

# 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. Im Folgenden werden Aussagen gemacht über die Strahlenexposition durch

- Quellen für natürliche und für zivilisatorisch veränderte natürliche Radioaktivität,
- Kernwaffenversuche,
- die Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl,
- kerntechnische Anlagen,
- berufliche Tätigkeit,
- 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.

Die mittlere Strahlenexposition für eine Person der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2010 ist in der folgenden Tabelle nach den verschiedenen Strahlenquellen aufgeschlüsselt. Die mittlere effektive Dosis beträgt etwa 3,9 Millisievert (mSv) pro Jahr und Person und ist damit im Vergleich zum Vorjahr nahezu unverändert.

## EFFEKTIVE JAHRESDOSE EINER PERSON DURCH IONISIERENDE STRALUNG IM JAHR 2010 GEMITTELT ÜBER DIE BEVÖLKERUNG DEUTSCHLANDS UND AUFGESCHLÜSSELT NACH STRAHLENURSPRUNG

		<b>Mittlere effektive Dosis in Millisievert pro Jahr</b>	
<b>1. Natürliche Strahlenexposition</b>			
1.1	durch kosmische Strahlung (in Meereshöhe)	ca. 0,3	
1.2	durch terrestrische Strahlung von außen	ca. 0,4	
	bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)		ca. 0,1
	bei Aufenthalt in Häusern (19 Std./Tag)		ca. 0,3
1.3	durch Inhalation von Radonfolgeprodukten	ca. 1,1	
	bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)		ca. 0,2
	bei Aufenthalt im Gebäude (19 Std./Tag)		ca. 0,9
1.4	durch Ingestion von natürlich radioaktiven Stoffen	ca. 0,3	
<b>Summe der natürlichen Strahlenexposition</b>		<b>ca. 2,1</b>	
<b>2. Zivilisatorische Strahlenexposition</b>			
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. 1,8	
	davon durch nuklearmedizinische Untersuchungen		ca. 0,1
<b>Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition</b>		<b>ca. 1,8</b>	

\* Daten von 2009, Auswertungen von 2011

### Natürliche Strahlenquellen

Die natürliche Strahlenexposition setzt sich aus einer externen und einer internen Komponente, verursacht durch natürliche radioaktive Stoffe in der Umwelt, 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 des natürlichen Edelgases Radon und dessen Zerfallsprodukte 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 Millisievert (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 fallen über Luft und Wässer Radionuklide der Uran-/Radiumzerfallsreihe an, 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, dass in den o. g. Uranbergbaugebieten überdurchschnittlich hohe Radonkonzentrationen auftreten, die aber auch in geologisch vergleichbaren Gebieten beobachtet werden und deshalb offensichtlich natürlichen Ursprungs sind. 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 ( $\text{Bq/m}^3$ ); 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 Becquerel pro Kubikmeter ( $\text{Bq/m}^3$ ).

## **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 Millisievert (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 gab es nur noch unterirdische Kernwaffenversuche. Im Oktober 2006 wurde ein unterirdischer Kernwaffentest in Nordkorea durchgeführt. Im Mai 2009 wurde von der Demokratischen Volksrepublik Nordkorea 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 zum bisher folgenschwersten 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 bis 100.000 Becquerel pro Quadratmeter ( $\text{Bq/m}^2$ ).

Im Jahr 2010 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 2010 beträgt geschätzt 0,001 Millisievert (mSv). In Süddeutschland kann diese Strahlenexposition um eine Größenordnung höher sein. Insbesondere Wildschweinfleisch überschreitet weiterhin gelegentlich den zulässigen Höchstwert der Cs-137-Kontamination von 600 Becquerel pro Kilogramm ( $\text{Bq/kg}$ ).

## **Kerntechnik**

Durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken, sonstigen kerntechnischen Anlagen, aus dem ehemaligen Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle Morsleben (ERAM) und der Schachanlage Asse 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 2009 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 2010 unter 0,01 Millisievert (mSv) pro Jahr.

Messdaten und Erkenntnisse im Zusammenhang mit der Katastrophe in den Kernkraftwerken Fukushima im Frühjahr 2011 werden in einem separaten Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz „Umweltradioaktivität in Deutschland / Methoden / Daten und Bewertung / Erkenntnisse aus den Ereignissen in Fukushima“ veröffentlicht.

## **Berufliche Strahlenexposition**

Personen, die in Bereichen mit erhöhter Strahlung arbeiten, unterliegen der Strahlenschutzüberwachung. Dies betraf in Deutschland im Jahr 2010 ca. 377.000 Personen. Der Großteil dieser strahlenexponierten Personen wurde mit Dosimetern überwacht. Die mittlere effektive Dosis aller mit Personendosimetern überwachten Personen (ca. 340.000) lag 2010 bei 0,12 Millisievert (mSv). Bei ca. 82% der überwachten Personen betrug während des ganzen Überwachungszeitraums die Personendosis 0 Millisievert (mSv). Bei den Überwachten mit einer messbaren Dosis (ca. 59.800 Personen) betrug die mittlere Jahrespersonendosis 0,67 Millisievert (mSv) (Vorjahr: 0,84 Millisievert (mSv)).

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 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 2010 ca. 36.800 Personen betroffen (Vorjahr: ca. 36.600). Die mittlere Jahresdosis dieser Beschäftigten betrug 2,3 Millisievert (mSv) (Vorjahr: 2,4 Millisievert (mSv)).

## **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 2009 bei etwa 1,8 Millisievert (mSv). Die nuklearmedizinische Diagnostik trug etwa 0,1 Millisievert (mSv) zu dieser Strahlenexposition bei. Die Schätzwerte für die Röntgendiagnostik für die Jahre 2007 bis 2009 sind im Vergleich zu den für die Jahre 2004 bis 2006 gemeldeten Werten geringfügig niedriger, da für den Zeitraum ab 2007 aktuelle von den Ärztlichen Stellen gemeldete Dosiswerte berücksichtigt wurden. Über den Beobachtungszeitraum 1996 bis 2009 ist insgesamt jedoch ein ansteigender Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr zu verzeichnen. Die Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in Deutschland hat hingegen über den betrachteten Zeitraum alles in allem abgenommen, wobei im Jahr 2009 durchschnittlich etwa 1,65 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner durchgeführt wurden. 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 2009 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.

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 2009 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.

## **Umgang mit radioaktiven Stoffen in Forschung und Technik**

Bei der Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe zu technischen Zwecken und in der Forschung ist gegenüber dem Vorjahr keine Änderung eingetreten. Die Strahlenexposition von Einzelpersonen und der Gesamtbevölkerung durch technische Geräte wird durch die Bestimmungen der Röntgenverordnung und der Strahlenschutzverordnung begrenzt und ist so niedrig wie möglich gehalten.

## 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 2010 96.513 Kubikmeter (m<sup>3</sup>). Der Bestand an vernachlässigbar wärmeentwickelnden Zwischenprodukten und unbehandelten Abfällen belief sich auf 10.295 Kubikmeter (m<sup>3</sup>) und 17.517 Kubikmeter (m<sup>3</sup>).

Der Bestand konditionierter wärmeentwickelnder Abfälle betrug 2010 674 Kubikmeter (m<sup>3</sup>). Es waren weitere 1.251 Kubikmeter (m<sup>3</sup>) wärmeentwickelnde Abfälle als Zwischenprodukte zwischengelagert.

Bis zum 31.12.2010 sind in Deutschland 13.471 Tonnen SM (Schwermetall = Uran + Plutonium) in Form bestrahlter Brennelemente angefallen. Davon wurden 6.662 Tonnen SM 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 70% der im Jahr 2010 gemeldeten Vorkommnisse betrafen Funde von radioaktiven Stoffen, die meist durch eine unzulässige Entsorgung verursacht wurden. Dabei kam es in keinem Fall zu einer bedeutenden radiologischen Gefährdung. Durch menschliches Versagen (z. B. falsche Einstellung der Anlage oder Patientenverwechslung) kam es in acht Strahlentherapie-Einrichtungen zu Fehlbestrahlungen. In der Folge wurden Arbeitsabläufe geändert bzw. zusätzliche Kontrollen eingeführt. Bei einem Unfall in einer nuklearmedizinischen Abteilung wurde eine Person mit radioaktiven Stoffen kontaminiert. Trotz sofortiger Dekontaminationsmaßnahmen war eine erhebliche Exposition der betroffenen Hautpartien aufgetreten. Der Zutritt zu den betroffenen Räumen wurde daraufhin vorübergehend gesperrt.

## Nichtionisierende Strahlung

Mit dem zunehmenden Technisierungsgrad der Umwelt steigt auch die Zahl der Quellen, die zu einer Exposition der allgemeinen Bevölkerung gegenüber nichtionisierender Strahlung beitragen. Dies sowie neue technische Entwicklungen stellte auch in 2010 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 in 2010 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 2010 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.

Im Bereich der „Optischen Strahlung“ sind vor allem die langfristigen gesundheitlichen Schäden durch UV-Strahlung Grund sowohl für weitere Forschungsvorhaben als auch für die Verbesserung der Risikokommunikation sowie der Informationsmaßnahmen des BfS. Die Besorgnis erregende Zunahme von Hautkrebs ist mit einem seit Jahrzehnten veränderten Freizeitverhalten assoziiert. Das BfS hat sich daher auch 2010 für die Umsetzung von Maßnahmen eingesetzt, um die UV-Belastung der Bevölkerung zu reduzieren. Hierzu gehört u. a. die fortlaufende Messung der natürlichen UV-Strahlung mit Hilfe des in Deutschland seit 1993 etablierten UV-Monitorings des BfS, des Umweltbundesamtes (UBA) sowie weiteren fünf Institutionen und die Veröffentlichung des davon abgeleiteten UV-Indexes. Die für das Berichtsjahr 2010 ermittelten Daten wiesen vor allem in den Frühsommer-Monaten Maximalwerte des UV-Index von über acht auf, also auf eine UV-Strahlungsintensität, bei der Schutzmaßnahmen unbedingt erforderlich sind. In Bezug auf die Anwendung künstlicher UV-Strahlung wurde vom BfS bereits vor knapp 10 Jahren ein freiwilliges Zertifizierungsverfahren für Solarien bzw. Sonnenstudios geschaffen. Nur ein Bruchteil der Sonnenstudios in Deutschland ließen sich nach den Kriterien des BfS zertifizieren und davon setzten nur wenige die Kriterien richtig und vollständig um. Es wurde deutlich, dass nur eine einheitliche rechtliche Regelung einen effektiven Verbraucherschutz in Sonnenstudios gewährleisten kann. Zurückgehend auf die Initiative des BMU und des BfS trat 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. Das Gesetz stellt auch die Ermächtigungsgrundlage für eine Rechtsverordnung bezüglich Solarien dar. Diese basiert auf den Kriterien des freiwilligen Zertifizierungsverfahrens und befand sich 2010 noch im politischen Abstimmungsprozess.

## 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. In the following, information is given on exposures

- sources of natural and technologically enhanced radioactivity,
- nuclear weapons tests,
- effects from the Chernobyl reactor accident,
- nuclear installations,
- occupational exposure,
- medical applications,
- the handling of radioactive substances in research and technology,
- radioactive waste,
- radiation accidents or other emergencies.

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

The table below shows the mean radiation exposure of one person of the general public in the Federal Republic of Germany in 2010, broken down into the various sources of radiation. The mean effective dose is about 3,9 millisievert (mSv) and therefore remained almost unchanged, compared to the previous year.

### MEAN EFFECTIVE DOSE TO ONE PERSON OF THE POPULATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY DURING THE YEAR 2010

		Mean effective dose millisievert (mSv)/year	
<b>1. Radiation exposure from natural sources</b>			
1.1	cosmic radiation (at sea level)	approx.	0.3
1.2	external terrestrial radiation	approx.	0.4
	outdoor (5 h/d)		approx. 0.1
	indoor (19 h/d)		approx. 0.3
1.3	inhalation of radon and its progeny	approx.	1.1
	outdoors (5 h/d)		approx. 0.2
	indoors (19 h/d)		approx. 0.9
1.4	ingestion of natural radioactive substances	approx.	0.3
<b>Total natural radiation exposure</b>		<b>approx.</b>	<b>2.1</b>
<b>2. Radiation exposure from man-made sources</b>			
2.1	fallout from nuclear weapons tests		< 0.01
2.2	effects from the accident in the Chernobyl nuclear power plant		0.012
2.3	nuclear installations		< 0.01
2.4	use of radioactive substances and ionising radiation in medicine	approx.	1.8
	diagnostic nuclear medicine* (therapy excluded)		approx. 0.1
<b>Total of man-made radiation exposure</b>		<b>approx.</b>	<b>1.8</b>

\* according to data from 2009, evaluation from 2011

#### 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. 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 the inhalation of the natural noble gas radon and its daughter nuclides, 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 millisievert (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 arise in 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 show the occurrence of above-average radon concentrations in the aforementioned uranium mining regions but, since such concentrations occur also in geologically comparable regions, these are assumed to be mainly of natural origin. 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 in buildings**

In Germany, the annual mean value of the radon activity concentration in occupied spaces is about 50 becquerel per cubic metre (Bq/m<sup>3</sup>), 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 becquerel per cubic metre (Bq/m<sup>3</sup>).

## **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 millisievert (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 North Korea in October 2006. A second underground test was announced by the Democratic Peoples' Republic of North 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 the most serious consequences so far. 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 reached up to 100,000 becquerel per square metre (Bq/m<sup>2</sup>) here.

Radiation exposure resulting from the Chernobyl reactor accident decreased further, albeit marginally, in 2010; the mean effective dose was less than 0.01 millisievert. 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 millisievert in 2009. In Southern Germany the levels of radiation exposure may be one order of magnitude higher. In particular the concentration of Cs-137 in wild boar meat still occasionally exceeds the maximum value permissible of 600 becquerel per kilogram (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 Ad-

ministrative 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 2009. 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 again in 2010 below 0.01 millisievert (mSv).

Measurement data and findings associated with the disaster in the Fukushima nuclear power plants in spring 2011 will be published within the scope of the report to be submitted by the Coordinating Offices and the Federal Office for Radiation Protection "Environmental radioactivity in Germany / Methods / Data and Evaluation / lessons learned from the incidents in Fukushima" (in preparation).

### **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. 377,000 in 2010) is monitored through personal dosimeters. The average annual individual dose (measured in approx. 340,000 individuals) amounted to about 0.12 millisievert (mSv) in 2010. In about 82% of all persons controlled the individual dose was 0 millisievert (mSv) throughout the complete monitoring period. An average annual individual dose of 0.67 millisievert (mSv) (preceding year: 0.84 millisievert (mSv)) was determined for all other cases with a measurable dose (approx. 59,800).

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 2010, this applied to approx. 36,800 individuals (preceding year: 36,600 individuals). The average annual dose of these employees amounted to 2.3 millisievert (mSv) (preceding year: 2.4 millisievert (mSv)).

### **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 2009, medical applications contributed about 1.8 millisievert (mSv) per inhabitant, of which about 0.1 millisievert (mSv) was due to nuclear medical diagnostic procedures. The data for X-ray diagnostics estimated for 2007 to 2009 is slightly lower, compared to those reported for the period from 2004 to 2006, since topic dose values as reported by the medical services were accounted for this time. However, the observation period from 1996 to 2009 altogether reveals an upward trend for the mean effective dose per inhabitant and year. In contrast, the frequency of X-ray examinations conducted during this period in Germany decreased, with an average of about 1.65 X-ray examinations per inhabitant in 2009. 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 2009 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 2009. 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.

### **The handling of radioactive substances in research and technology**

The use of ionising radiation and radioactive substances for technological and research purposes has not changed in comparison to the preceding year. The radiation exposure to individuals and the population as a whole from mechanical devices is limited by the stipulations of the X-Ray Ordinance and the Radiation Protection Ordinance and this is kept as low as reasonably achievable.

### **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 2010, the amount of conditioned radioactive waste with negligible heat generation was 96,513 cubic metre (m<sup>3</sup>). The amount of intermediate products with negligible heat generation and untreated waste was 10,295 cubic metre (m<sup>3</sup>) and 17,517 cubic metre (m<sup>3</sup>) respectively.

The amount of conditioned heat-generating waste in Germany was 674 cubic metre (m<sup>3</sup>) in 2010. Another 1,251 cubic metre (m<sup>3</sup>) of heat-generating intermediates were subject to interim storage. A total of 13,471 tons of HM (heavy metal = uranium + plutonium) of spent fuel elements was produced up to 31 December 2010, 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 70 per cent of the exceptional events reported in 2010 involved discoveries of radioactive substances mostly associated with undue waste disposal. There was no case of substantial radiological hazard. Human failure (e. g. wrong adjustment of the installation or mix up of patients) entailed erroneous irradiations in eight radiation therapy departments. Subsequently, work processes were modified or additional surveillance was introduced. One accident in a nuclear medicine department involved radioactive contamination of an individual. Despite immediate decontamination measures, the affected areas of skin incurred substantial radiation exposure. As a consequence, access to the rooms concerned was denied temporarily.

### **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-ionizing radiation. Together with further technical advancements, this is a challenge for radiation protection also in 2010. 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 2010. 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 2010, 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.

In the field of "Optical Radiation" there is reason for further research projects and for improvements of both risk communication and information procedures on the part of BfS, mainly on account of the long-term health detriment caused by UV-Radiation. The alarming increase of skin cancer is associated with the changes in spare time behaviour observed for decades. BfS therefore spoke up for the implementation of measures to reduce UV exposure of the population also in 2010. Among other things, this includes continuous measurements of natural UV-radiation carried out by BfS, UBA (Federal Environment Agency), and five other institutions within the scope of UV monitoring that has been established in Germany since 1993, as well as publication of the UV-index derived from these measurements. The data compiled for the reporting year 2010 reveal maximum UV index values of > 8 particularly for the early summer months, i. e. an intensity of UV-radiation where protective measures are absolutely essential. In relation to uses of artificial UV-radiation, BfS established a voluntary certification procedure for solaria almost 10 years ago. Only a fraction of the solaria in Germany were certified according to the BfS criteria, and only few of them have implemented the criteria correctly and completely. It turned out that effective consumer protection in solaria can only be ensured by a uniform legal regulation. 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. The Act also constitutes a source of authorization for a Regulation relative to solaria. This latter has been drafted based on the criteria laid down for the voluntary certification procedure and was subject to the political voting procedure in 2010.



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

- aux sources de radioactivité naturelle, y compris aux sources de radioactivité naturelle changées par la civilisation
- aux essais nucléaires
- aux conséquences de l'accident du réacteur de Tchernobyl
- aux installations nucléaires
- à l'activité professionnelle
- 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.

Le tableau ci-dessous montre la moyenne d'exposition aux rayonnements d'une personne de la population de la République Fédérale d'Allemagne en 2010 selon les différentes sources d'exposition. Comparée aux années précédentes, la dose effective moyenne reste quasiment inchangée; elle s'élève à environ 3,9 millisievert (mSv).

### DOSE EFFECTIVE MOYENNE REÇUE PAR UNE PERSONNE DE LA POPULATION DE LA REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE EN 2010

		Dose effective moyenne millisievert (mSv) par an	
<b>1. Exposition naturelle par source</b>			
1.1	rayonnements cosmiques (au niveau de la mer)	env. 0,3	
1.2	rayonnements terrestres externes à l'extérieur (5 h/jour) à l'intérieur des maisons (19 h/jour)	env. 0,4	env. 0,1 env. 0,3
1.3	produits de filiation de radon (par inhalation) à l'extérieur (5 h/jour) à l'intérieur des maisons (19 h/jour)	env. 1,1	env. 0,2 env. 0,9
1.4	ingestion de substances radioactives naturelles	env. 0,3	
<b>Chiffre total de l'exposition naturelle aux rayonnements</b>		env. 2,1	
<b>2. Exposition artificielle par source</b>			
2.1	retombées des essais nucléaires	<0,01	
2.2	accident dans la centrale nucléaire de Tchernobyl	<0,012	
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. 1,8	env. 0,1
<b>Chiffre total de l'exposition artificielle aux rayonnements</b>		env. 1,8	

\* données de l'année 2009, évaluation faite en 2011

#### 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. 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 du gaz rare radon d'origine naturelle et de ses 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 millisievert (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 présence 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 supérieures à la moyenne dans les régions uranifères mentionnées ci-dessus, mais les mêmes concentrations sont également observées 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 becquerel par mètre cube ( $Bq/m^3$ ).

## **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 millisievert (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 le plus grave accident de réacteur constaté jusqu'à présent 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 jusqu'à 100.000 becquerel par mètre carré ( $Bq/m^2$ ).

En 2010, 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 2009, la dose efficace moyenne due au radiocésium ingéré avec la nourriture est estimé à 0,001 millisievert (mSv). En Allemagne du Sud, cette exposition peut atteindre 0,01 millisievert (mSv). Dans cette région, c'est surtout la contamination en Cs-137 de la viande de sanglier qui surpasse occasionnellement la valeur maximale autorisée de 600 becquerel par kilo ( $Bq/kg$ ).

## 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 2009. En 2010, 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.

Des données de mesure et des connaissances en rapport avec les désastres des réacteurs de Fukushima en février 2011 seront publiées dans le report des Offices Coordinateurs de l'Etat Fédéral et de l'Office Fédérale de Radioprotection sous le titre „Umweltradioaktivität in Deutschland / Methoden / Daten und Bewertung / Erkenntnisse aus den Ereignissen in Fukushima“ (en préparation).

## 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 2010 près de 377.000 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 340.000) était de 0,12 millisievert (mSv) en 2010. Pour environ 82% des personnes surveillées, la dose individuelle était de 0 millisievert (mSv) pendant toute la période de surveillance. Les personnes surveillées chez lesquelles une dose a pu être constatée (environ 59.800) ont présenté une dose individuelle moyenne de 0,67 millisievert (mSv) (année précédente: 0,84 millisievert (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 millisievert (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 2010, environ 36.800 personnes étaient affectées par cette réglementation (année précédente: 36.600 personnes). Leur dose moyenne annuelle s'élevait à 2,3 millisievert (mSv) (année précédente: 2,4 millisievert (mSv)).

## 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 2009, la radioexposition médicale était d'environ 1,8 millisievert (mSv) par habitant. Les procédures de diagnostic en médecine nucléaire représentaient environ 0,1 millisievert (mSv) de cette exposition. L'exposition due aux examens radiographiques estimée pour la période comprise entre 2007 jusqu'à 2009 était légèrement en-dessous des valeurs déclarées dans les années 2004 à 2006, étant donné que l'analyse depuis 2007 a pris en compte des valeurs de dose d'actualité déclarées par les *Ärztliche Stellen*. Il ne reste pas moins qu'on constate globalement 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 2009. La fréquence des examens radiographiques en Allemagne a néanmoins baissé globalement durant cette période ; en moyenne, environ 1,65 examens radiographiques ont été réalisés par habitant en 2009. La tendance à la hausse de la dose efficace moyenne résulte pour l'essentiel de l'augmentation constante du nombre d'exams tomodynamométriques (scanner). Bien que les examens tomodynamométriques ne représentaient qu'environ 8% de tous les examens radiographiques en 2009, 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 tomodynamométrie ont tous progressés en même temps entre 1996 et 2009. 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 tomodynamométrie.

## Manipulation de substances radioactives dans le domaine de la recherche et des technologies

L'application de rayonnements ionisants et de substances radioactives à des fins techniques et dans la recherche n'a pas changé par rapport à l'année précédente. La radioexposition des individus et de la population générale, due aux appareils techniques, est limitée et maintenue le plus bas possible par les stipulations du Règlement sur les Rayons X (*Röntgenverordnung*) et du Règlement sur la protection contre les rayonnements (*Strahlenschutzverordnung*).

## 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 Sûreté 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 2010, le stock de déchets radioactifs peu thermogènes conditionnés était de 96.513 mètre cube (m<sup>3</sup>). Le stock de produits intermédiaires et de déchets non-traités peu thermogènes était de 10.295 mètre cube (m<sup>3</sup>) et de 17.517 mètre cube (m<sup>3</sup>) respectivement.

Le stock de déchets radioactifs thermogènes conditionnés s'élevait à 674 mètre cube (m<sup>3</sup>) en 2009. D'autres 1.251 mètre cube (m<sup>3</sup>) de déchets thermogènes étaient entreposés en tant que produits intermédiaires. Jusqu'au 31 décembre 2010, la quantité de métaux lourds (uranium + plutonium) provenant d'éléments combustibles irradiés s'élevait à 13.471 tonnes en Allemagne. De cette quantité, 6.662 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 70% des incidents déclarés au cours de l'année 2010 avait trait à la découverte de substances radioactives, le plus souvent dû à des activités d'élimination non conformes à la réglementation. Aucun des incidents entraînait une menace radiologique importante. Par suite de défaillance humaine (p. ex. erreurs de réglage de l'installation ou d'identification de patients) dans des établissements médicaux, des expositions erronées sont survenues dans le cadre de radiothérapies. Par la suite, on a modifié les séquences de travail ou institué des contrôles additionnels. Lors d'un accident à un service de médecine nucléaire, une personne subit une contamination par des substances radioactives. En dépit de contre-mesures prises immédiatement, une exposition considérable des zones concernées apparaîtrait. Par conséquent, on a temporairement interdit l'entrée aux espaces concernés.

## Rayonnements non ionisants

L'avancée technologique provoque une augmentation du nombre de sources contribuant à une exposition du public aux rayonnements non ionisants. En 2010, 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 2010, 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 2010 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.

En ce qui concerne les rayonnements optiques, ce sont surtout les impacts sur la santé sur le long terme causés par les rayonnements UV qui justifient d'initier de nouveaux projets de recherche et d'améliorer la communication des risques et les mesures d'informations du BfS. On constate une croissance inquiétante du nombre de cancers de la peau dû à une modification des activités de loisirs qui a commencé il y a quelques décennies. Face à cette situation, le BfS a continué en 2010 de soutenir la mise en place de mesures visant à réduire l'exposition de la population aux rayonnements UV. Les mesures continues du taux de rayonnement UV naturel dans le cadre de la surveillance UV établie en Allemagne depuis 1993 et réalisée conjointement par le BfS, l'Office fédéral de l'environnement (*Umweltbundesamt - UBA*) et cinq autres institutions ainsi que la publication de l'index UV basé sur les résultats des mesures en constituent des éléments majeurs. Les données collectées pour 2010 ont fait état de valeurs maximales de l'index UV supérieures à 8 surtout au début de l'été, une intensité du rayonnement UV donc, qui exige impérativement des mesures de protection. En ce qui concerne l'utilisation de rayonnement UV artificiel, le BfS avait établi une procédure de certification volontaire des solariums il y a presque 10 ans. Ce n'était qu'une fraction des solariums qui se sont soumis à cette procédure selon les critères du BfS, et seulement quelques-uns d'entre eux ont mis en oeuvre ces critères de manière correcte et complète. Il s'est avéré qu'une protection effective du consommateur s'agissant de solariums ne peut être assuré que par un règlement législatif unique. Sur l'initiative du BMU et du BfS, 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. La loi est également la base légale d'un règlement relatif aux solariums. Ce règlement suit les critères de la procédure de certification volontaire et se trouvait dans le stade de concertation politique en 2010.