

Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland

**Bericht der Leitstellen des Bundes und des
Bundesamtes für Strahlenschutz**

Daten und Bewertung für 2002 und 2003

Schriften

Herausgeber:

Angela Trugenberger-Schnabel

Josef Peter

Renate Kanzliwius

Claudia Bernhard

Irene Bergler



Bundesamt für Strahlenschutz

BFS-SCHR-34/05

ISSN 0937-4469
ISBN 3-86509-312-2

Zur Beachtung!

Bfs-Berichte und -Schriften sind kostenpflichtig und werden vertrieben vom

Wirtschaftsverlag NW / Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
Bürgermeister-Smidt-Straße 74-76
27568 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44-0

Salzgitter, Juni 2005

Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland

**Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes
für Strahlenschutz**

Daten und Bewertung für 2002 und 2003

Schriften

Herausgeber:

Angela Trugenberger-Schnabel

Josef Peter

Renate Kanzliwius

Claudia Bernhard

Irene Bergler

VORWORT

Die Notwendigkeit zur Überwachung der Umweltradioaktivität ergab sich ursprünglich als Folge des radioaktiven Fallout der Kernwaffenversuche in den 50er und 60er Jahren. Zur Umsetzung der Verpflichtungen des Euratomvertrags von 1957 und im Zuge der großtechnischen Nutzung der Kernenergie wurde die Überwachung ausgeweitet und zunehmend gesetzlich geregelt, insbesondere durch das 1986 verabschiedete Strahlenschutzvorsorgegesetz. Zusätzlich wurde ab 1990 - nach der Wiedervereinigung – die Überwachung der bergbaulichen Altlasten in den neuen Bundesländer integriert.

Im Rahmen der gesetzlichen Regelung zur Überwachung der Umweltradioaktivität wurden die Leitstellen eingerichtet, die seither einen integralen Bestandteil des Gesamtsystems darstellen. Sie sind jeweils verantwortlich für die Überwachung bestimmter Umweltbereiche, z. B. Luft, Gewässer, Lebensmittel usw. bzw. für bestimmte Überwachungsaufgaben bei kerntechnischen Anlagen, z. B. Abluft und Abwasser.

Die Aufgaben der Leitstellen sind im Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegt. Für den jeweiligen Zuständigkeitsbereich umfassen sie

- die Prüfung und Weiterentwicklung von Probenentnahme-, Analysen- und Messverfahren,
- die regelmäßige Prüfung der Messdaten der Messstellen des Bundes und der amtlichen Messstellen der Länder im Rahmen des Integrierten Mess- und Informationssystems (IMIS),
- die externe Qualitätssicherung der erhobenen Daten durch Organisation und Durchführung von Vergleichsanalysen (Ringversuche),
- die Bereitstellung von Beiträgen und Daten zu Berichten zur Umweltradioaktivität und Strahlenexposition (wie z. B. für die jährlichen Berichte des Bundesumweltministeriums „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ und für die Berichte der EU „Environmental Radioactivity“)
- sowie die Beratung der zuständigen Ministerien des Bundes und der Länder in fachlichen Fragen.

Der vorliegende Bericht der Leitstellen gibt einen Überblick über die Umweltradioaktivität in den Jahren 2002 und 2003. Der Schwerpunkt in den Beiträgen liegt auf der Darstellung aktueller Untersuchungen und Entwicklungen sowie auf der Betrachtung übergreifender radioökologischer Zusammenhänge. Messwertreihen über größere Zeiträume erlauben einen Vergleich der derzeitigen radiologischen Situation mit denjenigen zur Zeit der Kernwaffentests sowie nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl. Neben den Untersuchungen hinsichtlich künstlicher Radionuklide in der Umwelt liegt ein weiterer Schwerpunkt der Erfassung der natürlichen Strahlenexposition und ihrer möglichen Reduktion durch Sanierungsmaßnahmen, insbesondere in der Umgebung bergbaulicher Anlagen. Darüber hinaus wird im vorliegenden Bericht das System zur Überwachung der Umweltradioaktivität auf der Basis der verschiedenen rechtlichen Grundlagen übersichtlich dargestellt sowie eine zusammenfassende Bewertung der Strahlenexposition gegeben.

Februar 2005



Wolfram König

Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz



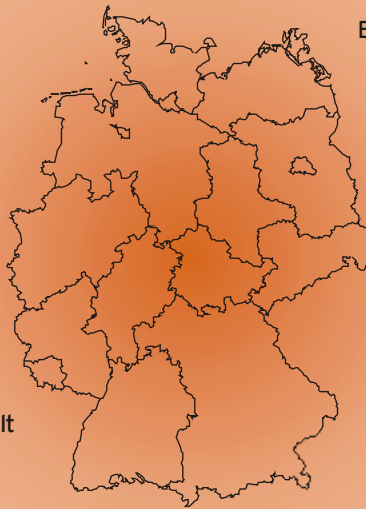
Deutscher
Wetterdienst



Bundesforschungsanstalt
für Fischerei



Bundesamt für
Seeschifffahrt
und Hydrographie



Physikalisch-Technische
Bundesanstalt



BfE

Bundesforschungsanstalt
für Ernährung
und Lebensmittel



Bundesanstalt für
Gewässerkunde

Bundesanstalt für
Gewässerkunde



Bundesamt für Strahlenschutz

ZUSAMMENFASSUNG

Im vorliegenden Bericht werden Daten zur Radioaktivität in der Umwelt und in der Umgebung kerntechnischer Anlagen aus den Jahren 2002 und 2003 zusammengestellt und bewertet.

Strahlenexposition (Kapitel 1, 2)

Die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung betrug im Jahr 2003 etwa 4,0 mSv. Davon entfielen ca. 2,1 mSv auf die **natürliche** Strahlenexposition sowie etwa 1,9 mSv auf die **zivilisatorische** Strahlenexposition.

Die natürliche Strahlenexposition erhöht sich durch den Aufenthalt in Gebäuden um 1,1 mSv durch die Inhalation von Radonzerfallsprodukten. Die mittlere Radonkonzentration in deutschen Wohnungen beträgt 50 Bq/m^3 . Personen, die in Wohnungen mit Radonkonzentrationen zwischen 100 und 200 Bq/m^3 Raumluft wohnen, haben ein um 20% höheres Lungenkrebsrisiko als Personen, die in Wohnungen mit Werten unterhalb von 100 Bq/m^3 leben. Das BfS-Konzept für Strahlenschutzmaßnahmen sieht deshalb bei Neubauten einen Radonzielwert von 100 Bq/m^3 Raumluft vor.

Ableitung radioaktiver Stoffe aus Atomkraftwerken und bergbaulichen Anlagen (Kapitel 3, 4)

Die Genehmigungswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus **Atomkraftwerken** werden nur zu einem geringen Bruchteil ausgeschöpft. Somit unterschreiten auch die aus den Aktivitätsableitungen berechneten Werte der jährlichen Strahlenexposition erheblich die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte von beispielsweise 0,3 mSv für die effektive Dosis und 0,9 mSv für die Schilddrüsendosis. Die mit den konservativen Annahmen, die für die Referenzperson vorgegeben sind, berechneten Expositionswerte in der Umgebung der Atomkraftwerke liegen unter 0,01 mSv pro Jahr.

Die Jahresgenehmigungswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer in der Umgebung **bergbaulicher Anlagen** wurden 2002 und 2003 ausnahmslos eingehalten. Das gleiche gilt für die ^{222}Rn -Ableitungen und die Ableitungen langlebiger Alphastrahler in die Luft. Zur Unterstützung von Sanierungsentscheidungen hat das BfS einen „Leitfaden zur radiologischen Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten“ entwickelt.

Radioaktive Stoffe in der Luft und im Niederschlag (Kapitel 5, 6)

Die Messung der Gesamt- β -Aktivität im **Niederschlag** ergab für das Jahr 2002 einen Mittelwert von 62 Bq/m^2 und für 2003 einen Mittelwert von 48 Bq/m^2 .

Der Grundpegel von ^{85}Kr in der **Luft** ist in den vergangenen Jahren weiter leicht angestiegen. Der Medianwert lag z.B. für Freiburg bei etwa $1,5 \text{ Bq/m}^3$. Die Summe der Beiträge von ^{85}Kr und ^{133}Xe zur Ortsdosisleistung liegt unter 30 nSv pro Jahr.

Sowohl in der Luft als auch im Niederschlag wurden keine Werte registriert, die oberhalb des vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl gemessenen Pegels lagen.

Spurenanalyse und Aktivitätsnormale (Kapitel 7, 8)

Bei den beschriebenen kurzzeitigen Erhöhungen der Aktivitätskonzentrationen von ^{40}K und ^{137}Cs im Spurenbereich handelte es sich um Ereignisse, die unterhalb jeglicher Dosisrelevanz lagen. Im Fall des ^{40}K handelt es sich um eine „anthropogene Freisetzung“ eines natürlichen Radionuklids (Silvesterfeuerwerk). Das Beispiel des ^{137}Cs zeigt dagegen einen natürlichen atmosphärischen Verfrachtungsvorgang eines anthropogenen Radionuklids (Tschernobyl-Fallout) über eine große Entfernung.

Im Berichtszeitraum hat die PTB 11 IMIS-Ringversuchsmaterialien und 33 Materialien im Rahmen internationaler Ringversuche untersucht. Die Spurenmessstelle der PTB hat im Berichtszeitraum keine radiologisch relevanten Besonderheiten festgestellt.

Radioaktive Stoffe in Binnengewässern, Trink- und Grundwasser (Kapitel 9, 10)

Die Überwachung der **Binnengewässer** zeigt, dass die natürlichen Radionuklide den wesentlichen Anteil zur Strahlendosis beitragen. Der Dosisanteil der künstlichen Radionuklide geht heute in erster Linie auf die Radionuklide ^{90}Sr und ^{137}Cs zurück, die über den Fallout der Kernwaffenversuche und des Reaktorunfalls von Tschernobyl in die Gewässer gelangten. Demgegenüber sind die Auswirkungen von Radionukliden infolge

von Ableitungen aus kerntechnischen Anlagen vernachlässigbar.

Eine Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Aufnahme künstlicher radioaktiver Stoffe mit dem **Trinkwasser** ist sehr niedrig. Legt man die Maximalwerte für ^{137}Cs und ^{90}Sr zugrunde, ergeben sich bei einem angenommenen jährlichen Trinkwasserverzehr von 700 Litern für den Erwachsenen Ingestionsdosen von 0,00018 bzw. 0,00020 Millisievert pro Jahr.

Im Hinblick auf die Erarbeitung geeigneter Mess- und Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Indikatorparameters „Gesamtrichtdosis“ hat das BMU das BfS mit der Durchführung repräsentativer Messungen des Gehaltes an natürlichen Radionukliden im Trinkwasser beauftragt, um auf dieser Grundlage eine Bewertung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland durch den Konsum von Trinkwasser zu ermöglichen.

Radioaktive Stoffe in Nord- und Ostsee sowie in Fischen (Kapitel 11, 12, 13)

Die Einleitungen in die **Nordsee** aus den Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield und La Hague nehmen seit vielen Jahren für die meisten Radionuklide deutlich ab. Neben dem Einstrom von Ostseewasser stellt das Sediment der Irischen See die zweitstärkste Quelle für ^{137}Cs dar. Trotz der niedrigen Konzentrationen künstlicher Radionuklide kann man noch einen Einfluss der Wiederaufbereitungsanlagen bei den Transurankonzentrationen im Wasser erkennen. Die Konzentrationen der meisten künstlichen Radionuklide übersteigen meist nur noch geringfügig die Konzentration im offenen Atlantikoberflächenwasser durch den globalen Fallout.

Die **Ostsee** weist nach wie vor höhere Konzentrationen an ^{137}Cs auf als die Nordsee. Dies ist auf den Fallout aus dem Unfall von Tschernobyl zurückzuführen. Im Wasser sind auch leicht höhere Konzentrationen an ^{90}Sr im Vergleich zur Nordsee nachzuweisen. Dieses Radionuklid stammt, wie auch die Transurannuklide, überwiegend aus dem globalen Fallout der atmosphärischen Kernwaffentests.

Der Tschernobyl-Fallout bei Meeresfisch spielte nur in der Ostsee eine Rolle. Der mittlere ^{137}Cs -Gehalt ist dort 2003 nur geringfügig höher als im Mittel bei Fischen aus Binnenseen. Eine größere Bedeutung hatte der Fallout zunächst für die Fische der Binnengewässer, vor allem der Binnenseen. Bis 2003 war hier jedoch ein deutlicher Rückgang der mittleren ^{137}Cs -Aktivität auf etwa 2,5 Bq/kg FM zu verzeichnen.

Die Aktivitätskonzentration von ^{137}Cs in Fischen aus **Süßwasser** nahm nach Tschernobyl zunächst mit effektiven Halbwertszeiten von etwa 1-4 Jahren und später von 6-30 Jahren ab. Eine Modellierung mit IMIS- und REI-Messdaten bestätigt diesen Sachverhalt und liefert für die erste Halbwertszeit Medianwerte von 0,63 Jahren (Seen) und 0,61 Jahren (Flüsse). Für die zweite Halbwertszeit liefert sie Medianwerte von 11 Jahren (Seen) und 9 Jahren (Flüsse).

Boden, Pflanzen, Futtermittel, Gesamtnahrung sowie Milch- und Milchprodukte (Kapitel 14, 15, 16, 17)

Die gleichmäßige Verteilung des $^{239,240}\text{Pu}$ im **Boden** des Bundesgebietes lässt den Schluss zu, dass dies durch den Kernwaffenfallout bedingt ist. Wäre eine nennenswerte Deposition an Plutonium nach dem Tschernobylunfall erfolgt, so würde man eine viel inhomogenere Verteilung erwarten.

Der Gehalt von ^{137}Cs in **Rohmilch** lag im Jahr 2003 bei etwa 2,5 Bq/kg. **Milchfertigprodukte** für Säuglinge waren mit durchschnittlich 0,4 Bq/kg ^{137}Cs kontaminiert. Die mittlere jährliche Aktivitätszufuhr durch Nahrungsaufnahme betrug 2003 etwa 104 Bq für ^{137}Cs und 43 Bq für ^{90}Sr .

Die Auswertungen der **Ringanalyse 2002/2003** zeigen ein zufriedenstellendes Gesamtergebnis. Dies ist unter anderem auch der Tatsache zuzuschreiben, dass die Geräte- und Softwarehersteller inzwischen Systeme liefern, die leistungsfähig, ausgereift und einfach zu bedienen sind, so dass gammaspektrometrische Messungen und die Auswertung der Spektren mit begrenzten Kenntnissen in der Radiochemie und der kernphysikalischen Messtechnik zu bewältigen sind. Die Umfrage bezüglich der Ausrüstung der Laboratorien bestätigt, dass in jüngster Zeit beträchtliche Investitionen für modernste Hard- und Software getätigt wurden. Bezeichnend für das gute Ergebnis sind die niedrigen Mittelwerte der Laborabweichungen, die nach der Eliminierung der wenigen Ausreißer für ^{134}Cs bei 8,5%, für ^{127}Cs bei 6,4%, für ^{40}K bei 8,5% und für ^{90}Sr bei 14,1% lagen.

Radioaktive Stoffe in Reststoffen und Abfällen, Abwasser und Klärschlamm (Kapitel 18, 19)

Es ist festzustellen, dass der Gehalt an ^{137}Cs bei **Reststoffen und Abfällen** noch durch den Fallout nach

dem Reaktorunfall von Tschernobyl bestimmt wird, was durch häufig höhere Werte im südlichen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland gegenüber den anderen Gebieten zum Ausdruck kommt.

Der zeitliche Verlauf der Jahresmittelwerte für die ^{137}Cs -Gehalte der **Klärschlämme** der einzelnen Bundesländer zeigt die bisherige Tendenz zur Abnahme der Kontamination. Diese ist mit Ausnahme von Baden-Württemberg nur noch schwach ausgeprägt. In wenigen Fällen ist sie noch zu beobachten, z.B. in Thüringen und im südlichen Bayern.

Tabakerzeugnisse, Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände (Kapitel 20)

Die Belastung von Ausgangsstoffen für Arzneimittel mit ^{137}Cs (z.B. Pfefferminzblätter für Tees) nahm im Beobachtungszeitraum von 1993 - 2000 tendenziell ab und ist seit 2001 annähernd konstant.

SUMMARY

In this report data on radioactivity in the environment and in the area surrounding nuclear facilities have been compiled and evaluated for the years 2002 and 2003.

Radiation Exposure (Chapters 1, 2)

In 2003 the mean radiation exposure of the population amounted to about 4.0 mSv. Of this, about 2.1 mSv could be attributed to **natural** radiation exposure as well as about 1.9 mSv to radiation exposure **of civilisation**.

Natural radiation exposure increases due to the stay in buildings by 1.1 mSv through the inhalation of radon decay products. The mean indoor radon concentration in German habitations is 50 Bq/m^3 . People living in dwellings where the indoor radon concentration lies between 100 and 200 Bq/m^3 have a risk of developing lung cancer that is 20% greater than that of people living in dwellings where the radon concentration is lower than 100 Bq/m^3 . BfS thus developed a concept for radiation protection measures which recommends a target value for radon in new dwellings of 100 Bq/m^3 in the compartment air.

Discharge of Radioactive Substances from Nuclear Power Plants and Mining Facilities (Chapters 3, 4)

The licensed values for the discharge of radioactive substances via exhaust air and waste water from **nuclear power plants** are only exhausted at a small fraction. Thus also the values of annual radiation exposure which are calculated from the activity discharges fall considerably below the dose limits laid down in the Radiation Protection Ordinance of, e. g., 0.3 mSv for the effective dose and 0.9 mSv for the thyroid gland dose. The exposure values in the area surrounding the nuclear power plants which are calculated with the conservative assumptions given for the reference person are below 0.01 mSv per year.

Without exception, the licensed annual values for the discharge of radioactive substances into the surface waters of the area surrounding **mining facilities** were kept in 2002 and 2003. The same applies to the ^{222}Rn discharges and the discharges of long-lived alpha emitters into the air. In order to support decisions on remediation measures BfS has elaborated a "Guide for the radiological investigation and evaluation of mining relics".

Radioactive Substances in Air and Precipitation (Chapters 5, 6)

The measurement of the total β activity in **precipitation** amounted in 2002 to a median value of 62 Bq/m^2 and for 2003 to a median value of 48 Bq/m^2 .

The basic level of ^{85}Kr in the **air** continued to increase slightly during the last years. The median value e. g. for Freiburg was at about 1.5 Bq/m^3 . The sum of the contributions from ^{85}Kr and ^{133}Xe to the dose rate is below 30 nSv per year.

Neither in the air nor in precipitation were values registered which were above the level measured prior to the Chernobyl reactor accident.

Trace Analysis and Activity Normals (Chapters 7, 8)

The described short-term increases of activity concentrations of ^{40}K and ^{137}Cs in traces were incidents which

were below all dose relevance. In the case of the ^{40}K it was an “anthropogenic release” of a natural radionuclide (New Year’s eve fireworks). The example of the ^{137}Cs , however, shows a natural atmospheric transport process of an anthropogenic radionuclide (Chernobyl fallout) over a large distance.

During the report period PTB examined 11 IMIS intercomparison materials and 33 materials within the scope of international intercomparisons. The PTB trace measuring facility did not detect any radiologically relevant anomalies during the report period.

Radioactive Substances in Inland Waters, Drinking Water and Groundwater (Chapters 9, 10)

The monitoring of **inland waters** shows that the major contribution to the radiation dose comes from the natural radionuclides. Today the dose rate of the artificial radionuclides is mostly due to the radionuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs which reached the water via the fallout of nuclear weapons tests and the reactor accident of Chernobyl. In contrast, the effects of radionuclides due to discharges from nuclear facilities are negligible.

Radiation exposure of the population due to artificial radioactive substances via **drinking water** is very low. Taking the maximum values for ^{137}Cs and ^{90}Sr as a basis, ingestion doses of 0.00018 or 0.00020 mSv per year, respectively, result for an adult, assuming an annual drinking water consumption of 700 litres.

With regard to the elaboration of appropriate measuring and calculation methods for the determination of the indicator parameter “total recommended dose”, BMU charged BfS with the performance of representative measurements of the natural radionuclides content in drinking water, in order to enable an evaluation of the radiation exposure of the population in the Federal Republic of Germany due to the consumption of drinking water on this basis.

Radioactive Substances in North Sea and Baltic Sea and in Fish (Chapters 11, 12, 13)

Discharges into the **North Sea** from the Sellafield and La Hague reprocessing plants have clearly decreased for many years for most radionuclides. Besides the inflow of water from the Baltic Sea the sediment of the Irish Sea is the second strongest source of ^{137}Cs . Despite the low concentrations of artificial radionuclides an influence of the reprocessing plants in the transuranium concentrations in the water can be recognised. In most cases, the concentrations of most artificial radionuclides only slightly exceed the concentration in the open Atlantic surface water due to the global fallout.

The **Baltic Sea** still shows higher concentrations of ^{137}Cs than does the North Sea. This can be attributed to the fallout from the Chernobyl accident. Also slightly higher concentrations of ^{90}Sr compared to the North Sea can be detected in the water. This radionuclide originates – as do the transuranium nuclides – mainly from the global fallout of the atmospheric nuclear weapons tests.

Only in the Baltic Sea did the Chernobyl fallout in the case of sea fish play a role. The mean ^{137}Cs content there was only slightly higher in 2003 than on average in fish in lakes. Of greater importance was the fallout initially to the fish in lakes. Up to 2003, however, a clear decrease of the mean ^{137}Cs activity could be registered to about 2.5 Bq/kg FM.

After Chernobyl, the activity concentration of ^{137}Cs in fish from sweet water decreased at first with effective half-lives of about 1-4 years and later on of 6-30 years. A modelling with IMIS and REI measuring data confirms this fact and provides for the first half-life median values of 0.63 years (lakes) and 0.61 years (rivers). For the second half-life it provides median values of 11 years (lakes) and 9 years (rivers).

Soil, Plants, Feedstuffs, Total Food as well as Milk and Dairy Products (Chapters 14, 15, 16, 17)

The regular distribution of $^{239,240}\text{Pu}$ in the **soil** of the federal territory admits the conclusion that this is due to the nuclear weapons tests fallout. If a noteworthy deposition of plutonium had occurred after the Chernobyl accident, one would expect a much more inhomogeneous distribution.

In 2003 the content of ^{137}Cs in **raw milk** was at about 2.5 Bq/kg. **Finished dairy products** for babies were contaminated with 0.4 Bq/kg ^{137}Cs on average. The mean annual activity uptake through ingestion amounted to about 104 Bq for ^{137}Cs and 43 Bq for ^{90}Sr .

The analyses of the **intercomparisons 2002/2003** show a satisfactory total result. Among others, this can be attributed to the fact that the instrument and software manufacturers meanwhile provide systems which are efficient, technically mature and easy to operate, so that gamma spectrometric measurements and the anal-

ysis of the spectrums can be managed, even with limited knowledge in radiochemistry and nucleonic measuring technology. The survey regarding the equipment of laboratories confirms that most recently considerable investments have been made for most modern hardware and software. The low median values of the laboratory deviations - which were 8.5% for ^{134}Cs , 6.4% for ^{127}Cs , 8.5% for ^{40}K and 14.1% for ^{90}Sr after the few peaks had been eliminated - are characteristic for the good result.

Radioactive Substances in Residues and Waste, Waste Water and Clearing Sludge (Chapters 18, 19)

It has to be stated that the ^{137}Cs content in **residues and wastes** is still determined by the fallout after the reactor accident of Chernobyl, which can frequently be seen through higher values in the southern area of the Federal Republic of Germany compared to the other areas.

The temporal course of the annual median values for the ^{137}Cs contents of the **clearing sludge** of the single *Laender* shows the previous tendency that contamination decreases. Except for Baden-Württemberg this tendency is not so much pronounced. In few cases it can still be observed, e. g. in Thuringia and in southern Bavaria.

Tobacco Products, Medicaments and their Raw Material as well as Consumer Goods (Chapter 20)

The exposure with ^{137}Cs of raw materials for medicaments (e. g. peppermint leaves in tea) decreased in the observation period from 1993 to 2000 and has nearly been constant since 2001.

RÉSUMÉ

Le présent rapport rassemble des données, établies dans les années 2002 et 2003, concernant la radioactivité dans l'environnement et aux abords des installations nucléaires et porte sur leur évaluation.

L'exposition radiologique (chapitres 1, 2)

En l'année 2003, l'irradiation moyenne de la population allemande s'élevait à environ 4,0 mSv. L'irradiation **naturelle** contribuait environ 2,1 mSv et l'**irradiation artificielle** était d'environ 1,9 mSv.

L'irradiation naturelle est dans certain cas amplifiée par l'activité humaine, donc la présence de personnes dans les bâtiments y inhalant les descendants du radon incite l'irradiation naturelle à augmenter de 1,1 mSv. La concentration moyenne du radon constatée dans les logements allemands s'élève à 50 Bq/m³. Le risque d'être atteint de cancer du poumon s'accroît de 20% pour les personnes habitant des logements où la concentration du radon dans l'air du local s'élève à entre 100 et 200 Bq/m³ en comparaison avec les personnes habitant des logements où la concentration n'atteint pas les 100 Bq/m³. L'Office fédéral pour la Radioprotection (BfS) a donc conçu des mesures de radioprotection qui recommandent une valeur cible pour le radon dans les bâtiments nouveaux de 100 Bq/m³ dans l'air du local.

Rejet de matières radioactives par les centrales nucléaires et les installations minières (chapitres 3, 4)

Le pourcentage de matières radioactives contenues dans l'air d'échappement et dans les effluents des **centrales nucléaires** ne représente qu'une très petite partie des valeurs autorisées pour le rejet. Les valeurs de l'irradiation annuelle, calculées à partir des rejets d'activité, restent donc considérablement inférieures aux valeurs limites de dose fixées par l'Ordonnance sur la Radioprotection, étant par exemple de 0,3 mSv pour la dose efficace et de 0,9 mSv pour la dose thyroïde. Les valeurs d'irradiation aux abords des centrales nucléaires, qui sont évaluées pour une personne de référence sur la base d'estimations conservatrices, ne dépassent pas 0,01 mSv par an.

Dans les années 2002 et 2003, les valeurs annuelles autorisées pour le rejet de matières radioactives dans les eaux de surface à l'entourage des **installations minières** ont été respectées sans exception. Les valeurs autorisées pour le rejet dans l'air de ^{222}Rn et des émetteurs de rayons alpha à vie longue ont également été observées. L'Office fédéral pour la Radioprotection (BfS) a élaboré un « guide de l'étude et l'évaluation radiologiques de résidus miniers » afin de soutenir les décisions concernant des mesures d'assainissement.

Les matières radioactives contenues dans l'air et dans les précipitations (chapitres 5, 6)

Le total de l'activité bêta mesurée dans les **précipitations** s'élevait à une valeur moyenne de 62 Bq/m² pour

l'année 2002 et de 48 Bq/m² pour l'année 2003.

Le niveau de base de ⁸⁵Kr contenu dans l'air a continué d'augmenter faiblement dans les dernières années. A Fribourg (Allemagne), p. ex., la valeur médiane était d'environ 1,5 Bq/m³. Le total contribué par ⁸⁵Kr et ¹³³Xe au débit de dose local est inférieur à 30 nSv par an.

Des valeurs supérieures au niveau mesuré avant l'accident nucléaire de Tchernobyl n'ont pas été enregistrées, ni dans l'air, ni dans les précipitations.

L'analyse de traces et les normales d'activité (chapitres 7, 8)

L'augmentation à court terme de l'activité volumique de ⁴⁰K et ¹³⁷Cs dans le domaine des traces, figurant dans ce rapport, était inférieure à toute dose importante. Dans le cas du ⁴⁰K il s'agissait d'un « dégagement anthropogène » d'un radionucléide naturel (feu d'artifice à l'occasion de la Saint Sylvestre). L'exemple du ¹³⁷Cs montre un transfert atmosphérique naturel d'un radionucléide anthropogène (les retombées de Tchernobyl) à travers une grande distance.

Pendant la période comprise par le rapport, l'office fédéral de physique et de technique (PTB) a étudié 11 matériaux d'intercomparaison en rapport avec l'IMIS (système de mesure et d'information intégré pour le contrôle de la radioactivité de l'environnement) et 33 matériaux dans le cadre d'études d'intercomparaison internationales. Le poste pour la mesure de traces au sein du PTB n'a établi aucune singularité qui soit d'importance radiologique pendant cette période.

Les matières radioactives contenues dans les eaux intérieures, l'eau potable et la nappe phréatique (chapitres 9, 10)

Le contrôle des **eaux intérieures** démontre que ce sont les radionucléides naturels qui contribuent essentiellement à la dose de rayonnement. Aujourd'hui, la part des radionucléides artificiels contribué à la dose de rayonnement provient principalement des radionucléides ⁹⁰Sr et ¹³⁷Cs, qui étaient introduits dans les eaux par les retombées des essais d'armes nucléaires et de l'accident nucléaire de Tchernobyl. Par contre, les effets causés par les radionucléides contenus dans les rejets des installations nucléaires sont négligeable.

L'exposition radiologique de la population due aux matières artificielles radioactives contenues dans l'**eau potable** est très faible. Partant des valeurs maximales pour le ¹³⁷Cs et le ⁹⁰Sr et d'une consommation d'eau potable qui s'élève à 700 litres par an pour un adulte, on obtient une dose d'ingestion de 0,00018 et 0,00020 mSv par an, respectivement.

Le Ministère fédéral de l'Environnement (BMU) cherche à élaborer des méthodes de mesure et de calcul destinées à définir un paramètre indicatif appelé la « dose totale recommandée ». Ainsi, il a chargé l'Office fédéral pour la Radioprotection (BfS) de procéder à des mesures représentatives de la teneur en radionucléides de l'eau potable, visant à établir une base à l'évaluation de l'exposition radiologique de la population allemande due à la consommation d'eau potable.

Les matières radioactives contenues dans la mer du Nord et la mer Baltique ainsi que dans les poissons (chapitres 11, 12, 13)

Les rejets de matières radioactives dans la **mer du Nord** venant des usines de retraitement de Sellafield et La Hague sont en décroissance depuis plusieurs années pour la plupart des radionucléides. Après l'afflux des eaux provenant de la mer Baltique, le sédiment de la mer d'Irlande est le deuxième source du ¹³⁷Cs. En dépit de la concentration faible des radionucléides artificiels, la concentration de transuraniens dans l'eau permet de discerner l'influence des usines de retraitement. La concentration de la plupart de radionucléides artificiels souvent n'est que faiblement supérieure à la concentration de matières radioactives contenues dans l'eau de surface de l'océan Atlantique en haute mer produite par les retombées mondiales.

La **mer Baltique** présente désormais une concentration de ¹³⁷Cs plus haute que celle de la mer du Nord, ce qui est à ramener aux retombées de Tchernobyl. La concentration de ⁹⁰Sr constatée dans l'eau est aussi légèrement plus élevée en comparaison avec la mer du Nord. Ce radionucléide provient, tout comme les nucléides transuraniens, pour la plupart des retombées mondiales produites par les essais nucléaires atmosphériques.

L'impact des retombées de Tchernobyl sur les poissons de mer n'était d'importance que dans la mer Baltique.

En 2003, la teneur en ^{137}Cs n'y était pas considérablement plus élevée que la valeur moyenne constatée dans les poissons de lac. Les retombées avaient au départ eu un impact beaucoup plus important sur les poissons dans les eaux intérieures, surtout sur ceux dans les lacs. Jusqu'à l'an 2003, l'activité moyenne du ^{137}Cs a pourtant reculé de manière significative pour arriver à environ 2,5 Bq/kg.

Après l'accident nucléaire de Tchernobyl, l'activité volumique du ^{137}Cs constatée dans les poissons d'**eau douce** a diminué, présentant d'abord des périodes effectives de 1 à 4 ans et plus tard de 6 à 30 ans. Un modèle dressé à partir de données mesurées par les systèmes IMIS et REI, qui fournit des valeurs médianes de 0,63 ans (pour les lacs) et 0,61 ans (pour les rivières) comme première période, confirme ce fait. La seconde période s'élève, d'après ce modèle, à des valeurs médianes de 11 ans (pour les lacs) et 9 ans (pour les rivières).

Le sol, les plantes, les aliments pour bétail, l'alimentation totale ainsi que le lait et les produits laitiers (chapitres 14, 15, 16, 17)

Comme le $^{239,240}\text{Pu}$ est réparti également sur le **sol** allemand, on peut en conclure que cette répartition est due aux retombées des essais d'armes nucléaires. Si le plutonium s'était déposé en quantités significatives après l'accident de Tchernobyl, il aurait fallu s'attendre à une répartition beaucoup plus inhomogène.

En 2003, la teneur en ^{137}Cs du **lait cru** s'élevait à environ 2,5 Bq/kg. Les **produits laitiers finis** pour les nourrissons étaient contaminés en moyenne à 0,4 Bq/kg en ^{137}Cs . En moyenne, l'incorporation annuelle par ingestion était d'environ 104 Bq pour le ^{137}Cs et 43 Bq pour le ^{90}Sr .

Le résultat global de l'**essai collectif 2002/2003** est satisfaisant. Ceci doit être attribué, entre autres, aux producteurs des instruments et du logiciel qui fournissent finalement des systèmes puissants, matures et faciles à manier, permettant des mesures par spectrométrie gamma et l'exploitation des spectres même si l'on a des connaissances limitées de la radiochimie et des méthodes de mesure appliquées dans la physique nucléaire. Il a été confirmé dans une enquête au sujet de l'équipement des laboratoires que des investissements considérables ont été réalisés récemment afin d'acquérir le matériel et le logiciel les plus modernes. Le faible niveau des valeurs moyennes des déviations en est une bonne illustration. Après élimination des quelques valeurs aberrantes, les déviations s'élèvent à 8,5% pour ^{134}Cs , 6,4% pour ^{127}Cs , 8,5% pour ^{40}K et 14,1% pour Sr-90.

Les matières radioactives dans les résidus et déchets, les effluents et les boues d'épuration (chapitres 18, 19)

On a pu constater que la teneur en ^{137}Cs des **résidus et déchets** est toujours déterminée par les retombées de Tchernobyl, ce qui s'exprime dans le niveau souvent plus élevé des valeurs mesurées dans le Sud de l'Allemagne, comparé aux autres régions allemandes.

La contamination en ^{137}Cs des **boues d'épuration** a, jusqu'à présent, tendance à diminuer, comme on peut conclure de l'évolution des valeurs moyennes annuelles mesurées dans les Länder. A l'exception du Bade-Wurtemberg, cette tendance n'est plus très prononcée. On ne l'observe que très rarement, p. ex. en Thuringe et dans le Sud de la Bavière.

Les produits du tabac, les produits pharmaceutiques et leurs matières de base ainsi que les articles de première nécessité (chapitre 20)

La contamination en ^{137}Cs des matières de base pour les produits pharmaceutiques (p.ex. les feuilles de menthe pour la préparation de tisanes) avait tendance à diminuer pendant la période de 1993 à l'an 2000, restant à peu près constante depuis 2001.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	3
Zusammenfassung	5
Summary	7
Résumé	9
Inhaltsverzeichnis	13
1 Überwachung der Umweltradioaktivität	14
2 Strahlenexposition in Gebäuden	17
3 Radioaktive Stoffe in der Umwelt als Folge des Bergbaus in den neuen Bundesländern	23
4 Ableitung radioaktiver Stoffe aus Atomkraftwerken	26
5 Radioaktive Stoffe in der Luft	34
6 Radioaktive Stoffe in der Luft und im Niederschlag	40
7 Aktivitätsnormale und Spurenstoffe	44
8 Aktuelle Auffälligkeiten im Bereich der Spurenanalyse	48
9 Radioaktive Stoffe in Binnengewässern	51
10 Radioaktive Stoffe in Trink- und Grundwasser	57
11 Radioaktive Stoffe in Nord- und Ostsee	61
12 Radioaktive Stoffe in Fischen	69
13 Effektive Halbwertszeiten von ^{137}Cs in Fischen aus Binnenseen und Fließgewässern	73
14 Boden, Pflanzen, Futter- und Düngemittel	81
15 Radioaktive Stoffe in Milch und Milchprodukten	88
16 Gesamtnahrung, Säuglings- und Kleinkindernahrung	90
17 Ergebnisse der Ringanalyse 2002/03	92
18 Radioaktive Stoffe in Reststoffen und Abfällen	97
19 Radioaktive Stoffe in Abwasser und Klärschlamm	102
20 Tabakerzeugnisse, Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände	106
Verwendete Abkürzungen	108
Liste der im Text erwähnten Radionuklide	109
SI-Einheiten im Strahlenschutz	111
Präfixe	111
Glossar	112
Sachverzeichnis	114