

## **TEIL III**

### **BERUFLICHE STRAHLENEXPOSITION**

#### ***(Occupational radiation exposures)***

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit, Oberschleißheim und vom Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, Berlin

## 1. Personendosismessungen (*Personal dose measurements*)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit, Oberschleißheim

### 1.1 Vorbemerkungen (*Preliminary remarks*)

Personen, die mit radioaktiven Stoffen umgehen, Röntgenstrahlen anwenden oder an sonstigen Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen tätig sind und sich dabei in Kontrollbereichen aufhalten, unterliegen der physikalischen Strahlenschutzüberwachung nach § 40 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) oder § 35 Röntgenverordnung (RöV) oder beiden Verordnungen. Soweit bei diesen Personen nur die Möglichkeit der Strahlenexposition von außen besteht, also nicht durch Inkorporation radioaktiver Stoffe, erfolgt die Strahlenschutzüberwachung überwiegend mit Hilfe von Personendosismessungen. Dazu werden Personendosimeter von den sechs in den Bundesländern nach Landesrecht zuständigen Personendosismessstellen ausgegeben und ausgewertet. Die amtlichen Personendosimeter sind in der Regel Filmplaketten. Für die Überwachung nach StrlSchV werden in geringer Anzahl auch Radiophotolumineszenz-Dosimeter (Glasdosimeter) und Albedo-Dosimeter ausgegeben.

Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die Personendosisüberwachung und gibt die effektive Dosis durch äußere Strahlung an. In einigen Fällen sind zusätzliche Messungen, z. B. an besonders exponierten Körperstellen (z. B. den Fingern) erforderlich.

### 1.2 Übersicht über alle beruflich strahlenexponierten Personen (*Overview of data for all occupationally exposed persons*)

Die Zahlenangaben in den Tabellen 1.2-1 bis 1.2-4 beruhen auf den Auswertungen des Strahlenschutzregisters im Bundesamt für Strahlenschutz. Im Strahlenschutzregister werden u. a. die monatlichen Dosisfeststellungen der behördlich bestimmten Messstellen in einer zentralen Datenbank personenbezogenen zusammengeführt. Die Gesamtzahl der überwachten Personen und der Betriebe, in denen beruflich strahlenexponierte Personen arbeiten, kann aus Tabelle 1.2-1 entnommen werden. Da 77% der überwachten Personen im Bereich der Medizin tätig sind, ist in dieser Tabelle der Anteil des Arbeitsbereiches Medizin gesondert ausgewiesen.

Bis einschließlich dem Jahr 1999 basieren die Statistiken auf den aggregierten Daten der Messstellen. Dabei entspricht der Anzahl der Überwachten eine geringere Anzahl natürlicher Personen, da es bei Arbeitskräften mit wechselndem Arbeitsplatz zu Mehrfachzählungen kommt. Ab dem Jahr 1999 werden durch die personenbezogene Auswertung im Strahlenschutzregister diese Mehrfachzählungen vermieden. Deshalb sind im Vergleich zu den Vorjahren die Personenzahlen niedriger.

Die amtliche Personendosimetrie bietet den zuständigen Aufsichtsbehörden die Möglichkeit, die Einhaltung der Grenzwerte der Körperdosis nach § 55 und 56 StrlSchV und § 31a und 31b RöV bei den überwachten Personen zu kontrollieren. Für die Mehrzahl der mit Personendosimetern überwachten Personen ist der Grenzwert der effektiven Dosis auf 20 mSv im Jahr festgelegt. Die Gesamtzahl der Personendosisfeststellungen (Tabelle 1.2-2) oberhalb dieses Wertes liegt im Jahr 2002 - bezogen auf die Gesamtzahl der Überwachten - bei 0,008 %.

Da mit den Personendosimetern die Körperdosis nicht unmittelbar gemessen werden kann, bedeutet die Feststellung einer Personendosis, die größer ist als ein Grenzwert der Körperdosis, nicht zwangsläufig bereits eine Überschreitung dieses Grenzwertes, z. B. wenn das Dosimeter während der Exposition nicht am Körper getragen wurde. Dennoch soll ein solches Ereignis den Strahlenschutzverantwortlichen oder -beauftragten veranlassen, unter Aufsicht der zuständigen Behörde die Ursache des Expositionsfalles zu klären und eine Wiederholung verhindern. Soweit die Ergebnisse nachfolgender Ermittlungen bekannt geworden sind, wurden sie in der Tabelle 1.2-2 berücksichtigt.

Die Zusammenstellung der Fälle mit erhöhter Personendosis (Tabelle 1.2-2) gibt nur Aufschluss über den Stand der Einhaltung der Grenzwerte nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung. Ein quantitatives Bild

der Strahlenexposition vermitteln die Häufigkeitsverteilungen der Jahrespersonendosen. Die Jahrespersonendosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister mitgeteilten, gültigen Personendosiswerte einer Person im Kalenderjahr. Die Dosisanteile durch natürliche Strahlenexposition sind bereits subtrahiert. In der Tabelle 1.2-3 ist jeweils für den medizinischen und nichtmedizinischen Arbeitsbereich die Anzahl von Personen angegeben, für die während des ganzen Jahres keine Personendosis bzw. Jahrespersonendosen zwischen 0,1 und 0,2 mSv, zwischen 0,2 und 0,4 mSv usw. registriert wurden. Wurde während des ganzen Jahres die untere Erkennungsgrenze der verwendeten Ganzkörperdosimeter von 0,05 mSv unterschritten, dann wird für die überwachte Person eine Jahrespersonendosis von 0 mSv festgelegt. Demnach wurde für den größten Teil der überwachten Personen keine Personendosis festgestellt. Die gesamte erfasste berufliche Strahlenexposition verteilte sich auf nur rund 15% aller mit Personendosimetern überwachten Personen.

Tabelle 1.2-4 enthält Angaben aus den letzten beiden Jahren über die mittlere Jahrespersonendosis pro überwachter Person und die Jahreskollektivdosis aller mit Personendosimetern überwachten Personen. Die mittlere Jahrespersonendosis im Jahr 2002 betrug 0,15 mSv. Die gegenüber dem nichtmedizinischen Bereich niedrigeren Mittelwerte des medizinischen Bereichs sind im Wesentlichen auf den höheren Anteil an Personen zurückzuführen, die zwar einer regelmäßigen Überwachung unterliegen, jedoch praktisch keine Strahlenexposition erhalten. Die Jahreskollektivdosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister gemeldeten gültigen Personendosiswerte im Kalenderjahr. Im Jahr 2002 betrug sie 47 Personen-Sv.

**Tabelle 1.2-1 Überwachung mit amtlichen Personendosimetern im Jahr 2002**

Anzahl der überwachten Personen und Betriebe, Anteile im medizinischen Arbeitsbereich

*(Monitoring with official personal dosimeters in the year 2002)*

*Number of monitored persons and plants, proportions in the medical occupational area)*

| Bundesland               | Überwachte Personen |         | Überwachte Betriebe |         |
|--------------------------|---------------------|---------|---------------------|---------|
|                          | Gesamt              | Medizin | Gesamt              | Medizin |
| Baden-Württemberg        | 45765               | 31563   | 3615                | 2873    |
| Bayern                   | 56419               | 42667   | 4435                | 3790    |
| Berlin                   | 16710               | 12648   | 1014                | 796     |
| Brandenburg              | 5517                | 4536    | 440                 | 334     |
| Bremen                   | 3121                | 2633    | 265                 | 210     |
| Hamburg                  | 10524               | 6049    | 649                 | 511     |
| Hessen                   | 25801               | 18017   | 1815                | 1458    |
| Mecklenburg-Vorpommern   | 5287                | 3641    | 329                 | 260     |
| Niedersachsen            | 28072               | 21601   | 2467                | 2049    |
| Nordrhein-Westfalen      | 67248               | 54726   | 5820                | 4965    |
| Rheinland-Pfalz          | 14694               | 12247   | 1077                | 924     |
| Saarland                 | 4703                | 4178    | 452                 | 389     |
| Sachsen                  | 11138               | 8979    | 851                 | 617     |
| Sachsen-Anhalt           | 6691                | 5708    | 482                 | 356     |
| Schleswig-Holstein       | 10786               | 8225    | 887                 | 755     |
| Thüringen                | 5385                | 5088    | 362                 | 309     |
| Sonstige Überwachungen** | 1204                | 1006    | 57                  | 43      |
| Gesamtzahl 2002*         | 313741              | 241002  | 24981               | 20629   |
| Anteil Medizin           |                     | 76,8 %  |                     | 82,6 %  |
| Gesamtzahl 2001          | 315741              | 240298  | 25291               | 20837   |
| Anteil Medizin           |                     | 76,1 %  |                     | 82,4 %  |
| Änderung gegenüber 2001  | -0,6 %              | 0,3 %   | -1,2 %              | -1,0 %  |

\* Die Summen über die einzelnen Bundesländer sind größer als die Gesamtzahl der überwachten Personen bzw. Betriebe, da eine Person in mehreren Bundesländern arbeiten kann.

\*\* z. B. Bundeswehr

**Tabelle 1.2-2 Jahrespersonendosen oberhalb von 20 mSv im Jahr 2002**  
(Number of annual personal doses above 20 mSv in the year 2002)

| Bundesland                         | Anzahl der Personendosisfeststellungen >20 mSv/Jahr |         |              |
|------------------------------------|---|---------|--------------|
|                                    | Arbeitsbereich                                      |         |              |
|                                    | Gesamt  | Medizin | Nichtmedizin |
| Baden-Württemberg                  | 8   | 4       | 4            |
| Bayern                             | 7   | 6       | 1            |
| Berlin                             | 1   | 1       |              |
| Brandenburg                        | 1   | 1       |              |
| Bremen                             |   |         |              |
| Hamburg                            |   |         |              |
| Hessen                             | 6   | 3       | 3            |
| Mecklenburg-Vorpommern             |   |         |              |
| Niedersachsen                      | 1   | 1       |              |
| Nordrhein-Westfalen                |   |         |              |
| Rheinland-Pfalz                    |   |         |              |
| Saarland                           |   |         |              |
| Sachsen                            | 2   | 2       |              |
| Sachsen-Anhalt                     |   |         |              |
| Schleswig-Holstein                 | 1   | 1       |              |
| Thüringen                          |   |         |              |
| Gesamtzahl 2002*                   | 25  | 18      | 7            |
| Bezogen auf Überwachtetenzahl 2002 | 0,008%  | 0,007%  | 0,010%       |
| Gesamtzahl 2001                    | 22  | 12      | 10           |
| Bezogen auf Überwachtetenzahl 2001 | 0,007%  | 0,005%  | 0,013%       |

\* Die Summen über die einzelnen Bundesländer sind größer als die Gesamtzahl der überwachten Personen bzw. Betriebe, da eine Person in mehreren Bundesländern arbeiten kann.

**Tabelle 1.2-3 Verteilung der Jahrespersonendosen im Jahr 2002**  
(Distribution of the annual personal doses in the year 2002)

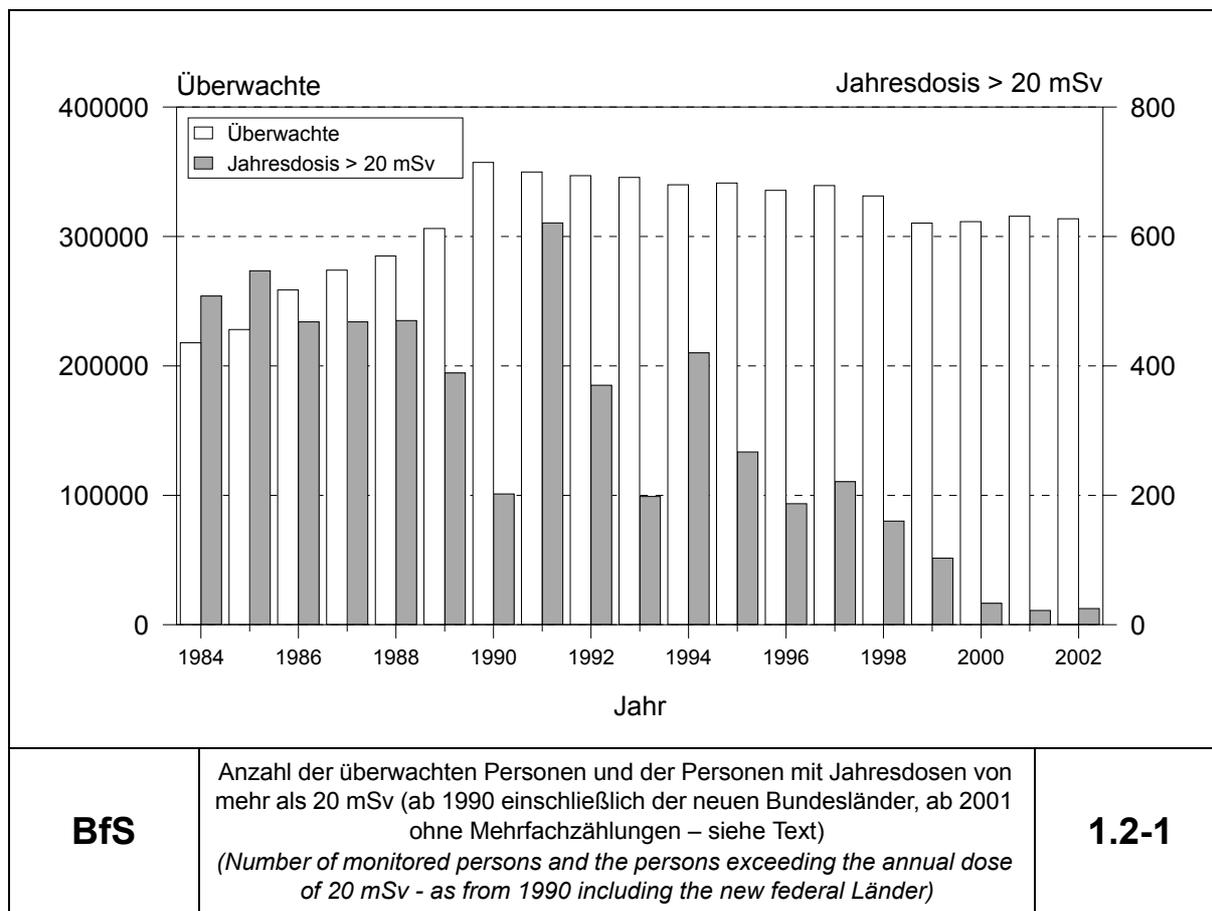
| Dosis<br>mSv   | Gesamt*       |                         | Medizin       |                         | Nichtmedizin |                         |
|----------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
|                | Anzahl        | Kumulativer Anteil in % | Anzahl        | Kumulativer Anteil in % | Anzahl       | Kumulativer Anteil in % |
| H=0            | 266118        | 84,82                   | 210595        | 87,38                   | 55970        | 76,38                   |
| 0<H≤0,2        | 22056         | 91,85                   | 16264         | 94,13                   | 5847         | 84,36                   |
| 0,2<H≤0,4      | 7467          | 94,23                   | 5197          | 96,29                   | 2286         | 87,48                   |
| 0,4<H≤0,6      | 3931          | 95,48                   | 2535          | 97,34                   | 1402         | 89,39                   |
| 0,6<H≤0,8      | 2617          | 96,32                   | 1605          | 98,01                   | 1016         | 90,78                   |
| 0,8<H≤1,0      | 1914          | 96,93                   | 1163          | 98,49                   | 753          | 91,80                   |
| 1<H≤2          | 4466          | 98,35                   | 2277          | 99,43                   | 2195         | 94,80                   |
| 2<H≤4          | 2750          | 99,23                   | 1009          | 99,85                   | 1745         | 97,18                   |
| 4<H≤6          | 933           | 99,53                   | 202           | 99,94                   | 731          | 98,18                   |
| 6<H≤8          | 504           | 99,69                   | 59            | 99,96                   | 446          | 98,79                   |
| 8<H≤10         | 339           | 99,79                   | 28            | 99,97                   | 311          | 99,21                   |
| 10<H≤15        | 495           | 99,95                   | 37            | 99,99                   | 458          | 99,84                   |
| 15<H≤20        | 126           | 99,99                   | 13            | 99,99                   | 113          | 99,99                   |
| H>20           | 25            | 100,00                  | 18            | 100,00                  | 7            | 100,00                  |
| <b>Gesamt*</b> | <b>313741</b> |                         | <b>241002</b> |                         | <b>73280</b> |                         |

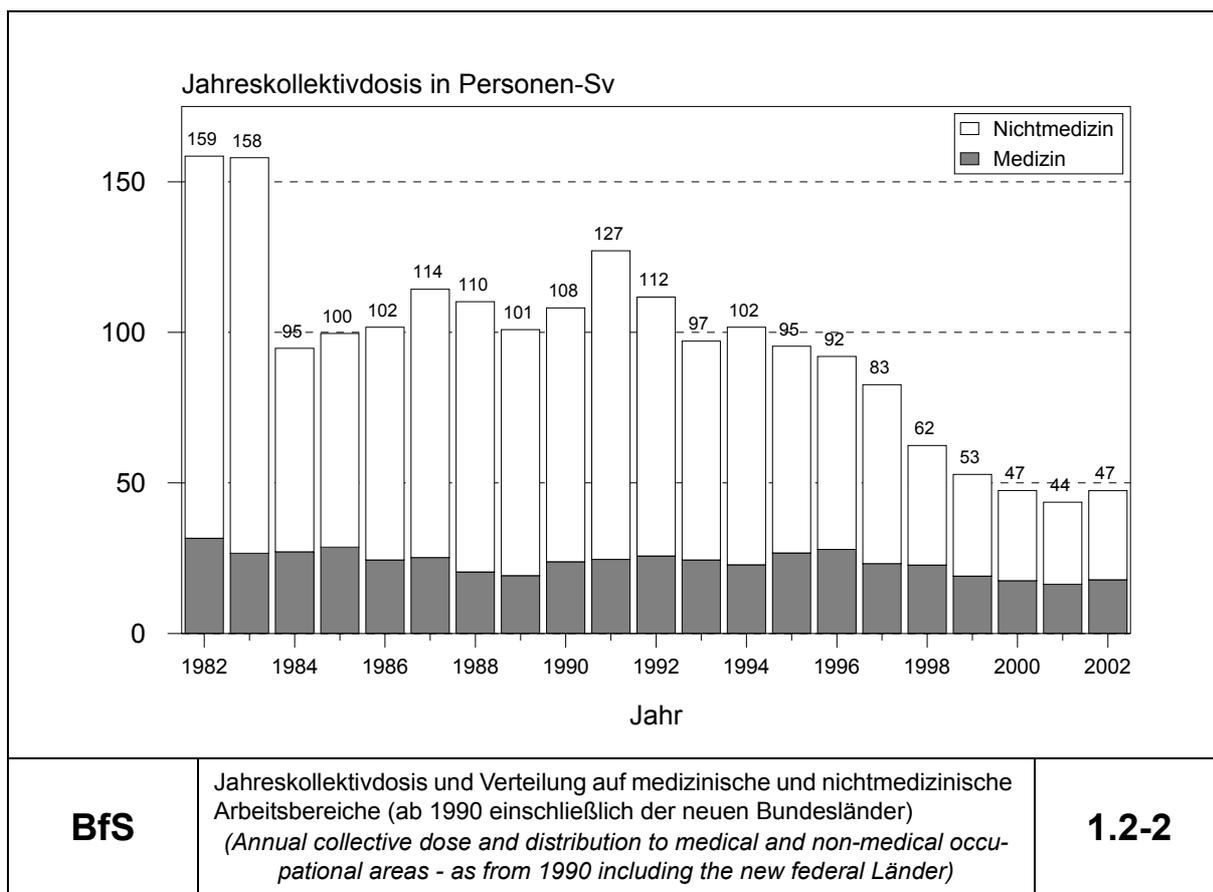
\* Die Summe aus Medizin und Nichtmedizin ist größer als die Gesamtanzahl, da eine Personen in beiden Bereichen arbeiten kann

**Tabelle 1.2-4 Mittlere Jahrespersonendosis und Jahreskollektivdosis der mit Personendosimetern überwachten Personen**  
*(Mean annual individual dose and annual collective dose of the persons monitored by personal dosimeters)*

| Jahr | Gesamt                               |                                     | Medizin                              |                                     | Nichtmedizin                         |                                     |
|------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|      | Mittl. Jahresdosis pro Person in mSv | Jahreskollektivdosis in Personen-Sv | Mittl. Jahresdosis pro Person in mSv | Jahreskollektivdosis in Personen-Sv | Mittl. Jahresdosis pro Person in mSv | Jahreskollektivdosis in Personen-Sv |
| 1992 | 0,32                                 | 112                                 | 0,11                                 | 26                                  | 0,77                                 | 86                                  |
| 1993 | 0,28                                 | 97                                  | 0,10                                 | 24                                  | 0,66                                 | 73                                  |
| 1994 | 0,30                                 | 102                                 | 0,10                                 | 23                                  | 0,75                                 | 79                                  |
| 1995 | 0,28                                 | 95                                  | 0,11                                 | 27                                  | 0,69                                 | 69                                  |
| 1996 | 0,27                                 | 92                                  | 0,12                                 | 28                                  | 0,66                                 | 64                                  |
| 1997 | 0,24                                 | 83                                  | 0,10                                 | 23                                  | 0,61                                 | 59                                  |
| 1998 | 0,19                                 | 62                                  | 0,09                                 | 23                                  | 0,45                                 | 40                                  |
| 1999 | 0,17                                 | 53                                  | 0,08                                 | 19                                  | 0,45                                 | 34                                  |
| 2000 | 0,15                                 | 47                                  | 0,07                                 | 18                                  | 0,40                                 | 30                                  |
| 2001 | 0,14                                 | 44                                  | 0,07                                 | 16                                  | 0,36                                 | 27                                  |
| 2002 | 0,15                                 | 47                                  | 0,07                                 | 18                                  | 0,40                                 | 30                                  |

Die Entwicklung der Zahl überwachter Personen seit 1984 ist in Abbildung 1.2-1 dargestellt. In dieser Abbildung sind auch die Zahlen der festgestellten Personendosen oberhalb von 20 mSv pro Jahr eingetragen. Abbildung 1.2-2 zeigt die Beiträge zur Kollektivdosis aus den Arbeitsbereichen Medizin und Nichtmedizin über den Zeitraum von 1984 - 2002.





**1.3 Übersicht über beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen**  
(Overview of data for occupationally exposed persons employed in nuclear facilities)

Dieser Übersicht liegen Ergebnisse der regelmäßigen Erhebung über beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen durch das BMU und die zuständigen obersten Landesbehörden zu Grunde. Für die Leichtwasserreaktoren (Druck- und Siedewasserreaktoren mit mehr als 200 MW elektrischer Leistung), für die Forschungsreaktoren sowie für die Brennelementfertigung und Wiederaufarbeitung (einschließlich Rückbau der Anlagen) geben die Tabellen 1.3-1 bis 1.3-3 eine Übersicht über das dort tätige Eigen- und Fremdpersonal sowie deren Jahreskollektivdosis.

**Tabelle 1.3-1 Berufliche Strahlenexposition beim Betrieb von Leichtwasserreaktoren**  
(Occupational radiation exposure during the operation of light water reactors)

| Jahr | Zahl der Anlagen | Überwachte Personen |                     | Jahreskollektivdosis (Personen-Sv) durch Photonen |                     |
|------|------------------|---------------------|---------------------|---|---------------------|
|      |                  | gesamt              | davon Fremdpersonal | gesamt  | davon Fremdpersonal |
| 1992 | 20               | 34285               | 28475               | 44  | 37                  |
| 1993 | 20               | 37980               | 30544               | 39  | 33                  |
| 1994 | 20               | 35068               | 29002               | 48  | 42                  |
| 1995 | 20               | 31525               | 25489               | 38  | 32                  |
| 1996 | 19               | 31937               | 25785               | 32  | 28                  |
| 1997 | 19               | 29780               | 23771               | 29  | 25                  |
| 1998 | 19               | 30207               | 24306               | 28  | 24                  |
| 1999 | 19               | 28790               | 22066               | 25  | 21                  |
| 2000 | 19               | 29263               | 22463               | 23  | 20                  |
| 2001 | 19               | 27063               | 21144               | 22  | 18                  |
| 2002 | 19               | 27281               | 20697               | 19  | 17                  |

**Tabelle 1.3-2 Berufliche Strahlenexposition beim Betrieb und Stilllegung von Forschungsreaktoren**  
(Occupational radiation exposure during the operation and decommissioning of research reactors)

| Jahr | Zahl der Anlagen | Überwachte Personen |                      | Jahreskollektivdosis (Personen-Sv) durch Photonen |                      |
|------|------------------|---------------------|----------------------|---|----------------------|
|      |                  | gesamt              | davon Fremd-personal | gesamt  | davon Fremd-personal |
| 1992 | 8                | 2840                | 1259                 | 0,6   | 0,2                  |
| 1993 | 8                | 1381                | 888                  | 0,6   | 0,2                  |
| 1994 | 9                | 1399                | 760                  | 0,7   | 0,3                  |
| 1995 | 8                | 2192                | 1175                 | 0,6   | 0,3                  |
| 1996 | 9                | 2188                | 1252                 | 0,5   | 0,2                  |
| 1997 | 10               | 2247                | 1284                 | 0,7   | 0,4                  |
| 1998 | 8                | 2082                | 1159                 | 1,2   | 0,6                  |
| 1999 | 10               | 2366                | 1347                 | 1,1   | 0,6                  |
| 2000 | 10               | 2104                | 1150                 | 1,2   | 0,6                  |
| 2001 | 10               | 2234                | 1270                 | 0,9   | 0,5                  |
| 2002 | 9                | 1746                | 907                  | 0,4   | 0,3                  |

**Tabelle 1.3-3 Berufliche Strahlenexposition bei der Brennelementherstellung und Wiederaufarbeitung einschließlich Rückbau der Anlagen**  
(Occupational radiation exposure during the production of fuel elements and reprocessing including decommissioning of the plants)

| Jahr | Zahl der Anlagen | Überwachte Personen |                      | Jahreskollektivdosis (Personen-Sv) durch Photonen |                      |
|------|------------------|---------------------|----------------------|---|----------------------|
|      |                  | gesamt              | davon Fremd-personal | gesamt  | davon Fremd-personal |
| 1992 | 6                | 4677                | 3250                 | 2,0   | 0,9                  |
| 1993 | 7                | 6241                | 3923                 | 1,7   | 1,0                  |
| 1994 | 7                | 3965                | 2011                 | 1,0   | 0,4                  |
| 1995 | 8                | 2783                | 1508                 | 0,5   | 0,2                  |
| 1996 | 6                | 1873                | 853                  | 0,4   | 0,1                  |
| 1997 | 6                | 1989                | 1066                 | 0,5   | 0,2                  |
| 1998 | 6                | 1991                | 1173                 | 0,8   | 0,5                  |
| 1999 | 6                | 1338                | 773                  | 0,3   | 0,1                  |
| 2000 | 6                | 2524                | 1582                 | 1,0   | 0,5                  |
| 2001 | 6                | 2259                | 1356                 | 1,2   | 0,7                  |
| 2002 | 7                | 2988                | 1952                 | 1,2   | 0,8                  |

#### 1.4 Berufliche Strahlenexposition durch Radonzerfallsprodukte in den neuen Bundesländern (Occupational radiation exposures from radon daughter products in the new federal Länder)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, Berlin

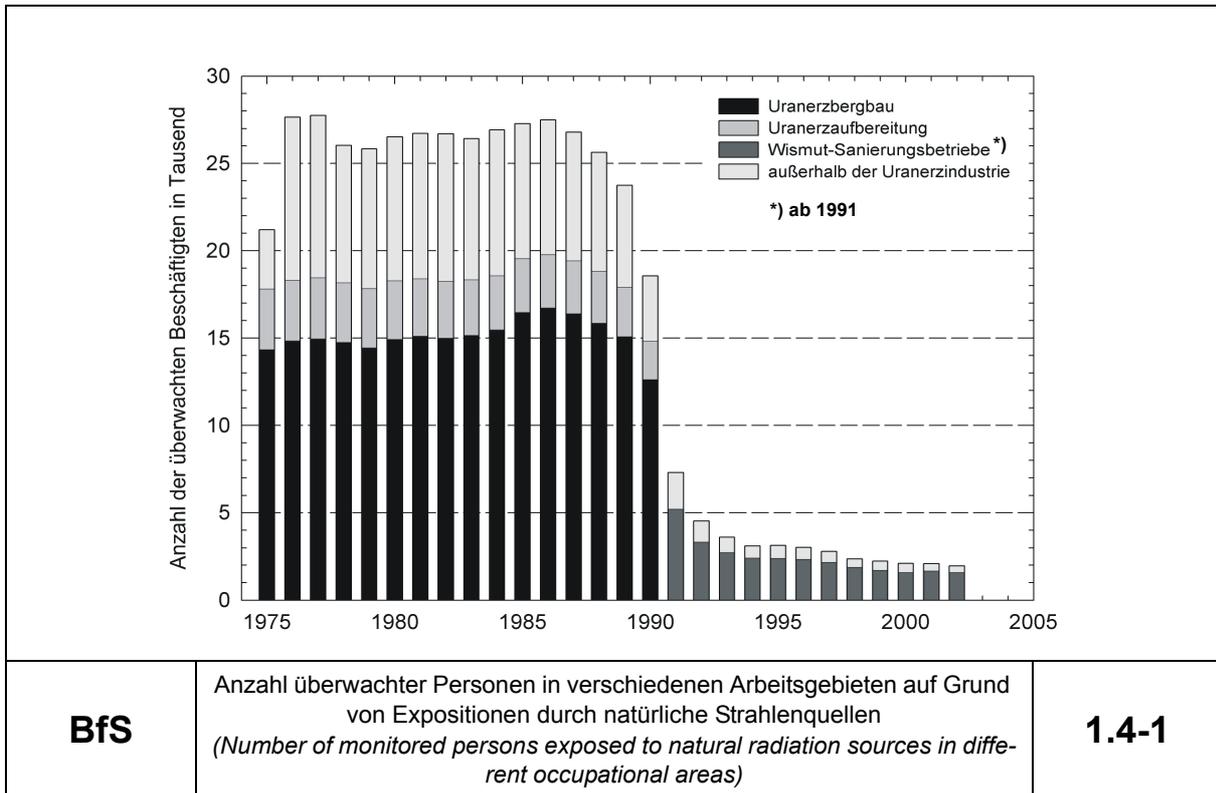
Nach § 95 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) hat derjenige, der in eigener Verantwortung eine Arbeit ausübt oder ausüben lässt, die einem der in der Anlage XI dieser Verordnung genannten Arbeitsfelder zuzuordnen ist, eine auf den Arbeitsplatz bezogene Abschätzung der Strahlenexposition durchzuführen (§ 95 Abs. 1). Wird dabei eine erhöhte Strahlenexposition festgestellt, so ist die Arbeit bei der zuständigen Behörde anzuzeigen (§ 95 Abs.2). Für Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausführen, ist die Körperdosis zu ermitteln. Nach §117 Abs. 26 sind die Maßnahmen zur Ermittlung der Körperdosis nach § 95 Abs. 10 in den neuen Bundesländern bis zum 01. August 2003 umzusetzen. Diese Regelungen gelten auch nach § 118 Abs. 4 für die Ermittlung der Strahlenexposition der Beschäftigten bei der Sanierung von Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten oder Arbeiten in den Neuen Bundesländern. Erlaubnisse, die nach dem Recht der DDR vor dem 01. August 2001 für Arbeiten erteilt wurden, die den Arbeitsfeldern nach Anlage XI StrlSchV zugeordnet werden können, und nach dem 01. August 2001 fortgelten, gelten als Anzeige nach § 95 Abs. 2 Satz 1 StrlSchV. Für die Beschäftigten der Wismut GmbH bei der Stilllegung und Sanierung der

Betriebsanlagen und Betriebsstätten des Uranerzbergbaues erfolgt nach § 118 Abs. 2 StrlSchV die Ermittlung der Körperdosis auf der Grundlage des § 41 StrlSchV.

Abbildung 1.4-1 gibt einen Überblick über die Anzahl der Beschäftigten, für die seit 1975 die durch natürliche Strahlenquellen verursachte Strahlenexposition ermittelt wurde. Im Jahr 2002 wurde diese Ermittlung für 1948 Personen vorgenommen, von denen ca. 80% Sanierungsarbeiten in den Betrieben der Wismut GmbH ausführten (siehe Tabelle 1.4-1).

Für Beschäftigte der Wismut GmbH wird die durch Inhalation von Radionukliden der Uranzerfallsreihe und die durch äußere Gammastrahlung verursachte Körperdosis ermittelt. Für zwei Drittel der Beschäftigten der Wismut GmbH wurden dazu Messungen mit personengetragenen Geräten durchgeführt. Diese Messgeräte mit Probenahmepumpe, Filter, Kernspur- und Thermolumineszenzdetektoren erfassen die Strahlenexpositionen durch Radonzerfallsprodukte, durch langlebige Alphastrahler und durch externe Gammastrahlung. Für die übrigen Personen wurden die Strahlenexpositionen von den individuell ermittelten Expositionen für Personen mit vergleichbaren Arbeiten abgeleitet. Für Beschäftigte, die Arbeiten nach Anlage XI ausführen, oder Beschäftigte bei der Sanierung von Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten oder Arbeiten in den Neuen Bundesländern wird die durch Inhalation von Radonzerfallsprodukten verursachte Körperdosis ermittelt. Dazu wurden repräsentative Messungen an Arbeitsplätzen durchgeführt. Für jeden Arbeitsplatz werden aus den Messergebnissen charakteristische Expositionsdaten abgeleitet, aus denen unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltszeiten die Körperdosen der Beschäftigten berechnet werden können.

Im Jahr 2002 gab es keine Überschreitungen des Grenzwertes von 20 mSv. Für 18 Beschäftigte wurde eine jährliche effektive Dosis von mehr als 6 mSv festgestellt. Die höchste jährliche effektive Dosis wurde mit 17,2 mSv bei einem Beschäftigten eines Besucherbergwerkes ermittelt. Für Beschäftigte in der Wismut GmbH betrug der Mittelwert der jährlichen effektiven Dosis im Jahre 2002 0,47 mSv. Für die Gruppe der Beschäftigten, die Arbeiten nach Anlage XI ausführen, oder Beschäftigte bei der Sanierung von Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten oder Arbeiten ist der Mittelwert der jährlichen effektiven Dosis 1,6 mSv. Dabei wurde der höchste Mittelwert der jährlichen effektiven Dosis mit 3,61 mSv für Beschäftigte in dem Arbeitsbereich Radon-Heilbäder festgestellt. Für Beschäftigte in Schauhöhlen und Besucherbergwerken betrug der Mittelwert der jährlichen effektiven Dosis 1,68 mSv, in Wasserwirtschaftsbetrieben 1,31 mSv, bei Gewinnungs- und Sanierungsarbeiten im Nichturanbergbau 1,76 mSv und in Bergsicherungsbetrieben 1,62 mSv.



BfS

Anzahl überwachter Personen in verschiedenen Arbeitsgebieten auf Grund von Expositionen durch natürliche Strahlenquellen  
(Number of monitored persons exposed to natural radiation sources in different occupational areas)

1.4-1

**Tabelle 1.4-1** Verteilung der jährlichen effektiven Dosis auf verschiedene Arbeitsfelder  
(*Distribution of the annual effective dose for different occupational areas*)

| Arbeitsfeld                    | Anzahl der überwachten Personen<br>mit einer jährlichen effektiven Dosis D |                        |                        |                      |                    |                    |                     |                      |                      |             |
|--------------------------------|--|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------|
|                                | $0 \leq D < 0,1$ mSv   | $0,1 \leq D < 0,2$ mSv | $0,2 \leq D < 0,5$ mSv | $0,5 \leq D < 1$ mSv | $1 \leq D < 2$ mSv | $2 \leq D < 6$ mSv | $6 \leq D < 10$ mSv | $10 \leq D < 15$ mSv | $15 \leq D < 20$ mSv | Gesamt      |
| Bergsicherungsbetriebe         | 9  | 6                      | 4                      | 6                    | 21                 | 23                 | 1                   | 0                    | 0                    | 70          |
| Nichturanbergbau-betriebe      | 24   | 8                      | 19                     | 6                    | 7                  | 18                 | 5                   | 2                    | 0                    | 89          |
| Schauhöhlen/ Besucherbergwerke | 12   | 20                     | 40                     | 10                   | 7                  | 20                 | 6                   | 2                    | 1                    | 118         |
| Radonbäder                     | 1  | 0                      | 0                      | 0                    | 0                  | 2                  | 0                   | 0                    | 0                    | 3           |
| Wasserwirtschaftsbetriebe      | 9  | 11                     | 22                     | 8                    | 13                 | 16                 | 1                   | 0                    | 0                    | 80          |
| Wismut-Sanierungsbetriebe      | 138  | 322                    | 769                    | 175                  | 128                | 56                 | 0                   | 0                    | 0                    | 1588        |
| <b>Gesamt</b>                  | <b>193</b>   | <b>367</b>             | <b>854</b>             | <b>205</b>           | <b>176</b>         | <b>135</b>         | <b>13</b>           | <b>4</b>             | <b>1</b>             | <b>1948</b> |

### 1.5 Strahlenexposition des Flugpersonals durch Höhenstrahlung (*Radiation exposures to flight personnel from cosmic radiation*)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit, Oberschleißheim

Eine Komponente der natürlichen Strahlenexposition ist die Höhenstrahlung. Höhenstrahlung besteht zum einen aus der primären kosmischen Strahlung und zum anderen aus Sekundärstrahlung infolge der Wechselwirkung mit der Atmosphäre. Der Beitrag der Höhenstrahlung zur gesamten natürlichen Strahlenexposition von im Mittel 2,1 mSv pro Jahr beträgt in Meereshöhe etwa 0,3 mSv pro Jahr und nimmt mit steigender Höhe zu. Flugpersonal und Passagiere sind daher während eines Fluges einer höheren natürlichen Strahlenexposition ausgesetzt als Personen am Boden. Die genaue Höhe der Strahlenexposition hängt ab von der Reiseflughöhe und der Flugdauer sowie von der geomagnetischen Breite und der Sonnenaktivität.

Für die durch kosmische Strahlung verursachte Strahlenexposition des Flugpersonals ist das komplex zusammengesetzte Strahlungsfeld in Höhen zwischen etwa 10 km und 14 km wichtig. Es besteht zu einem geringen Anteil aus der primären Komponente der kosmischen Strahlung, die aus dem Weltraum auf die Erde trifft. Den größeren Anteil bilden sekundäre Teilchen, die in Wechselwirkungen der primären Teilchen mit den Atomen der Lufthülle erzeugt werden. Während die primäre Komponente im Wesentlichen aus hochenergetischen Wasserstoff- und Heliumkernen besteht, setzt sich die sekundäre Komponente hauptsächlich aus Elektronen, Photonen, Neutronen, Mesonen, Myonen und sekundären Protonen zusammen. Während der Dauer eines Fluges kann das Strahlungsfeld insgesamt, von selten auftretenden solaren Teilchenereignissen abgesehen, als konstant angesehen werden. In Abhängigkeit von der Sonnenaktivität verändert sich die Strahlenexposition je nach Höhe bis zu einem Faktor 2 innerhalb des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus.

Die Abschätzung der Strahlenexposition des fliegenden Personals beruht auf Stichproben mit ortsdosimetrischen Messungen beim Flugbetrieb und Annahmen über die jährlichen Flugzeiten und Flugrouten. Die Umgebungs-Äquivalentdosis wird als Messgröße verwendet. Von 0° bis 50° geomagnetischer Brei-

te nimmt sie bei gleicher Höhe kontinuierlich zu und ist dann in höheren Breiten konstant. Flüge auf der Nordatlantik-Route finden fast ausschließlich in geomagnetischen Breiten nördlich von  $50^\circ$  statt und führen zur höchsten Strahlenexposition. Als obere Abschätzung für die Jahresdosis des fliegenden Personals kann ein Wert von etwa 8 mSv errechnet werden, wenn man annimmt, dass die Flüge ausschließlich auf der Nordatlantik-Route zur Zeit eines Sonnenfleckenminimums stattfinden und die maximal zulässige jährliche Arbeitszeit von 1000 Flugstunden voll ausgenutzt wird. Bei Flügen ausschließlich zur Südhalbkugel sind unter sonst gleichen Annahmen die Jahresdosen um den Faktor 2 bis 3 geringer. Die Ergebnisse deuten - je nach zu Grunde gelegten Annahmen - auf mittlere jährliche Dosen in der Umgebung von 3 mSv hin. Die genannten Abschätzungen beinhalten nicht die Strahlenexposition durch solare Teilchenereignisse, deren Anteil gemittelt über mehrere Jahre gegenüber der ständigen Exposition durch galaktische kosmische Strahlung jedoch gering ist. Im Prinzip kann diese Strahlenexposition über Messstationen und Satelliten erfasst und berücksichtigt werden.

Mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung wurden die Anforderungen der EU-Richtlinie 96/29 EURATOM in nationales Recht umgesetzt. Überwachungspflichtig ist damit auch Luftfahrtpersonal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von über 1 mSv im Kalenderjahr erhalten kann. Die Betreiber von Flugzeugen müssen die Dosiswerte ermitteln und mindestens halbjährlich über das Luftfahrtbundesamt oder über eine von ihm bestimmte Stelle an das Strahlenschutzregister des BfS übermitteln. Entsprechende Maßnahmen sind bis zum 1. August 2003 umzusetzen.