the Chernobyl nuclear power plant which has had serious consequences. In the days following that accident, large amounts of radionuclides were released into the atmosphere and distributed all over Europe. In Germany, mostly areas in Southern Germany were affected by the radioactive fallout. Soil contamination with Cs-137 partially reached up to 100 000 becquerel per square metre (Bq/m^2) here.

Radiation exposure resulting from the Chernobyl reactor accident decreased further, albeit marginally, in 2011; the mean effective dose was less than 0.01 millisievert (mSv). It amounts to less than one percent of the natural radiation exposure; about 90 % of this radiation is caused by Cs-137 deposited on the ground. The mean effective dose from the intake of radiocaesium with food is estimated to have been less than 0.001 mSv in 2011. In Southern Germany the lev-

els of radiation exposure may be one order of magnitude higher. In particular the concentration of Cs-137 in wild boar meat still exceeds the maximum value permissible of 600 becquerel per kilogram (Bq/kg) in some cases.

Special topic Fukushima

On 11 March 2011 a magnitude 9 earthquake occurred off the coast of Miyagi Prefecture, Japan. Shortly after that, a tsunami with flood waves up to 15 metres swamped the coastal regions. As a result, the Fukushima Daiichi nuclear plant was hit by a severe nuclear accident rated INES level 7 (i. e. the highest level of the international rating scale for nuclear accidents). Complete blackout caused a failure of heat removal, resulting in destruction of the cores of the reactor units 1 to 3. In consequence of the accident, considerable amounts of radioactive substances were released into the atmosphere. Some of the radionuclides were detectable in Germany, although the concentrations were only in a range of some milibecquerel per cubicmeter (mBq/m³). Furthermore large amounts of radioactive material were also released into the Pacific Ocean but no Fukushima-derived radionuclides could be detected in the North and Baltic Sea.

Based on the Regulation (EC) No. 178/2002, the European Commission adopted special provisions on imports of food and feed from Japan. The Implementing Regulation (EU) No. 284/2012 imposed a maximum limit of 50 Becquerel per kilogram (Bq/kg) for Cs-137 and Cs-134 levels in milk and dairy products as well as in food for babies and infants. The limit for other foodstuffs is 100 bq/kg.

Nuclear technology

The emission of radioactive substances from nuclear power plants, from the former Morsleben repository for low and intermediate-level radioactive waste (ERAM) and the Asse mine contributes only insignificantly to the radiation exposure of the population. The upper values for exposures to individuals, calculated in accordance with the "General Administrative Guideline relating to § 47 of the Radiation Protection Ordinance" are clearly below the limits indicated in the Radiation Protection Ordinance. In general, the calculated radiation exposure values show no essential differences to those reported for 2010. The annual contribution from domestic nuclear installations and other installations located close to the German borders to the mean effective dose to the population of the Federal Republic of Germany remained below 0.01 millisievert (mSv) again in 2011 (see Table above).

The total generation of current from nuclear power plants decreased by 32 terawatt hours (TWh) to 108 TWh in 2011. The reason for this decrease is the shut-off of the 8 nuclear power plants Biblis A and B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 and Krümmel.

Occupational radiation exposure

In Germany, all employees who might receive enhanced radiation doses during their occupation are subject to radiation protection monitoring.

The major part of these persons (approx. 390 000 in 2011) is monitored through personal dosimeters. The average annual individual dose (measured in approx. 349 000 individuals) amounted to about 0.11 millisievert (mSv) in 2011. There was no evidence of additional radiation exposure in about 81 % of all persons controlled over the entire monitoring period. An average annual individual dose of 0.58 mSv (preceding year: 0.66 mSv) was determined for all other cases with a measurable dose (approx. 66 000). In 2011 7 individuals with annual personal doses above 20 mSv were registered.

Since August 1, 2003, aircrews who are in an employment according to German Labour Law and who can receive an effective dose of at least 1 millisievert (mSv) per calendar year from cosmic radiation during the flight must be monitored. Flight attendants are not monitored with the help of dosimeters. Instead, the airlines determine the dose to the aircrews with officially approved computer programs. In 2011, this applied to approx. 39 000 individuals (preceding year: 37 000 individuals). The average annual dose of these employees amounted to 2.1 mSv (preceding year: 2.3 mSv) (in addition to natural radiation exposure).

Medical applications

The major part of man-made radiation exposure is caused by medical applications of radioactive substances and ionising radiation. Since 1991, BfS therefore has collected and analysed data on medical radiation exposure in Germany. These data are generally supplied by organisations which bear the costs of medical care, mainly the associations of the social and private health insurance.

In 2010, medical applications contributed about 1.9 millisievert (mSv) per inhabitant, of which about 0.1 mSv was due to nuclear medical diagnostic procedures. The observation period from 1996 to 2010 altogether reveals an upward trend for the mean effective dose per inhabitant and year, although the frequency of X-ray examinations conducted during this period in Germany decreased. About 1.66 X-ray examinations per inhabitant were carried out on the average in 2010. The upward trend observed at large for the mean effective dose per inhabitant and year is primarily due to the steady increase in uses of computerised tomography (CT). CT examinations had a share of only 8 per cent in the total frequency of X-ray diagnostics in 2010 but contributed about 60 % to the collective effective dose.

From 2004 to the beginning of 2009 the quality-assured, population-based Mammography Screening Program was introduced nationwide for all (symptom-free) women between 50 and 69 years of age. The Mammography Screening Program is now offered on a nationwide scale.

In nuclear medical diagnostics, thyroid and skeletal scintigraphy are the most frequent methods of examination. Positron Emission Tomography (PET), too, becomes more important as it is a tool of high diagnostic value.

It is most remarkable that the number of Magnetic Resonance Imaging (MRI), ultrasonic and CT examinations increased simultaneously from 1996 to 2010. Against expectations, however, the increase in alternative diagnostic procedures, i.e. without application of X-rays, and in particular the remarkable increase in MRI does not lead to a decreasing application frequency of CT.

Radioactive waste

By order of the Federal Minister for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), the Federal Office for Radiation Protection (BfS) conducts an annual survey of radioactive residues and nuclear waste in the Federal Republic of Germany. In this process an inventory is made of radioactive residues, primary waste and decay waste, and the accumulation and amount of conditioned radioactive waste is determined.

On 31 December 2011, the amount of conditioned radioactive waste with negligible heat generation was 101 415 cubic metre (m³) (2010: 96 513 m³). The amount of intermediate products with negligible heat generation and untreated waste was 10 372 m³ (preceeding year 10 295 m³) and 19 128 m³ (preceeding year 17 517 m³) respectively.

The amount of conditioned heat-generating waste in Germany was 727 m³ in 2011 (674 m³ in 2010). Another 1251 m³ (preceeding year 1251 m³) of heat-generating intermediates were subject to interim storage.

A total of 14 465 tons of HM (heavy metal = uranium + plutonium) of spent fuel elements was produced up to 31 December 2011 in Germany, of which 6 662 tons were delivered abroad for reprocessing.

Radiation accidents and exceptional events

Due to the stringent provisions of the radiation protection law, radiological emergencies involving persons handling sources of ionising radiation and radioactive substances are rare events. These events are summarised in this report on an annual basis. More than 80 per cent of the exceptional events reported in 2011 involved discoveries of radioactive material mostly associated with improper disposal of the radioactive substance. There was no case of substantial radiological hazard. Human or technical failure (e. g. wrong adjustment of the installation or program error) entailed erroneous irradiations in five radiation therapy departments. Subsequently, software amendments and staff trainings were made and additional surveillance was introduced. As a result of jamming of an emitter at a gammaradiography equipment one person experienced increased skin exposure. The technical failure was remedied after the incident.

Non-ionising radiation

The growing level of technology of human environment is associated with increasing numbers of sources contributing to exposures of the general public to non-ionising radiation. Together with further technical advancements, this is a challenge for radiation protection also in 2011. In order to obtain a solid data base for evaluation of risk associated with electromagnetic fields, BfS continued to initiate and co-ordinate research projects within the scope of the Ufoplan of the Federal Environment Ministry (BMU) also in 2011. These projects covered the areas of both "Static Magnetic Fields" and "Low-frequency and high-frequency electromagnetic fields", as well as "Optical radiation". In the area of "static magnetic fields" these projects involve determination and health-related evaluation of actual exposures in magnetic resonance imaging (MRI). In the "low-frequency" area, studies have been initiated to improve the data available as to low-frequency fields and childhood leukaemia. Ongoing research in the area of "high-frequency electromagnetic fields" aims at answering the question of possible long-term risks for mobile phone use periods exceeding 10 years and the question of whether exposure, or sensitivity, to electromagnetic fields is higher in children than in adults. In addition, further research was conducted in the area of risk communication in 2011, with a view to improving communication and information, among other things, thus supporting a matter-of-fact handling of the subject "Electromagnetic fields" in the general public. The limits currently applicable most notably reflect estimates of the effects of high-frequency electromagnetic fields on human health, according to the present state of knowledge.

In the field of "Optical Radiation", especially the alarming increase in skin cancers has given reason for further research projects and for improvements of both risk communication and information procedures on the part of BfS. Among other things, BfS initiated the UV information campaign "Sonne - Aber sicher!" in 2010 and the UV-Alliance, i.e. a cooperation of medical, scientific institutions and organisations as well as Federal Authorities in 2011 and continued ongoing measurements of natural UV-radiation (UV monitoring), as well as publication of the UV-index derived from these measurements. In relation to uses of artificial UV-radiation in solaria, based on the BMU and BfS initiative, the Act on Protection against non-ionising radiation (Gesetz zur Regelung des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung, NiSG) entered into force on August 2009. Since then, operators of solaria have been banned from permitting minors to use solaria. On the basis of this Act, the "Regulation on the Protection from adverse effects of artificial ultraviolet radiation" (UV-Protection Regulation) was published in the Federal Law Gazette (No. 37 of 25 July 2011, page 1412) on 25 July 2011 which entered into force as from 1 January 2012. Based on the criteria laid down by BfS for the voluntary certification procedure, the UV-Protection Regulation rules, among others, equipment standards, operation of solaria as well as the qualification and tasks of solaria technical staff.

RÉSUMÉ

Les taux de radioactivité dans l'environnement humain mesurés par les stations officielles de mesure sont publiés, sous forme de rapports trimestriels depuis 1958, et de rapports annuels depuis 1968. Ces rapports contiennent, en plus des résultats concernant la surveillance de la radioactivité de l'environnement, des données sur l'exposition du public aux rayonnements due aux sources naturelles et artificielles. Le tableau ci-dessous montre la moyenne d'exposition aux rayonnements d'une personne de la population de la République Fédérale d'Allemagne en 2011 selon les différentes sources d'exposition. Comparée à l'année précédente (3,9 millisievert (mSv)), la dose effective moyenne n'a guère changé; elle s'élève à environ 4 mSv.

Le tableau classe les contributions à la dose efficace moyenne reçue par une personne par an. Le part le plus important provient des applications médicaux, en particulier des examens de tomographie par ordinateur. Une autre source essentielle d'exposition aux rayonnements est le radon, un gaz rare d'origine naturel ainsi que l'inhalation de ces dérivés qui s'accumulent surtout dans des pièces mal aérées. Il convient de noter que les données représentent des doses efficaces moyennées sur toute la population. La vraie dose annuelle reçue par une personne dépend fortement des circonstances individuelles.

DOSE EFFICACE MOYENNE REÇUE PAR UNE PERSONNE DE LA POPULATION DE LA REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE EN 2011

Dose efficace moyenne millisievert par an			
1. Exposition naturelle par source			
1.1	rayonnements cosmiques (au niveau de la mer)	env. 0,3	env. 0,1 env. 0,3 env. 0,2 env. 0,9
1.2	rayonnements terrestres externes dont à l'extérieur (5 h/jour) dont à l'intérieur des maisons (19 h/jour)	env. 0,4	
1.3	produits de filiation de radon (par inhalation) dont à l'extérieur (5 h/jour) dont à l'intérieur des maisons (19 h/jour)	env. 1,1	
1.4	ingestion de substances radioactives naturelles	env. 0,3	
Chiffre total de l'exposition naturelle aux rayonnements		env. 2,1	
2. Exposition artificielle par source			
2.1	retombées des essais nucléaires	<0,01	env. 0,1
2.2	accident dans la centrale nucléaire de Tchernobyl	<0,011	
2.3	installations nucléaires	<0,01	
2.4	applications médicales de substances radioactives et de rayonnements ionisants* (sans thérapie) dont examens en médecine nucléaire	env. 1,9	
Chiffre total de l'exposition artificielle aux rayonnements		env. 1,9	

* données de l'année 2010, évaluation faite en 2012

Le présent résumé expose les principaux résultats concernant l'exposition aux rayonnements due

- aux sources naturelles de rayonnements,
- aux anciens sites miniers et industriels,
- au radon dans les bâtiments,
- aux substances radioactives contenues dans les matériaux de construction et les produits industriels,
- aux essais nucléaires,
- à l'accident du réacteur de Tchernobyl,
- au sujet particulier: Fukushima,
- au génie nucléaire,
- à l'exposition professionnelle aux rayonnements,
- aux applications médicales,
- à la manipulation de substances radioactives dans le domaine de la recherche et des technologies,
- aux déchets radioactifs,
- aux accidents radiologiques et événements particuliers.

Depuis 2001, le rapport contient également des informations sur les rayonnements non-ionisants et les travaux de recherche menés dans ce domaine.

Sources naturelles de rayonnements

L'exposition naturelle aux rayonnements se compose d'une contribution externe et interne, causée par les substances radioactives naturelles présentes dans l'environnement et par les rayonnements cosmiques. La contribution externe est due essentiellement au rayonnement cosmique ainsi qu'au rayonnement émis par le radioisotope naturel potassium-40 et les radionucléides appartenant aux chaînes de désintégration de l'uranium-238 et du thorium-232, rayonnement provenant du sol et des bâtiments. La contribution interne de l'exposition aux rayonnements est causée particulièrement par l'inhalation des descendants du gaz rare radon d'origine naturelle (dits produits de filiation), et partiellement par l'ingestion de substances radioactives naturelles contenues dans l'alimentation, y compris l'eau potable. La dose efficace annuelle typique due aux sources naturelles de rayonnements varie entre 1 et 6 millisievert (mSv). En appliquant les facteurs de dose définis dans les normes de base EURATOM, on arrive à une valeur moyenne nominale de 2,1 mSv par an, dont la source est principalement le radon à l'intérieur des maisons. L'exposition naturelle aux rayonnements ne varie que faiblement d'un an à l'autre. La part des diverses sources contribuant à la dose efficace moyenne par an est indiquée dans le tableau ci-dessus.

Anciens sites miniers et industriels

Les travaux d'assainissement que la société Wismut GmbH est en train d'effectuer dans l'ancienne région d'extraction de minerais d'uranium en Saxe et Thuringe occasionnent la libération de radionucléides de la chaîne de désintégration de l'uranium/du radium dans l'air et dans les eaux. Ces radionucléides sont rejetés dans l'environnement avec l'autorisation des autorités compétentes. Ce n'est qu'à proximité immédiate des installations minières que les activités minières causent des concentrations élevées de radon dans l'air au niveau du sol, le taux diminuant rapidement avec la distance. Globalement, les mesures réalisées font état de concentrations de radon élevées dans les régions uranifères mentionnées ci-dessus, qu'il faut attendre dans des régions avec une géologie comparable. Elles sont donc apparemment d'origine naturelle. Les rejets liquides d'uranium, de radium et de leurs produits de désintégration provenant des installations minières dans les régions uranifères n'ont aucune influence, ou seulement une influence négligeable sur le niveau naturel de ces radionucléides dans le milieu récepteur. Les rejets liquides et gazeux de substances radioactives (radon-222 et émetteurs alpha à vie longue, uranium et radium-226) provenant des mines souterraines dans la région où des travaux d'assainissement sont effectués par la société Wismut varient selon les influences météorologiques et le progrès de l'assainissement, mais dans l'ensemble ils présentent une tendance à la baisse.

Radon dans les bâtiments

La valeur moyenne annuelle de la concentration d'activité du radon dans les parties habitées des bâtiments s'élève à 50 becquerel par mètre cube (Bq/m^3) en Allemagne, ce qui est équivalent à une dose efficace moyenne de 0,9 millisievert (mSv) par an. Les mesures effectuées aux cours des dernières années ont mis en évidence des différences régionales considérables quant à l'exposition naturelle aux rayonnements, du fait des différentes concentrations de substances radioactives naturelles dans le sol et dans l'air. La construction de bâtiments sur un terrain à teneur élevée en uranium et en radium et, dans une moindre mesure, l'utilisation de matériaux de construction à teneur élevée en substances radioactives naturelles, provoquent une augmentation de l'exposition aux rayonnements de la population, due à l'inhalation du radon et de ses produits de filiation. Durant l'année sous revue, on a effectué des études en matière des possibilités d'estimer des valeurs moyennes annuelles de la concentration de radon à l'intérieur sur la base de mesures d'une durée de moins d'un an. Des études épidémiologiques nationales et internationales ont été effectuées ces dernières années afin d'estimer le risque que les expositions élevées aux produits de filiation du radon présentent pour la santé de la population. Ces études montrent une augmentation significative du risque de cancer du poumon, qui s'élève à environ 10 % par 100 Bq/m^3 .

Substances radioactives contenues dans les matériaux de construction et les produits industriels

Des études récentes portant sur les concentrations des radionucléides naturels radium-226, thorium-232 et potassium-40 dans les matériaux de construction courants produits industriellement pour l'usage à l'intérieur des bâtiments confirment que la dose annuelle moyenne qu'ils provoquent s'élève à environ 0,3 millisievert (mSv) et qu'elle peut atteindre, dans des cas exceptionnels, jusqu'à 1 mSv. Ceci est conforme à la norme de limitation de la radioexposition due aux matériaux de construction reconnue au niveau européen. Les études ont aussi analysé le dégagement de radon-222 des matériaux de construction minéraux, mais celui-ci s'est avéré comme étant généralement faible. Il en est de même des pierres naturelles utilisées à l'intérieur des bâtiments. Les études ont révélé que, dans la plupart des cas, ce matériau ne cause pas d'exposition élevée, même s'il est utilisé sur une surface étendue.

Essais nucléaires

De 1945 à 1980, un grand nombre d'essais nucléaires a été réalisé dans l'atmosphère ; depuis 1981, seuls des essais nucléaires souterrains ont été effectués. En octobre 2006, un essai nucléaire souterrain a eu lieu en Corée du Nord. En mai 2009, la République Populaire Démocratique de Corée a fait part d'un deuxième essai nucléaire souterrain qui a été également enregistré par les dispositifs de mesure sismique du réseau de mesure international. Aucun relâchement de radionucléides (ni isotopes xénon ni radionucléides liés aux particules) n'a été détecté dans ce contexte, ce qui indique un très bon confinement.

Le niveau général de radioactivité de l'environnement causé par les essais atmosphériques effectués par le passé a constamment baissé depuis le Traité interdisant les essais d'armes nucléaires de 1964. Actuellement, il représente une contribution inférieure à 0,01 millisievert (mSv) par an à la radioexposition totale de l'homme.

Accident du réacteur de Tchernobyl

En avril 1986 un accident grave de réacteur est survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl. Dans les journées suivantes, une grande quantité de radionucléides a été dégagée dans l'atmosphère et s'est répandue sur toute l'Europe. En Allemagne c'étaient surtout les régions du Sud qui ont souffert des retombées radioactives. La contamination en Cs-137 des sols y atteignait en partie jusqu'à 100.000 becquerel par mètre carré (Bq/m²).

En 2011, l'exposition aux rayonnements en conséquence de cet accident a continué à diminuer faiblement; la dose efficace moyenne était en dessous de 0,01 millisievert (mSv). Elle était ainsi largement inférieure à un pour cent de la radioexposition naturelle, et résultait d'environ 90 % du rayonnement du sol dû au césium-137. Pour l'année 2011, la dose efficace moyenne due au radiocésium ingéré avec la nourriture est estimée à 0,001 mSv. En Allemagne du Sud, cette exposition peut atteindre 0,01 mSv. Dans cette région, c'est surtout la contamination en Cs-137 de la viande de sanglier qui surpasse la valeur maximale autorisée de 600 becquerel par kilo (Bq/kg) dans quelques cas.

Sujet particulier: Fukushima

Le 11 mars 2011 un séisme de 9 s'est produit au large des côtes de la Préfecture de Miyagi au Japon. Peu après, la région côtière a été submergée par un tsunami avec des raz de marée atteignant jusqu'à 15 mètres. Par conséquent, un severe accident nuclé-aire classé au niveau 7 de l'échelle internationale INES de classification des accidents nucléaires a endommagé la centrale nuclé-aire de Fukushima Daiichi où six réacteurs à eau légère ont été opérés. Dû à la défaillance de l'alimentation en courant électrique et de secours il n'y avait pas de refroidissement, donc les cœurs des réacteurs 1, 2 et 3 ont été détruits. Par la suite de l'accident, une pléiade de radionucléides artificiels a été rejeté dans l'atmosphère. Plusieurs des radionucléides libérés ont été démontrables en Allemagne, les concentrations cependant ne représentaient que quelques Millibecquerel par mètre cube. En outre une grande quantité de substances radioactives a été déversée dans l'Océan Pacifique. Cependant aucune trace d'émissions radioactives en provenance de Fukushima n'a été décelée en Mer du Nord et en Baltique.

Génie nucléaire

Les rejets de matières radioactives provenant des CNPE, d'autres installations nucléaires, de l'ancien centre de stockage définitif de déchets radioactifs à faible et moyenne activité de Morsleben (ERAM) et de la mine de Asse ne causent qu'une faible augmentation de la radioexposition moyenne de la population. Les valeurs supérieures de la radioexposition des individus, déterminées conformément au Règlement administratif général au paragraphe 47 du Règlement sur la Protection contre les rayonnements (*Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung*), sont restées nettement inférieures aux limites de dose fixées par le Règlement sur la protection contre les rayonnements. De manière générale, les niveaux de radioexposition calculés n'ont pas changé considérablement par rapport à 2010. En 2011, les installations nucléaires allemandes, ainsi que celles des pays voisins, ont de nouveau apporté une contribution de moins de 0,01 millisievert (mSv) par an à la dose efficace moyenne de la population de la République fédérale d'Allemagne.

La production totale d'électricité d'origine nucléaire a baissé par 32 térawattheures (TWh) à 108 TWh. La cause de cette baisse est la mise à l'arrêt de 8 centrales nucléaires : Biblis A et B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 et Krümmel.

Exposition professionnelle aux rayonnements

En Allemagne, toute personne travaillant dans un secteur à rayonnement élevé est soumise à une surveillance à des fins de radioprotection. En 2011 près de 390 000 personnes étaient affectées en Allemagne. La plus grande part de ces personnes exposées aux rayonnements a été surveillée à l'aide de dosimètres. La dose efficace moyenne de toutes les personnes surveillées de cette manière (environ 349 000) était de 0,11 millisievert (mSv) en 2011. Pour environ 81 % des personnes surveillées, aucune exposition supplémentaire aux rayonnements n'a pu être démontrée pendant toute la période de surveillance. Les personnes surveillées chez lesquelles une dose a pu être constatée (environ 66 000) ont présenté une dose individuelle moyenne annuelle de 0,58 mSv (année précédente: 0,66 mSv). En 2011, 7 personnes ont été touchées par un dépassement de la limite de dose annuelle réglementaire de 20 mSv.

Depuis le 1er août 2003, le personnel navigant soumis au droit du travail allemand et susceptible de recevoir une dose efficace d'au moins 1 mSv par année civile due aux rayonnements cosmiques est soumis à surveillance. La surveillance du personnel navigant n'est pas effectuée à l'aide de dosimètres. Les compagnies aériennes utilisent plutôt des programmes de calcul agréés par les autorités compétentes afin de déterminer la dose reçue par le personnel navigant. En 2011, environ 39 000 personnes étaient affectées par cette réglementation (année précédente: 37 000 personnes). Leur dose moyenne annuelle s'élevait à 2,1 mSv (année précédente: 2,3 mSv) en plus de l'exposition naturelle.

Applications médicales

La plus grande part de l'exposition artificielle aux rayonnements provient de l'utilisation de substances radioactives et de rayonnements ionisants en médecine. De ce fait, l'Office fédéral de radioprotection (BfS) a commencé, en 1991, à collecter et analyser des données sur la radioexposition médicale en Allemagne. Les sources de données les plus importantes sont les financeurs, représentés surtout par l'association fédérale des médecins de caisse, l'association fédérale des chirurgien-dentistes conventionnés et l'association des assurances maladies privées en Allemagne.

En 2010, la radioexposition médicale était d'environ 1,9 millisievert (mSv) par habitant. Les procédures de diagnostic en médecine nucléaire représentaient environ 0,1 mSv de cette exposition. Il ne reste pas moins qu'on constate globa-

lement une tendance à la hausse en ce qui concerne la dose efficace moyenne par habitant et par an dans la période de référence 1996 à 2010 bien que la fréquence des examens radiographiques en Allemagne a néanmoins baissé globalement durant cette période. En moyenne, environ 1,66 examens radiographiques ont été réalisés par habitant en 2010. La tendance à la hausse de la dose efficace moyenne résulte pour l'essentiel de l'augmentation constante du nombre d'examens tomodensitométriques (scanner). Bien que les examens tomodensitométriques ne représentaient qu'environ 8 % de tous les examens radiographiques en 2010, sa part dans la dose efficace collective constituait cependant près de 60 %.

Entre 2004 et le début de 2009 le programme de dépistage mammographique (intégrant une démarche assurance qualité) a été introduit à l'échelle nationale pour toutes les femmes (asymptomatiques) âgées entre 50 et 69 ans. Aujourd'hui, ce programme est offert partout dans le pays.

En ce qui concerne le diagnostic en médecine nucléaire, les scintigraphies de la glande thyroïde et du squelette sont les examens les plus fréquents. De même, la tomographie à émission de positrons (PET) gagne en importance en tant que méthode diagnostique en médecine nucléaire en vertu de sa grande validité diagnostique.

Il est remarquable que l'imagerie par résonance magnétique (IRM), les échographies et la tomodensitométrie ont tous progressés en même temps entre 1996 et 2010. Contre toute attente, l'accroissement de procédures d'examen alternatives, c'est-à-dire sans application de rayons x, - surtout la hausse considérable de l'IRM - n'a donc pas entraîné une application décroissante de la tomodensitométrie.

Déchets radioactifs

L'Office fédéral de Radioprotection (BfS) procède annuellement à un recensement des résidus et déchets radioactifs en R.F.A pour le compte du Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sécurité nucléaire (BMU). Cette exercice détermine le stock de résidus, déchets primaires et déchets de désactivation radioactifs, ainsi que la quantité des déchets radioactifs conditionnés nouveaux et anciens.

Au 31 décembre 2011, le stock de déchets radioactifs peu thermogènes conditionnés était de 101 415 mètre cube (m³). Le stock de produits intermédiaires et de déchets non-traités peu thermogènes était de 10 372 m³ (année précédente: 10 295 m³) et de 19 128 m³ (année précédente: 17 517 m³) respectivement.

Le stock de déchets radioactifs thermogènes conditionnés s'élevait à 727 m³ (année précédente: 674 m³) en 2011. D'autres 1251 m³ (année précédente: 1251 m³) de déchets thermogènes étaient entreposés en tant que produits intermédiaires. Jusqu'au 31 décembre 2011, la quantité de métaux lourds (uranium + plutonium) provenant d'éléments combustibles irradiés s'élevait à 14 465 tonnes en Allemagne. De cette quantité, 6662 tonnes de métaux lourds ont été exportées afin d'être retraitées à l'étranger.

Accidents radiologiques et événements particuliers

Grâce aux dispositions juridiques strictes en matière de radioprotection, rares sont les incidents soumis à déclaration impliquant des personnes en contact avec des rayonnements ionisants ou des matières radioactives. Le présent rapport rassemble ces incidents chaque année. Plus de 80 % des incidents déclarés au cours de l'année 2011 avait trait à la découverte de matériau radioactif, le plus souvent dû à des activités d'élimination irrégulières de la substance radioactive. Aucun des incidents entraînait une menace radiologique. Par suite d'erreur humaine ou machine (p. e. erreur de réglage de l'installation ou erreur logiciel) des expositions erronées sont survenues dans cinq établissements de radiothérapie. Par la suite, on a modifié le logiciel et mis en oeuvre des formations ainsi que institué des contrôles additionnels. Dû à un émetteur coincé d'un appareil de radiographie par rayons gamma, une personne subit une exposition accrue de la main.

Rayonnements non ionisants

L'avancée technologique provoque une augmentation du nombre de sources contribuant à une exposition du public aux rayonnements non ionisants. En 2011, ce phénomène en combinaison avec les développements techniques les plus récents a de nouveau posé des défis en matière de radioprotection. Afin de permettre une évaluation, sur la base de données solides, des risques présentés par les champs électromagnétiques, l'Office fédéral de radioprotection (BfS) a continué, en 2011, à initier et à coordonner des projets de recherche dans le cadre du plan de recherche environnement du Ministère de l'Environnement (BMU) tant dans le domaine des champs magnétiques statiques que dans les domaines des champs électromagnétiques de basse et de haute fréquence et des rayonnements optiques. Dans le domaine des champs magnétiques statiques, les projets portaient sur le recensement et l'évaluation santé des expositions réelles dues aux applications IRM. Dans le domaine de la basse fréquence, ont été lancées entre autres des études pour améliorer la disponibilité de données sur les champs de basse fréquence et les leucémies chez les enfants. Dans le domaine des champs électromagnétiques de haute fréquence, les nouveaux projets de recherche portaient sur les risques potentiels à long terme liées à l'utilisation de téléphones mobiles sur une période de plus de 10 ans et sur la question de savoir si les enfants étaient plus exposés aux champs électromagnétiques de haute fréquence ou s'ils réagissaient plus sensiblement que les adultes. En plus la recherche sur la communication des risques a été poursuivie en 2011 avec pour objectif entre autres de promouvoir une discussion objective de la question des champs électromagnétiques dans le public grâce à une amélioration de la communication et des informations.

Dans l'état actuel des connaissances scientifiques, les valeurs limites se rapportent surtout aux conséquences de champs élec-tromagnetiques de haute frequence pour la santé de l'homme.

En ce qui concerne les rayonnements optiques, c'est surtout la croissance inquiétante du nombre de cancers de la peau qui justifie d'initier de nouveaux projets de recherche et d'améliorer la communication des risques et les mesures d'informations du BfS. C'est pourquoi le BfS a lancé, entre autres, la campagne d'information UV „Sonne - Aber sicher!“ en 2010, initié l'Alliance UV, une coopération d'établissements et organisations médicaux, scientifiques et d'autorités fédérales en 2011 ainsi que continué de mesures visant à réduire l'exposition de la population aux rayonnements UV (surveillance UV) et la publication de l'index UV basé sur les résultats des mesures. En ce qui concerne l'utilisation de rayonnement UV artificiel des solariums c'est grâce à l'initiative du BMU et du BfS que la loi relative à la protection contre les rayonnements non ionisants (Gesetz zur Regelung des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung NiSG) est entrée en vigueur en août 2009. Il est désormais interdit aux opérateurs de solariums de permettre aux mineurs l'utilisation des bancs solaires. Basé sur cette loi, le „règlement relatif à la protection contre les effets néfastes de rayonnements ultraviolets artificiels“ (UVSV) a été publié le 25 Juillet 2011 au Journal officiel de la République fédérale d'Allemagne (No. 37 du 25.07.2011, p1412) et est entré en vigueur le 1 Janvier 2012. Reposant sur les critères de la procédure de certification volontaire définies par le BfS règle entre autres des standards relatifs aux équipements, l'opération de solariums ainsi que la qualification professionnelle et les tâches du personnel spécialisé de solarium.