

**Bundesrat**

**Drucksache 743/89**

15. 12. 89

**U – AS – G**

## **Unterrichtung**

**durch die Bundesregierung**

**Bericht der Bundesregierung  
über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1987**

**Bericht der Bundesregierung  
über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1988**

Der Bundesminister für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit  
— RS II 2 — 515 883/5 —

Bonn, den 12. Dezember 1989

An den  
Präsidenten des Bundesrates

Entsprechend § 5 Abs. 2 des Strahlenschutzvorsprgegesetzes vom 19. Dezember 1986 übersende ich die Berichte der Bundesregierung über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung für die Jahre 1987 und 1988.

**Prof. Dr. Töpfer**

## **Bericht der Bundesregierung über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1987**

### **Inhalt**

### **Seite**

|                                                                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I. Auftrag und Zusammenfassung</b> .....                                                                                                 | <b>2</b>  |
| 1. Auftrag .....                                                                                                                            | 2         |
| 2. Zusammenfassung .....                                                                                                                    | 2         |
| <b>II. Natürliche Strahlenexposition und zivilisatorisch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen</b> ..... | <b>3</b>  |
| <b>III. Zivilisatorische Strahlenexposition</b> .....                                                                                       | <b>4</b>  |
| 1. Kerntechnische Anlagen .....                                                                                                             | 4         |
| 1.1 Zusammenfassung der Ergebnisse für kerntechnische Anlagen .....                                                                         | 4         |
| 1.2 Jahresabgaben radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen .....                                                                     | 4         |
| 1.3 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition von Einzelpersonen und Mittelwerte der Strahlenexposition der Bevölkerung .....           | 4         |
| 2. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin .....                                                            | 5         |
| 3. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in Forschung, Technik und Haushalt .....                                        | 6         |
| 3.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen .....                                                                               | 6         |
| 3.2 Störstrahler .....                                                                                                                      | 6         |
| 4. Berufliche Tätigkeit .....                                                                                                               | 6         |
| 5. Besondere Vorkommnisse .....                                                                                                             | 7         |
| 6. Fall-out von Kernwaffenversuchen .....                                                                                                   | 7         |
| <b>IV. Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl</b> ..                                                              | <b>7</b>  |
| <b>Tabellen</b> .....                                                                                                                       | <b>10</b> |
| <b>Abbildungen</b> .....                                                                                                                    | <b>47</b> |

## I. Auftrag und Zusammenfassung

### 1. Auftrag

Das Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2610) sieht die jährliche Berichterstattung durch den Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit an den Deutschen Bundestag und den Bundesrat über die Entwicklung der Radioaktivität in der Umwelt vor. Der Bericht für das Jahr 1987 wird hiermit vorgelegt. Er umfaßt die wichtigsten Informationen und Änderungen im Bereich der Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung gegenüber den Vorjahren. Die Gesamtheit des Datenumaterials wird jeweils in den ausführlichen Jahresberichten über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ wiedergegeben.

### 2. Zusammenfassung

Der Bericht behandelt

- die natürliche Strahlenexposition und zivilisatorisch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen (Kapitel II),
- die zivilisatorische Strahlenexposition (Kapitel III) und
- die Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl (Kapitel IV).

Die natürliche Strahlenexposition setzt sich zusammen aus der Strahlenexposition von außen durch die kosmische und terrestrische Komponente der natürlichen Strahlung und aus der Strahlenexposition von innen durch die Aufnahme natürlich radioaktiver Stoffe in den Körper. Veränderungen der Umwelt des Menschen durch technische Entwicklungen, die eine unbeabsichtigte Anreicherung natürlich radioaktiver Stoffe zur Folge haben, führen zu einer zivilisatorisch bedingten Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen.

Die Beiträge zur zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung resultieren aus dem Betrieb kerntechnischer Anlagen, aus der Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Medizin, Forschung, Technik und Haushalt, aus der beruflichen Tätigkeit, aus Strahlenunfällen und besonderen Vorkommnissen in Anlagen der Bundesrepublik Deutschland sowie aus dem Fall-out von Kernwaffenversuchen in der Atmosphäre.

Zu diesen Beiträgen, die im Vergleich zu den Vorjahren im wesentlichen unverändert blieben, kamen im Jahr 1987 die Auswirkungen des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl vom 25. April 1986 hinzu.

Dieser Unfall hat zu einer Veränderung der Umweltradioaktivität geführt, deren Auswirkung auf die Strahlenexposition der Bevölkerung durch Vorsorge-

maßnahmen, wie Verhaltensempfehlungen und Handelsbeschränkungen für Lebensmittel, beeinflußt werden konnte. Im nationalen wie internationalen Bereich sind Konsequenzen, u. a. mit dem Strahlenschutzvorsorgegesetz, mit Rechtsakten der Europäischen Gemeinschaft und mit Konventionen zur Information und Hilfeleistung bei kerntechnischen Unfällen im Rahmen der Internationalen Atomenergiekommission gezogen worden. Über die Auswirkungen des Unfalls von Tschernobyl auf das Bundesgebiet und die getroffenen Maßnahmen und Initiativen ist der Deutsche Bundestag im einzelnen unterrichtet worden.

In den bisherigen Berichten wurde in der Regel die genetisch signifikante Dosis zur Beurteilung des Strahlenrisikos für die Nachkommenschaft (genetisches Risiko) angegeben. Das Konzept der effektiven Äquivalentdosis (kurz: effektive Dosis, s. Erläuterung der benutzten Fachausdrücke) ermöglicht sowohl die Beurteilung des genetischen Risikos wie auch des Strahlenrisikos der betroffenen Personen (somatisches Risiko). In diesem Bericht und in den folgenden wird nur noch die effektive Dosis angegeben.

Die Strahlenexposition der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1987 ist in der Tabelle 1 nach den verschiedenen Strahlenquellen aufgeschlüsselt. Die effektive Dosis aus natürlichen Strahlenquellen, die im Gegensatz zur genetisch signifikanten Dosis auch die Strahlenexposition der Lunge durch Radon berücksichtigt (s. Abschnitt II), beträgt im Mittel ca. 2,4 mSv mit einer mittleren Schwankung von ca. 1 mSv. Die durch die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin hervorgerufene effektive Dosis von 1,5 mSv ist wegen der unvermeidbaren Unsicherheiten der Erhebungsdaten mit einer Schwankungsbreite von ca. 50 % behaftet. Auf diese Schwankungsbreite wird im Kapitel III.2 näher eingegangen. Bei den übrigen Beiträgen zur zivilisatorischen Strahlenexposition liegen die tatsächlichen Werte unter den angegebenen oberen Grenzen.

Als zusammenfassendes Ergebnis ist für das Jahr 1987 folgendes festzustellen:

- Der Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl hat die Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland verändert. Die dadurch bedingte Strahlenexposition der Bevölkerung betrug 1987 im Mittel ca. 3 Prozent der natürlichen Strahlenexposition. Südlich der Donau kann die Dosis, je nach örtlichen Gegebenheiten, im Einzelfall bis zu 50 Prozent dieses Wertes betragen.
- Eine statistisch gesicherte Veränderung der Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland aus den übrigen Beiträgen ist gegenüber den Vorjahren bei Berücksichtigung der Ungenauigkeiten, mit denen die Hauptbeiträge zu dieser Dosis behaftet sind, nicht ersichtlich.

- Die Strahlenexposition durch die Radonkonzentrationen in Wohnungen bedingt ca. 50 % der natürlichen Strahlenexposition.
- Der Beitrag der Strahlenexposition durch Kernkraftwerke und sonstige kerntechnische Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland zur effektiven Dosis der Bevölkerung betrug im Jahr 1987 weniger als 1 Prozent des Beitrages der zivilisatorischen Strahlenexposition. Die Abgaben radioaktiver Stoffe blieben bei allen kerntechnischen Anlagen unterhalb, bei den meisten weit unterhalb der genehmigten Werte.
- Der größte Beitrag der zivilisatorischen Strahlenexposition wird durch die Anwendung ionisierender Strahlen in der Medizin, vor allem durch die Röntgendiagnostik verursacht. Die Untersuchung des Bundesgesundheitsamtes „Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland durch medizinische Maßnahmen, insbesondere in der Röntgendiagnostik“ zeigt zwar, daß sich wesentliche, die Strahlenbelastung beeinflussende Parameter (Zahl der Untersuchungen, Untersuchungsmethoden, Altersstruktur der Patienten) verbessert haben. Die daraus resultierende Verringerung der Dosis kann jedoch rechnerisch nicht als exakter Zahlenwert dargestellt werden, da die rechnerisch ermittelte Dosis eine sehr große Schwankungsbreite in sich birgt.
- Obwohl die Anzahl der beruflich strahlenexponierten Personen weiterhin zugenommen hat, bleibt der Anteil der beruflichen Strahlenexposition am Beitrag der zivilisatorischen Strahlenexposition zur Dosis der Gesamtbevölkerung weit unter einem Prozent.
- Der Beitrag der Strahlenexposition durch die in den vergangenen Jahrzehnten in der Atmosphäre durchgeführten Kernwaffenversuche zur Dosis ist weiterhin rückläufig. Im Jahr 1987 wurden keine Kernwaffenversuche in der Atmosphäre durchgeführt.

## II. Natürliche Strahlenexposition und zivilisatorisch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen

Nach den Erhebungsmessungen zur Ermittlung der Höhe und Schwankungsbreite der Aktivitätskonzentration des natürlich radioaktiven Edelgases Radon in annähernd 6 000 Wohnungen wurde eine mittlere Radonkonzentration in Wohnungen der Bundesrepublik Deutschland von etwa 50 Bq/m<sup>3</sup> festgestellt. Diese Untersuchungen deuten darauf hin, daß in 10 % der Wohnungen eine Radonkonzentration von mehr als 80 Bq/m<sup>3</sup> und in 1 % der Fälle von mehr als 200 Bq/m<sup>3</sup> vorliegt.

Für die Strahlenexposition der Lunge ergibt sich bei dem Mittelwert der Radonkonzentration von 50 Bq/m<sup>3</sup> eine mittlere jährliche Äquivalentdosis von etwa 18 mSv im Bronchialepithel und von etwa 2,4 mSv im Alveolarbereich. Aufgrund der gemessenen Häufigkeitsverteilung der Radonkonzentration ist anzunehmen, daß z. Z. bei etwa 1 % der Bevölkerung die natürliche Strahlenexposition des Bronchialepithels

bzw. des Alveolargewebes der Lunge größer als 70 bzw. 10 mSv pro Jahr ist.

Das Bronchialepithel ist damit das am stärksten durch natürliche Quellen strahlenexponierte Gewebe des menschlichen Körpers. Die Strahlenexposition der Lunge trägt etwa zur Hälfte der jährlichen effektiven Dosis durch natürliche Strahlenquellen bei.

Bei den bisher ermittelten Wohnungen mit erhöhter Radonkonzentration ist die Hauptquelle die Radonzufuhr aus dem Boden unter den Häusern. Zur Zeit werden gezielte Untersuchungen zur Auffindung von Wohnungen mit erhöhter Radonkonzentration und zur Erarbeitung einfacher Maßnahmen zur Reduzierung der Radonkonzentration durchgeführt.

Über die anderen Komponenten der natürlichen Strahlenexposition wurden im Berichtszeitraum keine wesentlichen neuen Erkenntnisse bekannt. Hier wird auf die früheren Berichte verwiesen.

### III. Zivilisatorische Strahlenexposition

#### 1. Kerntechnische Anlagen

##### 1.1 Zusammenfassung der Ergebnisse für kerntechnische Anlagen

Die für das Jahr 1987 ermittelten Werte für die Abgabe radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen zeigen, daß die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die jährlichen Emissionsraten in allen Fällen eingehalten wurden. Die tatsächlichen Jahresabgaben liegen im allgemeinen deutlich unter den Genehmigungswerten, wie beispielsweise für Kernkraftwerke der Vergleich zwischen den Werten der Tabelle 2 und üblichen Genehmigungswerten von ca.  $10^{15}$  Becquerel für Edelgase, ca.  $3 \cdot 10^{10}$  Bq für Aerosole und ca.  $10^{10}$  Bq für Iod 131 zeigt.

Die für 1987 aus den Jahresabgaben nach der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer“ vom 15. August 1979 (GMBI. S. 371, zuletzt geändert am 3. Mai 1985, GMBI. S. 380) und dem Konzept der effektiven Dosis ermittelten Werte der Strahlenexposition liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres. Die oberen Werte der Strahlenexposition für Einzelpersonen durch Emissionen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten und betragen bei der effektiven Dosis und bei den einzelnen Organdosen weniger als 10 % des jeweiligen Dosisgrenzwertes. Damit sind sie deutlich kleiner als die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland.

Die Summierung aller Beiträge von kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland sowie im angrenzenden Ausland zur Strahlenexposition der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland führte auch 1987 zu deutlich weniger als  $10 \mu\text{Sv}$  pro Jahr mittlerer effektiver Dosis.

##### 1.2 Jahresabgaben radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus kerntechnischen Einrichtungen sind nach der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ von den Betreibern der einzelnen Anlagen zu ermitteln und an die zuständigen Aufsichtsbehörden zu berichten. Einzelheiten über Umfang der Messungen, Meßverfahren, Probenahme, Instrumentierung und Dokumentation der Meßergebnisse sind in Regeln des Kerntechnischen Ausschusses festgelegt. Die von den Betreibern der Anlagen vorzunehmenden Messungen werden

durch Kontrollmessungen behördlich beauftragter Sachverständiger entsprechend der Richtlinie über die „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ überprüft.

Die für 1987 ermittelten Jahresabgaben radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser von Kernkraftwerken sind in den Tabellen 2 und 3 angegeben und nach Nuklidgruppen aufgeschlüsselt. Sie liegen in der Größenordnung der Abgaben der Vorjahre und unterschreiten im allgemeinen deutlich die entsprechenden Genehmigungswerte. In Tabelle 4 sind die Daten über die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich im Jahr 1987 zusammengefaßt. Die Ableitungen radioaktiver Stoffe aus den übrigen Forschungsreaktoren im Bundesgebiet betragen im Mittel nur einige Prozent der Ableitungen von Kernkraftwerken. Tabelle 5 enthält Angaben über die Ableitung radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser aus kernbrennstoffverarbeitenden Betrieben.

Im benachbarten Ausland waren Ende 1987 in Grenznähe, d. h. bis zu einer Entfernung von 30 km, die in Tabelle 6 aufgeführten kerntechnischen Anlagen in Betrieb. Das Kernkraftwerk Mühleberg wurde trotz der größeren Entfernung zur deutschen Grenze mitberücksichtigt, weil es im Einzugsgebiet des Rheins liegt. Über die Jahresemissionen kerntechnischer Anlagen in EG-Ländern berichtet die Kommission der Europäischen Gemeinschaften. Die Jahresabgaben der schweizerischen Anlagen werden in den jährlichen Berichten der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität veröffentlicht.

##### 1.3 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition von Einzelpersonen und Mittelwerte der Strahlenexposition der Bevölkerung

Aus den Ergebnissen der Emissionsüberwachung wird die Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen nach dem in der Richtlinie „Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer“ festgelegten Verfahren ermittelt.

Die Dosisberechnungen erfolgen ab dem Berichtsjahr 1986 nach dem von der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) entwickelten Konzept der effektiven Dosis.

Die für Einzelpersonen angegebenen Expositionswerte stellen obere Werte dar, da sie unter der Annahme eines ständigen Aufenthaltes am Ort der größten Strahlenexposition von außen sowie unter den Annahmen berechnet wurden, daß die gesamte Nahung an der ungünstigsten Einwirkungsstelle erzeugt

wird und daß ungünstige Verzehrsgewohnheiten vorliegen.

Die Ergebnisse der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahr 1987 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft enthält Tabelle 7. Angegeben ist die effektive Dosis eines Erwachsenen über sämtliche relevanten Expositionspfade: Gammastrahlung aus der Abluftfahne (Gammasubmersion), Gammastrahlung am Boden abgelagerter radioaktiver Stoffe, Inhalation und Ingestion. Dabei wurde die in den Vorjahren emittierte Aktivität der langlebigen Aerosole und ihre Akkumulierung im Boden berücksichtigt. Tabelle 7 zeigt als größten Wert der effektiven Dosis für Erwachsene 3  $\mu\text{Sv}$  beim Kernkraftwerk Würgassen, der den Grenzwert der Strahlenschutzverordnung von 300  $\mu\text{Sv}$  um den Faktor 100 unterschreitet. Bei der Ermittlung der oberen Werte der Schilddrüsendosis eines Kleinkindes wurde ein Milchverzehr von 0,8 Liter pro Tag aus dem Hauptbeaufschlagungsgebiet vorausgesetzt. Als größten Wert ergibt die Rechnung 15  $\mu\text{Sv}$  beim Kernkraftwerk Würgassen, der einem Sechzigstel des Dosisgrenzwertes für die Schilddrüse entspricht. Messungen des Gehaltes an Iod 131 in Milchproben aus der unmittelbaren Umgebung des Kernkraftwerkes Würgassen haben ergeben, daß die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch die Modellrechnung deutlich überschätzt wird.

In Tabelle 8 sind die aus den Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abwasser aus Kernkraftwerken resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis von Einzelpersonen zusammengestellt; hierbei wurden ungünstige Verzehr- und Lebensgewohnheiten angenommen, insbesondere ein hoher Konsum an Flußfisch, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird. Der größte Wert der effektiven Dosis beträgt 0,6  $\mu\text{Sv}$  beim Kernkraftwerk Gundremmingen. Im Vorjahr lag er bei 1  $\mu\text{Sv}$  ebenfalls bei diesem Kernkraftwerk. Die Unterschiede sind durch Änderungen in den Emissionen bedingt.

Die in Tabelle 9 angegebenen Werte für die entsprechenden Strahlenexpositionen durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernforschungszentren stammen aus den Jahresberichten und aus zusätzlichen Angaben der Strahlenschutzabteilungen der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich. Die Tabelle weist für die effektive Dosis über sämtliche relevanten Expositionspfade als größten Wert an der ungünstigsten Einwirkungsstelle bei der Kernforschungsanlage Jülich für 1987 einen Wert von 7,8  $\mu\text{Sv}$  auf; im Vorjahr waren es hier 5,6  $\mu\text{Sv}$ . Als größten Wert für die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes ergaben die Berechnungen für 1987 beim Kernforschungszentrum Karlsruhe an der ungünstigsten Einwirkungsstelle 61  $\mu\text{Sv}$ . Im Vorjahr lag der entsprechende Wert bei 110  $\mu\text{Sv}$ .

Für die Strahlenexposition über das Abwasser aus Kernforschungszentren ergibt eine Abschätzung aufgrund von Meßwerten, die bei radioökologischen Untersuchungen gewonnen wurden, einen oberen Wert von 20  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr.

Für die kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe in Hanau, Karlstein, Lingen und Gronau sind in Tabelle 10

die für die ungünstigste Einwirkungsstelle berechneten oberen Werte der effektiven Dosis eines Erwachsenen und der Lungendosis eines Kleinkindes durch Emission von Alphastrahlern in der Abluft angegeben. Der höchste Wert der effektiven Dosis eines Erwachsenen beträgt 1  $\mu\text{Sv}$ . Für die Lungendosis eines Kleinkindes ergibt sich im Jahr 1987 als höchster Wert 8  $\mu\text{Sv}$ .

Die durch die Abgaben von Alphastrahlern mit dem Abwasser bedingten Werte der effektiven Dosis Erwachsener sind in Tabelle 11 aufgeführt. Sie betragen wie im Vorjahr maximal 0,4  $\mu\text{Sv}$  für die Reaktor-Brennelement Union GmbH Werk I in Hanau.

Die Berechnungen zur Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Betrieb kerntechnischer Anlagen in Nachbarländern (Tabelle 6) ergeben 1987 auf Bundesgebiet an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für die effektive Dosis obere Werte im Bereich von 1  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr. Für die Schilddrüsendosis von Kleinkindern über den Weide-Kuh-Milch-Pfad liegen die unter den sehr ungünstigen Annahmen der Berechnungsgrundlage ermittelten oberen Werte bei ca. 50  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr. Bei den im Rahmen der Umgebungsüberwachung durchgeführten Messungen des Radioiodgehaltes von Milchproben aus grenznahen Weidegebieten wurde im Berichtszeitraum Iod 131 in Milch nicht nachgewiesen.

## 2. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin

Die zivilisatorische Strahlenexposition der Bevölkerung durch die medizinische Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen betrug im Jahr 1987 ca. 1,5 mSv effektive Dosis. Im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition macht die durch die medizinische Anwendung bedingte Strahlenexposition, ausgedrückt als effektive Dosis, einen Anteil von ca. 70 % der natürlichen Strahlenexposition aus.

Wie in den vergangenen Berichtsjahren bereits festgestellt, resultiert der größte Anteil an der zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung aus der röntgendiagnostischen Anwendung ionisierender Strahlen in der Radiologie.

Die über lange Jahre hin festgestellten hohen jährlichen Zuwachsraten in den Anwendungsfrequenzen röntgendiagnostischer Untersuchungsverfahren sind in den letzten Jahren zum Stillstand gekommen; für wesentliche radiologische Untersuchungsverfahren zeichnet sich nunmehr sogar ein rückläufiger Trend ab. Ursache hierfür dürften sowohl eine strengere Indikationsstellung von Seiten der Ärzte aufgrund eines gestiegenen Strahlenschutzbewußtseins als auch zunehmend eingeführte alternative Untersuchungsverfahren, insbesondere Sonographie und Endoskopie, sein. Des weiteren kann ein Rückgang der Strahlenexposition des einzelnen untersuchten Patienten angenommen werden, der zum einen auf technische Regelungen des Deutschen Instituts für Normung e. V. (DIN) für wichtige Röntgeneinrichtungen, zum anderen auf die generelle Einführung dosissparender Untersuchungstechniken, z. B. durch den Einsatz von

Röntgenbildverstärkern, Belichtungsautomatiken und verbesserten Film-Foliensystemen, zurückzuführen ist. Es steht außer Zweifel, daß sich auch die gesetzlichen Vorschriften (RöV, StrlSchV) im Hinblick auf die Strahlenexposition des einzelnen und der Gesamtheit positiv ausgewirkt haben. Die neue Röntgenverordnung vom 8. Januar 1987 beinhaltet zahlreiche weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Strahlenschutzes in der Röntgendiagnostik, die durch entsprechende Richtlinien konkretisiert sind. Dadurch sind von gesetzgeberischer Seite die Voraussetzungen zur Verbesserung der ärztlichen Fachkunde und der Kenntnisse des medizinischen Hilfspersonals im Strahlenschutz geschaffen und in der Folge Verbesserungen der Untersuchungsverfahren bzw. Untersuchungstechniken mit angeregt. Darüber hinaus sind weitere Vorschriften über Sachverständigenprüfungen, über technische Standards von Röntgeneinrichtungen und über qualitätssichernde Maßnahmen erlassen worden. Auch das vom Deutschen Bundestag geforderte „Röntgennachweisheft“ ist eingeführt worden, um so Wiederholungsuntersuchungen auf das notwendige Maß zu begrenzen.

Bei der Wertung der Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen ist jedoch zu berücksichtigen, daß daraus ein Strahlenrisiko für den einzelnen resultiert, welches bei gewissenhafter Indikationsstellung für den einzelnen Patienten gegenüber dem Nutzen für seine Gesundheit in den Hintergrund tritt.

### 3. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in Forschung, Technik und Haushalt

#### 3.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen

Bestimmte Industrieerzeugnisse, wie z. B. wissenschaftliche Instrumente, elektronische Bauteile, Leuchtstoffröhren, Rauch- und Feuermelder, keramische Gegenstände u. a., enthalten radioaktive Stoffe verschiedener Art und Menge. Der Umgang mit diesen Erzeugnissen wird durch ein differenziertes Anzeige- und Genehmigungssystem geregelt, bei dem auch ein genehmigungsfreier Umgang z. B. durch Bauartzulassung möglich ist. Die Einhaltung der Vorschriften der Strahlenschutzverordnung gewährleistet, daß der Umgang mit diesen radioaktiven Industrieerzeugnissen einschließlich Antistatika, keramischen Gegenständen und Zahnmassen weniger als 10  $\mu$ Sv pro Jahr zur effektiven Dosis der Bevölkerung beiträgt.

Bei einigen technischen Prozessen werden radioaktive Stoffe zur Messung und Steuerung (z. B. Füllstand-, Dicke- und Dichtemessung) oder zur Qualitätskontrolle bei der zerstörungsfreien Materialprüfung eingesetzt. Der Umgang mit diesen technischen Strahlenquellen unterliegt, falls das Gerät selbst keine Bauartzulassung besitzt, der Genehmigungspflicht; die damit verbundenen Auflagen garantieren, daß auch der hieraus resultierende Beitrag zur Strahlenexposition der Bevölkerung niedriger als 10  $\mu$ Sv pro Jahr ist.

#### 3.2 Störstrahler

Störstrahler sind Geräte oder Einrichtungen, die Röntgenstrahlen erzeugen, ohne daß sie zu diesem Zweck betrieben werden (z. B. Elektronenmikroskope und Hochspannungsgleichrichter); sie unterliegen einer grundsätzlichen Genehmigungspflicht, sofern eine Bauartzulassung nicht vorliegt. Zu den Störstrahlern gehören auch Kathodenstrahlröhren in Bildschirmgeräten.

Der Beitrag von Störstrahlern zur Strahlenexposition der Bevölkerung wird mit einer effektiven Dosis von weniger als 10  $\mu$ Sv abgeschätzt.

### 4. Berufliche Tätigkeit

Alle beruflich strahlenexponierten Personen, bei denen die Möglichkeit einer erhöhten Strahlenexposition von außen besteht, werden mit Personendosimetern überwacht, die von den fünf nach Landesrecht zuständigen amtlichen Personendosismeßstellen ausgegeben und ausgewertet werden. Die Zahl der überwachten Personen betrug (gerundet) im Berichtsjahr 274 000, davon im Bereich Medizin 187 000. Abbildung 1 zeigt den Verlauf seit 1981.

Die nachstehenden Dosisangaben beziehen sich auf Photonenstrahlen, da diese in nahezu allen Kontrollbereichen die Dosis bestimmen. Dosisbeiträge durch Neutronen- und Betastrahlen sind nur in wenigen Fällen von Bedeutung. Bei rd. 80 % aller Überwachten (rd. 85 % im Bereich Medizin, rd. 70 % in nichtmedizinischen Bereichen) stellen die Meßstellen während des ganzen Jahres einen Personendosiswert Null fest; bei den verbleibenden Personen ergibt sich eine ausgeprägte Häufigkeit kleiner Dosiswerte.

Die Summe der Jahresdosiswerte aller Überwachten (Kollektivdosis) betrug im Berichtsjahr 114 Personen-Sv. Die Beiträge typischer Tätigkeitszweige zur Kollektivdosis zeigt Abbildung 2. Die auffallende Verringerung der Kollektivdosis ab 1984 wird überwiegend auf die Beendigung besonderer Umrüstungs- und Prüfungsmaßnahmen (im Zeitraum 1979 bis 1983) in Kernkraftwerken sowie auf eine weitere Optimierung des Strahlenschutzes zurückgeführt. Das Verhältnis der Kollektivdosis der in Kernkraftwerken tätigen Personen und der in diesen Anlagen erzeugten elektrischen Energie gibt Tabelle 12 wieder.

Die mittlere Jahres-Personendosis aller Überwachten betrug 0,42 mSv.

Personen, bei denen aufgrund ihres Umgangs mit offenen radioaktiven Stoffen eine Inkorporation nicht ausgeschlossen werden kann, werden durch Messungen im Ganzkörperzähler oder durch Untersuchungen der Ausscheidungen überwacht. Die Zahl dieser Personen betrug weniger als 10 % der mit Personendosimetern überwachten Personen. Bei weniger als 1 % dieses Personenkreises wurde eine Inkorporation von mehr als 5 % des Grenzwertes der zulässigen Jahresaktivitätszufuhr festgestellt. Der Beitrag der Strahlenexposition durch inkorporierte radioaktive Stoffe zur gesamten beruflichen Strahlenexposition war daher vergleichsweise gering.

## 5. Besondere Vorkommnisse

Eine Übersicht über besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Betrieb von Beschleunigern im Jahr 1987, die dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit von den zuständigen Landesbehörden gemeldet worden sind, enthält Tabelle 13. Die Vorkommnisse im Zusammenhang mit Ionisationsrauchmeldern sind gesondert zusammengestellt (Tabelle 14). Diese Zusammenstellungen sollen dazu dienen, mögliche Fehlerquellen beim Umgang mit radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung bekanntzumachen und dadurch die Strahlenschutzverantwortlichen, die Strahlenschutzbeauftragten, die beruflich mit ionisierenden Strahlen bzw. radioaktiven Stoffen Umgehenden und die vor Ort tätigen Aufsichtsbehörden für ihren

Bereich in die Lage zu versetzen, vergleichbare Vorkommnisse zu vermeiden.

## 6. Fall-out von Kernwaffenversuchen

Nach den vorliegenden Meldungen wurden 1987 insgesamt 38 unterirdische Kernwaffenversuche durchgeführt. Aus diesen unterirdischen Versuchen resultiert keine zusätzliche Strahlenexposition des Menschen in der Bundesrepublik Deutschland.

Der allgemeine Pegel der Umweltradioaktivität durch Kernwaffenversuche ist in den letzten 20 Jahren ständig zurückgegangen. Die langlebigen Fall-out-Radionuklide sind im menschlichen Körper aber noch immer nachweisbar. Ihr Beitrag an der gesamten Strahlenexposition des Menschen ist gering.

# IV. Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl

In der Nacht vom 25. zum 26. April 1986 ereignete sich in Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl in der Ukraine/UdSSR ein Unfall, in dessen Folge eine größere Menge radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt wurde. Diese Stoffe wurden auf dem Weg der atmosphärischen Verfrachtung über große Teile Europas verteilt. Bedingt durch regional verschiedene Wettersituationen traten stark unterschiedliche Aktivitätskonzentrationen in der Luft sowie durch Ablagerung in den Umweltbereichen und den Lebensmitteln auf.

Die durch den Reaktorunfall verursachte externe Strahlung führte 1987 in der Bundesrepublik Deutschland zu einer effektiven Dosis – fast ausschließlich durch Caesium 134 und Caesium 137 bedingt – von im Mittel 0,03 mSv (Tabelle 1). Im Münchner Raum lag sie um etwa den Faktor 4 und im Berchtesgadener Raum um etwa den Faktor 10 über diesem Mittelwert.

Die anhand von Aktivitätskonzentrationen von Caesium 134 und Caesium 137 in Nahrungsmitteln und mit durchschnittlichen Verzehrsgewohnheiten abgeschätzte effektive Dosis infolge Inkorporation betrug 1987 für einen Erwachsenen im Raum Frankfurt (repräsentativ für die Bundesrepublik Deutschland) 0,04 mSv (Tabelle 1). In Bayern lag die Dosis um einen Faktor 3 und in Südbayern um einen Faktor 6 über diesem Dosiswert. Für Kleinkinder ergab sich im Raum Frankfurt für die beiden Caesium-Nuklide eine

effektive Dosis von 0,01 mSv, in Bayern lag dieser Dosiswert um einen Faktor 3 höher. Die übrigen nach dem Reaktorunfall freigesetzten Radionuklide trugen nur in vernachlässigbarem Umfang zur Ingestionsdosis bei.

Die anhand von Ganzkörpermessungen in einigen Regionen hergeleiteten effektiven Dosen für Caesium 134 und Caesium 137 sind in Tabelle 15 zusammengestellt. Als Mittelwert ergab sich hier für Gebiete nördlich der Donau eine Dosis von 0,03 mSv. Die effektiven Dosen lagen im Raum München etwa 2 mal und in Südbayern etwa 6 mal so hoch. Für Einzelpersonen mit extremen Lebens- und Ernährungsgewohnheiten können sich maximale Dosiswerte bis zu dem Zwei- bis Dreifachen der aufgeführten regionalen Mittelwerte ergeben.

Dieser Vergleich zeigt, daß die effektiven Dosen, die über die mittlere spezifische Aktivität der Lebensmittel und die durchschnittlichen Verzehrsmengen berechnet wurden, bis zu einem Faktor 4 (Frankfurter Raum) bzw. einem Faktor 5 (Südbayern) höher liegen als die aus Ganzkörpermessungen ermittelten Dosen. Die Berechnung aufgrund durchschnittlicher Verzehrsmengen ergibt eine konservative Abschätzung der effektiven Dosis infolge Ingestion. Des weiteren deutet dies auch auf eine Änderung der Verzehrsgewohnheiten bzw. das Ausweichen auf geringer kontaminierte Nahrungsmittel hin.

## Erläuterung der benutzten Fachausdrücke

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aerosol                      | Gase mit festen oder flüssigen Schwebeteilchen                                                                                                                                                                                                             |
| Aktivität                    | Anzahl der je Sekunde zerfallenden Atomkerne eines radioaktiven Stoffes                                                                                                                                                                                    |
| Alphastrahler                | Radionuklide, die Alphateilchen (Heliumatomkerne) aussenden                                                                                                                                                                                                |
| Äquivalentdosis              | Produkt aus Energiedosis und einem u. a. von der Strahlenart abhängigen Bewertungsfaktor. Die Äquivalentdosis ist das Maß für die Wirkung einer ionisierenden Strahlung auf den Menschen                                                                   |
| Becquerel                    | SI-Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Becquerel (Bq) liegt vor, wenn 1 Atomkern je Sekunde zerfällt. 1 Becquerel (Bq) = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Curie                                                                                                 |
| Betastrahlung                | Teilchenstrahlung, die aus beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen ausgesandten Elektronen besteht                                                                                                                                                        |
| Betasubmersion               | Strahlenexposition durch Betastrahlung von radioaktiven Stoffen in der Atmosphäre                                                                                                                                                                          |
| Curie                        | Alte Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Curie (Ci) liegt vor, wenn 37 Mrd. Atomkerne je Sekunde zerfallen. 1 Curie (Ci) = $3,7 \cdot 10^{10}$ Becquerel                                                                                            |
| Dekontamination              | Beseitigung oder Verminderung von radioaktiven Verunreinigungen                                                                                                                                                                                            |
| Dosis                        | Siehe Energiedosis und Äquivalentdosis                                                                                                                                                                                                                     |
| Effektive Dosis              | Summe der gewichteten mittleren Äquivalentdosen in den einzelnen Organen und Geweben des Körpers. Das Gewicht bestimmt sich aus den relativen Beiträgen der einzelnen Organe und Gewebe zum gesamten Strahlenrisiko des Menschen bei Ganzkörperbestrahlung |
| Energiedosis                 | Quotient aus der Energie, die durch ionisierende Strahlung auf das Material in einem Volumenelement übertragen wird, und der Masse in diesem Volumenelement                                                                                                |
| Fall-out                     | Aus der Atmosphäre auf die Erde in Form kleinster Teilchen abgelagertes radioaktives Material, das zum Beispiel bei Kernwaffenversuchen entstanden ist                                                                                                     |
| Gammastrahlung               | Energiereiche elektromagnetische Strahlung, die bei der radioaktiven Umwandlung von Atomkernen oder bei Kernreaktionen auftreten kann                                                                                                                      |
| Gammastrahlung               | Strahlenexposition durch Gammastrahlung von radioaktiven Gasen in der Atmosphäre                                                                                                                                                                           |
| Ganzkörperdosis              | Mittelwert der Äquivalentdosis über Kopf, Rumpf, Oberarme und Oberschenkel als Folge einer als homogen angesehenen Bestrahlung des ganzen Körpers                                                                                                          |
| Genetisch signifikante Dosis | Mittlere jährliche Keimdrüsendosis pro Person in einer Bevölkerung, gewichtet für jede Einzelperson mit der Wahrscheinlichkeit der Kindeserwartung nach der Strahlenexposition                                                                             |
| Gray                         | SI-Einheit der Energiedosis. 1 Gray (Gy) = 100 Rad                                                                                                                                                                                                         |
| Ingestion                    | Allgemein: Nahrungsaufnahme<br>Speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Nahrung                                                                                                                                                                 |
| Inhalation                   | Allgemein: Einatmung von Gasen<br>Speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Atemluft                                                                                                                                                             |
| Inkorporation                | Allgemein: Aufnahme in den Körper<br>Speziell: Aufnahme radioaktiver Stoffe in den menschlichen Körper                                                                                                                                                     |
| Ionisierende Strahlen        | Elektromagnetische oder Teilchenstrahlen, welche die Bildung von Ionen bewirken können (z. B. Alphastrahlen, Betastrahlen, Gammastrahlen, Röntgenstrahlen)                                                                                                 |
| Isotop                       | Abart eines chemischen Elements mit gleichen chemischen Eigenschaften (gleicher Ordnungszahl), aber verschiedener Massenzahl                                                                                                                               |
| Keimdrüsendosis              | Mittelwert der Äquivalentdosis über die Keimdrüsen                                                                                                                                                                                                         |
| Kontamination                | Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen                                                                                                                                                                                                                    |
| Kosmische Strahlung          | Sehr energiereiche Strahlung aus dem Weltraum                                                                                                                                                                                                              |

|                            |                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Median                     | Siehe Zentralwert                                                                                                                                                                                                                     |
| Nuklearmedizin             | Anwendung radioaktiver Stoffe in der Medizin zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken                                                                                                                                            |
| Nuklid                     | Durch Protonenzahl (Ordnungszahl) und Massenzahl charakterisierte Atomart                                                                                                                                                             |
| Organdosis                 | Mittelwert der Äquivalentdosis über ein Organ                                                                                                                                                                                         |
| Ortsdosis                  | Äquivalentdosis für Weichteilgewebe, gemessen an einem bestimmten Ort                                                                                                                                                                 |
| Ortsdosisleistung          | In einem kurzen Zeitintervall erzeugte Ortsdosis, geteilt durch die Länge des Zeitintervalls                                                                                                                                          |
| Rad                        | Alte Einheit der Energiedosis. 1 Rad (rd) = 10 Milligray                                                                                                                                                                              |
| Radioaktive Stoffe         | Stoffe, die Radionuklide enthalten                                                                                                                                                                                                    |
| Radioaktivität             | Eigenschaft bestimmter chemischer Elemente bzw. Nuklide, ohne äußere Einwirkung Teilchen- oder Gammastrahlung aus dem Atomkern auszusenden                                                                                            |
| Radiographiegerät          | Gerät zur zerstörungsfreien Durchstrahlungsprüfung von Materialien mittels Radionukliden                                                                                                                                              |
| Radioiod                   | Radioaktive Iodisotope                                                                                                                                                                                                                |
| Radionuklide               | Instabile Nuklide, die unter Aussendung von Strahlung in andere Nuklide zerfallen                                                                                                                                                     |
| Rem                        | Alte Einheit der Äquivalentdosis. 1 Rem (rem) = 10 Millisievert                                                                                                                                                                       |
| Röntgen                    | Alte Einheit der Ionendosis. 1 Röntgen (R) = 258 $\mu\text{C/kg}$                                                                                                                                                                     |
| SI-Einheiten               | Einheiten des Internationalen Einheitensystems (SI). Die Anwendung der Einheiten im Strahlenschutzmeßwesen ist durch die Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 13. Dezember 1985 (BGBl. I S. 2272) geregelt |
| Sievert                    | SI-Einheit der Äquivalentdosis. 1 Sievert (Sv) = 100 Rem, 1 Sievert = 1 000 Millisievert = 1 000 000 Mikrosievert                                                                                                                     |
| Somatisches Strahlenrisiko | Risiko der körperlichen Schädigung der von der Bestrahlung betroffenen Person, zur Unterscheidung vom genetischen Risiko, das für die Schädigung der Folgegenerationen besteht                                                        |
| Stochastisch               | Zufallsabhängig                                                                                                                                                                                                                       |
| Strahlenbelastung          | Siehe Strahlenexposition                                                                                                                                                                                                              |
| Strahlenexposition         | Einwirkung ionisierender Strahlen auf den menschlichen Körper oder seine Teile                                                                                                                                                        |
| Terrestrische Strahlung    | Strahlung der natürlich radioaktiven Stoffe, die überall auf der Erde vorhanden sind                                                                                                                                                  |
| Tritium                    | Radioaktives Isotop des Wasserstoffs, das Betastrahlung sehr niedriger Energie aussendet                                                                                                                                              |
| Zentralwert                | Mittelwert, unterhalb dessen ebensoviel kleinere Werte wie oberhalb größere Werte liegen                                                                                                                                              |

Tabelle 1

**Mittlere effektive Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland  
im Jahr 1987**

|                                                                                                                              | Mittlere<br>effektive<br>Dosis<br>mSv |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Natürliche Strahlenexposition                                                                                             |                                       |
| 1.1 durch kosmische Strahlung .....                                                                                          | ca. 0,3                               |
| 1.2 durch terrestrische Strahlung von außen im Mittel .....                                                                  | ca. 0,5                               |
| bei Aufenthalt im Freien .....                                                                                               | ca. 0,43                              |
| bei Aufenthalt in Gebäuden .....                                                                                             | ca. 0,57                              |
| 1.3 durch Inhalation von Radon in Wohnungen im Mittel .....                                                                  | ca. 1,3                               |
| 1.4 durch inkorporierte natürliche radioaktive Stoffe .....                                                                  | ca. 0,3                               |
| Summe der natürlichen Strahlenexposition .....                                                                               | ca. <u>2,4</u>                        |
| 2. Zivilisatorische Strahlenexposition                                                                                       |                                       |
| 2.1 durch kerntechnische Anlagen .....                                                                                       | < 0,01                                |
| 2.2 durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der<br>Medizin .....                                   | ca. 1,5 *)                            |
| 2.3 durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in For-<br>schung, Technik und Haushalt (ohne 2.4) ..... | < 0,02                                |
| 2.3.1 Industrieerzeugnisse .....                                                                                             | < 0,01                                |
| 2.3.2 technische Strahlenquellen .....                                                                                       | < 0,01                                |
| 2.3.3 Störstrahler .....                                                                                                     | < 0,01                                |
| 2.4 durch berufliche Strahlenexposition<br>(Beitrag zur mittleren Strahlenexposition der Bevölkerung) .....                  | < 0,01                                |
| 2.5 durch besondere Vorkommnisse .....                                                                                       | 0                                     |
| 2.6 durch Fall-out von Kernwaffenversuchen .....                                                                             | < 0,01                                |
| 2.6.1 von außen im Freien .....                                                                                              | < 0,01                                |
| 2.6.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe .....                                                                           | < 0,01                                |
| Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition .....                                                                         | ca. <u>1,55</u>                       |
| 3. Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im<br>Mittel                                             |                                       |
| 3.1 von außen .....                                                                                                          | ca. 0,03                              |
| 3.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe .....                                                                             | ca. 0,04                              |
| Summe der Strahlenexpositionen durch den Unfall im Kernkraftwerk<br>Tschernobyl .....                                        | ca. <u>0,07</u>                       |

\*) Der Schwankungsbereich dieses Wertes beträgt ca. 50 %

Tabelle 2

## Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernkraftwerken im Jahr 1987

| Kernkraftwerk                       | Edelgase<br>Bq | Aerosole <sup>a)</sup><br>Bq | Iod 131<br>Bq | <sup>14</sup> CO <sub>2</sub><br>Bq | Tritium<br>Bq |
|-------------------------------------|----------------|------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|
| Kahl <sup>b)</sup> .....            | —              | 1,6 E04                      | —             | —                                   | —             |
| Gundremmingen A <sup>c)</sup> ..... | —              | 3,4 E06                      | —             | —                                   | 4,9 E09       |
| Lingen <sup>c)</sup> .....          | —              | —                            | —             | —                                   | 1,2 E09       |
| Obrigheim .....                     | 4,6 E11        | 1,2 E07                      | 3,7 E04       | 1,3 E10                             | 1,7 E11       |
| Stade .....                         | 8,2 E13        | 1,3 E07                      | 7,2 E07       | 1,2 E10                             | 1,6 E12       |
| Würgassen .....                     | 2,9 E12        | 2,1 E08                      | 2,5 E08       | 1,8 E11                             | 4,5 E11       |
| Biblis A .....                      | 3,7 E13        | 1,4 E08                      | 3,2 E07       | 3,2 E10                             | 3,6 E11       |
| Biblis B .....                      | 3,3 E12        | 3,3 E07                      | 2,3 E07       | 1,2 E10                             | 3,6 E11       |
| Neckarwestheim .....                | 1,1 E13        | 1,2 E07                      | 1,4 E07       | 4,9 E10                             | 9,8 E11       |
| Brunsbüttel .....                   | 6,6 E12        | 3,0 E07                      | 4,0 E07       | 2,0 E11                             | 2,3 E11       |
| Isar .....                          | 8,6 E11        | 1,9 E07                      | 1,2 E08       | 3,3 E11                             | 2,3 E11       |
| Unterweser .....                    | 4,7 E12        | 7,6 E06                      | 4,1 E06       | 2,8 E10                             | 1,3 E12       |
| Philippsburg 1 .....                | 7,6 E11        | 2,0 E07                      | 4,2 E07       | 3,2 E11                             | 3,1 E10       |
| Grafenrheinfeld .....               | 5,3 E08        | 1,7 E06                      | 2,3 E04       | 7,5 E10                             | 7,1 E11       |
| Krümmel .....                       | 1,4 E13        | 2,2 E07                      | 9,2 E07       | 4,4 E11                             | 2,6 E11       |
| Gundremmingen B und C .....         | 1,9 E13        | n. n.                        | 1,1 E08       | 8,1 E11                             | 1,4 E11       |
| Grohnde .....                       | 3,8 E12        | 6,9 E05                      | 2,9 E06       | 6,1 E10                             | 4,4 E11       |
| Hamm-Uentrop .....                  | 1,3 E11        | 4,3 E07                      | 1,5 E07       | 4,6 E10                             | 5,0 E12       |
| Philippsburg 2 .....                | 8,3 E11        | 6,6 E04                      | 9,2 E05       | 5,4 E10                             | 1,0 E12       |
| Mülheim-Kärlich .....               | n. n.          | n. n.                        | 1,2 E05       | 2,0 E10                             | 4,8 E10       |
| Brokdorf .....                      | n. n.          | 2,9 E04                      | n. n.         | 1,2 E10                             | 8,9 E10       |

<sup>a)</sup> Halbwertszeit > 8 Tage, ohne Iod 131, einschließlich Strontium und Alpha-Strahler

<sup>b)</sup> Stillstand seit November 1985

<sup>c)</sup> Stillstand seit Januar 1977

n. n.: nicht nachgewiesen (kleiner oder gleich Nachweisgrenze)

4,6 E11 bedeutet  $4,6 \cdot 10^{11}$

Tabelle 3

## Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken im Jahr 1987

| Kernkraftwerk                          | Spalt- und<br>Aktivierungsprodukte<br>(außer Tritium)<br>Bq | Tritium<br>Bq | Alpha-Strahler<br>Bq |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|
| Kahl <sup>a)</sup> .....               | 1,1 E08                                                     | 3,6 E09       | —                    |
| Lingen <sup>b)</sup> .....             | 1,0 E08                                                     | 6,8 E09       | 1,0 E06              |
| Obrigheim .....                        | 4,1 E08                                                     | 5,7 E12       | —                    |
| Stade .....                            | 1,3 E09                                                     | 6,1 E12       | —                    |
| Würgassen .....                        | 5,5 E08                                                     | 3,9 E11       | 1,4 E06              |
| Biblis A .....                         | 2,9 E09                                                     | 1,5 E13       | 1,6 E06              |
| Biblis B .....                         | 9,2 E08                                                     | 1,0 E13       | 6,2 E05              |
| Neckarwestheim .....                   | 1,0 E08                                                     | 1,2 E13       | 9,9 E05              |
| Brunsbüttel .....                      | 4,0 E08                                                     | 5,0 E11       | 9,0 E05              |
| Isar .....                             | 5,6 E08                                                     | 7,5 E11       | 2,9 E06              |
| Unterweser .....                       | 2,3 E08                                                     | 1,4 E13       | —                    |
| Philippsburg 1 .....                   | 5,6 E08                                                     | 6,2 E11       | —                    |
| Grafenrheinfeld .....                  | 7,1 E07                                                     | 1,6 E13       | —                    |
| Krümmel .....                          | 1,3 E07                                                     | 9,5 E11       | —                    |
| Gundremmingen<br>(Block B und C) ..... | 8,4 E08                                                     | 1,6 E12       | —                    |
| Grohnde .....                          | 8,4 E07                                                     | 1,6 E13       | —                    |
| Hamm-Uentrop .....                     | 9,5 E06                                                     | 3,4 E12       | —                    |
| Philippsburg 2 .....                   | 3,2 E08                                                     | 1,3 E13       | —                    |
| Mülheim-Kärlich .....                  | 1,3 E08                                                     | 4,9 E12       | —                    |
| Brokdorf .....                         | —                                                           | 2,5 E13       | —                    |

<sup>a)</sup> Anlage im November 1985 stillgelegt<sup>b)</sup> Anlage im Januar 1977 stillgelegt

wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze

Tabelle 4

**Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernforschungszentren im Jahr 1987**

| Kernforschungszentrum                                                                    | Edelgase<br>Bq | Aerosole<br>Bq        | Iod 131<br>Bq | Iod 129<br>Bq | Tritium<br>Bq | Kohlen-<br>stoff 14<br>Bq | Stron-<br>tium 90<br>Bq |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|-------------------------|
| Kernforschungszentrum Karlsruhe<br>(einschließlich Wiederaufarbeitungs-<br>anlage) ..... | 2,7 E15        | 3,8 E09 <sup>a)</sup> | 6,7 E06       | 1,4 E08       | 2,4 E13       | 1,5 E11                   | 1,9 E07                 |
| Kernforschungsanlage Jülich<br>(einschließlich Versuchsreaktor AVR)                      | 2,1 E12        | 2,0 E06               | 2,7 E08       | —             | 4,4 E13       | 1,3 E11                   | 1,9 E03                 |

<sup>a)</sup> Alpha-Strahler: 1,0 E07

noch Tabelle 4

**Jahresabgaben radioaktiver Stoffe im Abwasser aus Kernforschungszentren im Jahr 1987**

| Kernforschungszentrum                                                             | Spalt- und<br>Aktivierungs-<br>produkte *)<br>Bq | Tritium<br>Bq | Alpha-Strahler<br>Bq |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------|----------------------|
| Kernforschungszentrum Karlsruhe<br>(einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage) ... | 7,5 E08                                          | 9,6 E13       | 4,2 E07              |
| Kernforschungsanlage Jülich .....                                                 | 7,3 E08                                          | 3,1 E12       | <4,0 E07             |

\*) ohne Tritium

Tabelle 5

**Abgabe radioaktiver Stoffe (Alpha-Aktivität) aus kernbrennstoffverarbeitenden Betrieben im Jahr 1987**

| Betrieb                          | Abluft<br>Bq | Abwasser<br>Bq |
|----------------------------------|--------------|----------------|
| ALKEM (Hanau) .....              | < 1,9 E04    | 1,9 E06        |
| NUKEM (Hanau) .....              | 3,8 E05      | 7,6 E07        |
| HOBEG (Hanau) .....              | 7,9 E04      |                |
| Reaktor-Brennelement Union       |              |                |
| Werk I (Hanau) .....             | 2,5 E07      | 1,3 E09        |
| Werk II (Karlstein) .....        | 5,7 E04      | 2,0 E08        |
| ANF (Lingen) <sup>a)</sup> ..... | < 8,1 E03    | —              |
| URENCO (Gronau) .....            | 3,3 E04      | 9,6 E03        |

wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze

<sup>a)</sup> Advanced Nuclear Fuels, vormals Exxon Nuclear

Tabelle 6

**Kerntechnische Anlagen im benachbarten Ausland**  
(Stand 31. Dezember 1987)

| Land              | Anlage/Standort                                 | Entfernung zur deutschen Grenze |
|-------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| Schweiz .....     | Kernkraftwerk Beznau (2 Blöcke)                 | ca. 6 km                        |
|                   | Eidg. Institut für Reaktorforschung Würenlingen | ca. 7 km                        |
|                   | Kernkraftwerk Mühleberg                         | ca. 70 km                       |
|                   | Kernkraftwerk Gösgen-Däniken                    | ca. 20 km                       |
|                   | Kernkraftwerk Leibstadt                         | ca. 0,5 km                      |
| Frankreich .....  | Kernkraftwerk Fessenheim (2 Blöcke)             | ca. 1,5 km                      |
|                   | Kernkraftwerk Cattenom (2 Blöcke)               | ca. 12 km                       |
| Niederlande ..... | Kernkraftwerk Dodewaard                         | ca. 20 km                       |
|                   | Urananreicherungsanlage Almelo                  | ca. 15 km                       |

Tabelle 7

**Strahlenexposition im Jahr 1987 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die  
Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft**

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens  
300 Mikrosievert und die Schilddrüsendosis höchstens 900 Mikrosievert pro Jahr  
betragen)

| Kernkraftwerk               | Oberer Wert <sup>a)</sup>                        |                                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                             | der effektiven<br>Dosis für<br>Erwachsene<br>µSv | der Schild-<br>drüsendosis<br>für Kleinkinder<br>µSv |
| Kahl .....                  | < 0,1                                            | < 0,1                                                |
| Lingen .....                | < 0,1                                            | < 0,1                                                |
| Obrigheim .....             | 1                                                | 2                                                    |
| Stade .....                 | 0,4                                              | 1                                                    |
| Würgassen .....             | 3                                                | 15                                                   |
| Biblis A, B .....           | 0,4                                              | 1                                                    |
| Neckarwestheim .....        | 0,6                                              | 1                                                    |
| Brunsbüttel .....           | 0,6                                              | 1                                                    |
| Isar .....                  | 0,6                                              | 2                                                    |
| Unterweser .....            | < 0,1                                            | 0,1                                                  |
| Philippsburg 1, 2 .....     | 1                                                | 3                                                    |
| Grafenrheinfeld .....       | 0,1                                              | 0,2                                                  |
| Krümmel .....               | 1                                                | 2                                                    |
| Gundremmingen A, B, C ..... | 1                                                | 3                                                    |
| Grohnde .....               | 0,2                                              | 0,3                                                  |
| Hamm-Uentrop .....          | 0,2                                              | 0,3                                                  |
| Mülheim-Kärlich .....       | < 0,1                                            | < 0,1                                                |
| Brokdorf .....              | < 0,1                                            | < 0,1                                                |

<sup>a)</sup> berechnet für die ungünstigste Einwirkungsstelle

Tabelle 8

**Strahlenexposition im Jahr 1987 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser**

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 Mikrosievert pro Jahr betragen)

| Kernkraftwerk                  | Oberer Wert<br>der effektiven Dosis<br>für Erwachsene <sup>a)</sup><br>μSv |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Kahl .....                     | 0,4                                                                        |
| Gundremmingen A, B und C ..... | 0,6                                                                        |
| Lingen .....                   | < 0,1                                                                      |
| Obrigheim .....                | 0,2                                                                        |
| Stade .....                    | 0,1                                                                        |
| Würgassen .....                | 0,2                                                                        |
| Biblis A und B .....           | 0,1                                                                        |
| Neckarwestheim .....           | 0,1                                                                        |
| Brunsbüttel .....              | < 0,1                                                                      |
| Isar .....                     | < 0,1                                                                      |
| Unterweser .....               | < 0,1                                                                      |
| Philippsburg 1 und 2 .....     | 0,1                                                                        |
| Grafenrheinfeld .....          | 0,1                                                                        |
| Krümmel .....                  | < 0,1                                                                      |
| Grohnde .....                  | 0,1                                                                        |
| Hamm-Uentrop .....             | 0,2                                                                        |
| Mülheim-Kärlich .....          | < 0,1                                                                      |
| Brokdorf .....                 | < 0,1                                                                      |

<sup>a)</sup> Es werden extreme Verzehrsgewohnheiten (z. B. 39 kg Flußfisch pro Jahr, der in der Kühlwasser-fahne gefangen wird) und Lebensgewohnheiten zugrunde gelegt.

Tabelle 9

**Strahlenexposition im Jahr 1987 in der Umgebung von Kernforschungszentren durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft<sup>a)</sup>**

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 Mikrosievert und die Schilddrüsendosis höchstens 900 Mikrosievert pro Jahr betragen)

| Kernforschungszentrum                                                                  | Oberer Wert                                      |                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                                                                        | der effektiven<br>Dosis für<br>Erwachsene<br>μSv | der Schild-<br>drüsendosis<br>für Kleinkinder<br>μSv |
| Kernforschungszentrum Karlsruhe<br>(einschließlich<br>Wiederaufarbeitungsanlage) ..... | 4,0                                              | 61                                                   |
| Kernforschungsanlage Jülich<br>(einschließlich Versuchsreaktor AVR) ..                 | 7,8                                              | 30                                                   |

<sup>a)</sup> Entnommen den Jahresberichten 1987 sowie nach Angaben der Strahlenschutzabteilungen der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich

Tabelle 10

**Strahlenexposition im Jahr 1987 in der Umgebung der kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft**

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis höchstens 300 Mikrosievert und die Lungendosis höchstens 900 Mikrosievert pro Jahr betragen)

| Betrieb                    | Oberer Wert                                        |                                                |
|----------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                            | der effektiven Dosis für Erwachsene $\mu\text{Sv}$ | der Lungendosis für Kleinkinder $\mu\text{Sv}$ |
| ALKEM (Hanau) .....        | < 0,1                                              | < 0,1                                          |
| NUKEM (Hanau) .....        | 0,5                                                | 3                                              |
| HOBEG (Hanau) .....        | < 0,1                                              | 0,2                                            |
| Reaktor-Brennelement Union |                                                    |                                                |
| Werk I (Hanau) .....       | 1                                                  | 8                                              |
| Werk II (Karlstein) .....  | < 0,1                                              | 0,3                                            |
| ANF (Lingen) .....         | < 0,1                                              | < 0,1                                          |
| URENCO (Gronau) .....      | < 0,1                                              | < 0,1                                          |

Tabelle 11

**Strahlenexposition im Jahr 1987 in der Umgebung der kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser**

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis höchstens 300 Mikrosievert pro Jahr betragen)

| Betrieb                                       | Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene $\mu\text{Sv}$ |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| ALKEM GmbH (Hanau) .....                      | < 0,1                                                          |
| NUKEM einschließlich HOBEG GmbH (Hanau) ..... | < 0,1                                                          |
| Reaktor-Brennelement Union GmbH               |                                                                |
| Werk I (Hanau) .....                          | 0,4                                                            |
| Werk II (Karlstein) .....                     | < 0,1                                                          |
| ANF GmbH (Lingen) .....                       | —                                                              |
| URENCO (Gronau) .....                         | < 0,1                                                          |

Tabelle 12

**Daten zur beruflichen Strahlenexposition in Leistungskernkraftwerken**

| Jahr | Anzahl Kraftwerke | Überwachte Personen | Kollektivdosis in Sv | elektrische Energieerzeugung in GWh | Verhältnis Kollektivdosis/Energieerzeugung in mSv/GWh |
|------|-------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1980 | 10                | 13 822              | 51                   | 43 345                              | 1,2                                                   |
| 1981 | 11                | 18 105              | 62                   | 53 081                              | 1,2                                                   |
| 1982 | 11                | 21 458              | 87                   | 62 976                              | 1,4                                                   |
| 1983 | 12                | 21 203              | 78                   | 64 329                              | 1,2                                                   |
| 1984 | 15                | 19 617              | 43                   | 92 252                              | 0,5                                                   |
| 1985 | 16                | 22 343              | 49                   | 125 709                             | 0,4                                                   |
| 1986 | 16                | 24 607              | 50                   | 124 465                             | 0,4                                                   |
| 1987 | 17                | 22 949              | 46                   | 123 333                             | 0,4                                                   |

Tabelle 13

## Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

| Datum                                       | Vorkommnis                                                                                                                                                                                           | Ursache                                                                      | radiologische Folgen                                                                                                         | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                                                         |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                           | 2                                                                                                                                                                                                    | 3                                                                            | 4                                                                                                                            | 5                                                                                                                  |
| 4. 8. und 18. 8. 1986 (Nachträge für 1986)  | Verlust eines RIA-Kits (Präparate für medizin. Diagnostik) mit 733 kBq I-125 und eines Fläschchens mit 222 kBq I-125                                                                                 | Falschauslieferung                                                           | wegen geringer Aktivität und Toxizität des Nuklides keine Gefährdung von Personen zu erwarten                                | tatsächlicher Empfänger der Sendung konnte nicht ermittelt werden                                                  |
| 7. 10. und 8. 10. 1986 (Nachträge für 1986) | 2 Verkehrsunfälle von Lastzügen, die mit Uranerz beladen waren                                                                                                                                       | Fahrfehler                                                                   | keine, trotz geringer spezifischer Aktivität des Erzes wurden die Kontaminationen auf der Straße bzw. dem Erdreich beseitigt | Transportfirma wurde von weiteren Uranerztransporten durch Bescheidsänderung ausgeschlossen                        |
| 1987                                        | nach dem Widerruf einer Bauartzulassung wurde bei einer Sammelaktion der Verlust von insgesamt 10 Nebelkammer-Strahlern (Ra-226) an mehreren Schulen festgestellt; Aktivität: 9×48 kBq und 1×3,7 kBq | nicht bekannt                                                                | im Hinblick auf Aktivität und Beschaffenheit der Strahler nicht zu erwarten                                                  | insgesamt konnten 428 Strahler sichergestellt und der zuständigen Landes-sammelstelle übergeben werden             |
| 13. 1. 1987                                 | Unfall eines mit 6 UF <sub>6</sub> -Behältern beladenen LKW auf einer Bundesautobahn                                                                                                                 | Verkehrsunfall                                                               | keine, da Behälter unbeschädigt blieben                                                                                      | Transport konnte am gleichen Tag mit Ersatzfahrzeug fortgesetzt werden                                             |
| 13. 1. 1987                                 | bei einem tierexperimentellen Versuch an einer Universität ließ sich der Strahler (274 GBq Ir-192) einer fernbedienten Applikationseinrichtung nicht mehr in den Abschirmbehälter zurückfahren       | technischer Defekt (Verschleiß im Bereich des Antriebssystems)               | Strahlenexposition des Bedienungspersonals 0,4 bzw. 0,15 mSv                                                                 | Strahler wurde von Herstellerfirma geborgen                                                                        |
| Februar 1987                                | Verlust eines Co-60-Strahlers (259 MBq) aus einer Füllstandsmeßanlage eines Koks-bunkers                                                                                                             | Beschädigung des Schutzrohres der Meßanlage (wahrscheinlich Frosteinwirkung) | die Suchmaßnahmen verliefen ergebnislos; die Quelle ist vermutlich im Hochofen eingeschmolzen worden (homogene Beimischung)  | technische Verbesserungen und Kontrollmaßnahmen zur Vermeidung ähnlicher Vorkommnisse wurden angeordnet            |
| 3. 2. 1987                                  | Meldung des Verlustes von 2 Strahlern in einer Gießerei (55 MBq Co-60, 925 kBq Cs-137)                                                                                                               | vermutlich Diebstahl                                                         | können bei unsachgemäßer Handhabung/Verwendung nicht ausgeschlossen werden                                                   | Betriebsangehörige und Öffentlichkeit wurden gewarnt; Bußgeld wegen unzureichender Sicherung der Strahler verhängt |

noch Tabelle 13

## Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

| Datum           | Vorkommnis                                                                                                                                         | Ursache                                                                                                                                                                                                                 | radiologische Folgen                                                                                                                                                             | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                                                                                                                                 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | 2                                                                                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                                                       | 4                                                                                                                                                                                | 5                                                                                                                                                                                          |
| 3. 2. 1987      | bei der Eingangskontrolle einer Sondermüllverbrennungsanlage wurde an einem Faß eine erhöhte Ortsdosisleistung gemessen                            | in einer Klinik war eine mit ca. 15 MBq I-131 kontaminierte Zellstoffwindel versehentlich in den nichtradioaktiven Abfall gelangt                                                                                       | keine                                                                                                                                                                            | die Zellstoffwindel wurde ordnungsgemäß beseitigt; Verwarnung wegen unzureichender Beaufsichtigung ausgesprochen                                                                           |
| 3. 2. 1987      | in einer Universität wurde an der Verpackung umschlossener radioaktiver Stoffe eine Kontamination (ca. 120 Bq/cm <sup>2</sup> Am-241) festgestellt | konnte nicht eindeutig ermittelt werden; da ein Zusammenhang mit den umschlossenen radioaktiven Stoffen auszuschließen ist, erfolgte die Kontamination möglicherweise beim Hersteller oder beim Transport der Präparate | keine; Inkorporationsmessung der Personen, die mit der Verpackung in Berührung gekommen waren, ergaben keine nachweisbare Aktivitätsaufnahme; Dekontamination wurde durchgeführt | die Verpackung wurde ordnungsgemäß beseitigt                                                                                                                                               |
| 6. 2. 1987      | erhöhte Abluft-Emission in einem Forschungszentrum                                                                                                 | erhöhte Staubbildung beim Abriss einer kontaminierten Mauer                                                                                                                                                             | unbedeutend (Effektivdosis 0,06 µSv)                                                                                                                                             | Überschreitung eines Jahresgrenzwertes einer von vier Nuklidgruppen bei einer von 27 Emissionsstellen                                                                                      |
| 20./21. 2. 1987 | Zerstörung eines Staubmeßgerätes mit einem Kr-85-Strahler (1,85 GBq) in einem städtischen Meßwagen                                                 | Knallexplosion mit anschließendem Brand                                                                                                                                                                                 | aufgrund der extremen Flüchtigkeit des Edelgases bestand weder für Polizei/Feuerwehr noch für sonstige Personen eine Strahlengefährdung                                          |                                                                                                                                                                                            |
| 24. 2. 1987     | Feststellung von Plutonium-Kontaminationen in einem Nuklearbetrieb                                                                                 | Anlieferung von mit Plutonium kontaminiertem Material aus einem Forschungszentrum                                                                                                                                       | Inkorporationsmessungen bei 73 Beschäftigten ergaben, daß in 3 Fällen eine Überschreitung bis zum 2fachen der zulässigen Jahresaktivitätszufuhr nicht ausgeschlossen werden kann | die aus der Inkorporation resultierenden Jahresdosen liegen unterhalb der Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen (Kat.A); gesundheitliche Folgen sind nicht zu erwarten |
| 13. 3. 1987     | Inkorporation von Plutonium bei einem Beschäftigten in einem Nuklearbetrieb                                                                        | technischer Fehler (Leck in den Handschuhen einer Handschuhbox)                                                                                                                                                         | Aktivitätszufuhr von weniger als 20 % der nach StrlSchV zulässigen Jahresaktivitätszufuhr                                                                                        | gesundheitliche Folgen nicht zu erwarten                                                                                                                                                   |

noch Tabelle 13

## Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

| Datum       | Vorkommnis                                                                                                                                                     | Ursache                                                                                                              | radiologische Folgen                                                                                                               | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                                                       |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | 2                                                                                                                                                              | 3                                                                                                                    | 4                                                                                                                                  | 5                                                                                                                |
| 18. 3. 1987 | bei einer fernbedienten medizinischen Applikations-einrichtung ließ sich die Quelle nach der Spickung nicht in den Abschirmbehälter zurückfahren               | technischer Defekt (gelockerte Überwurfmutter am Führungsschlauch)                                                   | der die Patientin bergende Arzt erhielt eine Dosis von weniger als 0,05 mSv                                                        | Gerät wurde durch Hersteller instandgesetzt und technisch verbessert                                             |
| 27. 3. 1987 | Verlust einer I-131-Strahlenquelle (67 MBq) auf dem Transportweg zu einem Krankenhaus                                                                          | bisher ungeklärt                                                                                                     | bei unsachgemäßer Verwendung nicht auszuschließen                                                                                  | der radioaktive Stoff (Halbwertszeit 8 Tage) befand sich in einer besonders gekennzeichneten Transportverpackung |
| 31. 3. 1987 | Überfüllung eines UF <sub>6</sub> -Behälters mit abgereichertem Uran um 49 kg in einem Nuklearbetrieb (Füllmenge ca. 12 t)                                     | Defekt der Meßeinrichtungen an der Befüllungsstation                                                                 | keine, da überfüllte Menge mit Unterdruck in anderen Behälter zurückgeführt werden konnte                                          | die als zusätzliche Kontrollmaßnahme geforderte Präzisionsmessung am Schluß der Befüllung hat sich bewährt       |
| April 1987  | Verlust eines Prüfstrahlers für ein Strahlenmeßgerät mit 925 kBq Cs-137 in einem Materialdepot                                                                 | Diebstahl (erleichtert durch unvorschriftsmäßige Aufbewahrung des Strahlers)                                         | wegen Beschaffenheit und Aktivität des Strahlers nicht zu erwarten                                                                 | Diebstahl bisher nicht aufgeklärt; innerbetriebliche Mängel wurden beseitigt                                     |
| 6. 4. 1987  | Überschwemmung des Kellers eines Universitätsinstituts, in dem auch radioaktive Abfälle zwischengelagert waren                                                 | Defekt an der Hebeanlage für inaktives Abwasser                                                                      | die Aktivitätskonzentration für H-3 und C-14 lag unterhalb der Grenzwerte d. StrlSchV, für P-32 wurden bis zu 1.2000 Bq/l gemessen | das gesamte Wasser wurde abgepumpt und zum Abklingen in die zuständige Landessammelstelle verbracht              |
| 6. 4. 1987  | anonyme Übersendung von Gummihandschuhen an eine Zeitungsredaktion mit dem Hinweis, sie stammten aus einem Nuklearbetrieb und seien mit Plutonium kontaminiert | vermutlich demonstrativer Akt                                                                                        | an den Handschuhen wurden lediglich geringfügige Urankontaminationen festgestellt                                                  | der Vorgang ist unter Strahlenschutzaspekten bedeutungslos                                                       |
| 9. 4. 1987  | Fund eines vergrabenen Radiumpräparates (370 MBq Herstellungsjahr 1922) in einem an eine Universität angrenzenden Waldstück                                    | das Präparat war von seinem Besitzer, einem inzwischen verstorbenen Professor, vermutlich 1964 dort vergraben worden | im Hinblick auf dichte Umhüllung und Fundort: keine                                                                                | das Präparat wurde ordnungsgemäß beseitigt                                                                       |

noch Tabelle 13

## Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

| Datum                  | Vorkommnis                                                                                            | Ursache                                                                  | radiologische Folgen                                                                                                          | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                                                                                                                   |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                      | 2                                                                                                     | 3                                                                        | 4                                                                                                                             | 5                                                                                                                                                                            |
| 14. 4. 1987            | Feststellung des Verlustes eines Strahlenmeßgerätes mit einem Prüfstrahler (2,2 MBq C-14)             | vermutlich Diebstahl                                                     | wegen des festen Einbaus der Strahlenquelle und aufgrund ihrer geringen Aktivität nicht zu erwarten                           | Nachforschungen blieben ergebnislos; zusätzliche Sicherungsmaßnahmen wurden getroffen                                                                                        |
| 15. 4. 1987            | Brand außerhalb des Kontrollbereichs in einem Institut eines Forschungszentrums                       | unsachgemäßes Vorgehen bei Installationsarbeiten                         | keine                                                                                                                         | Schwelbrand war nach 15 Minuten gelöscht. In diesem Raum erfolgte kein Umgang mit radioaktiven Stoffen                                                                       |
| 27. 4. 1987            | Freisetzung von Uranhexafluorid in einem Nuklearbetrieb                                               | nicht vollständig geschlossenes Ventil eines Transportbehälters          | Anstieg der Raumluftaktivität auf 37 Bq/m <sup>3</sup> (Normalbetrieb 4 Bq/m <sup>3</sup> ), Inhalation bei den Beschäftigten | die errechnete Aktivitätszufuhr betrug weniger als 20 % der zulässigen Jahresaktivitätszufuhr (gesundheitliche Folgen nicht zu erwarten); Anlagenteile wurden dekontaminiert |
| 6. 5. 1987             | Verlust eines Kartons (1 kg) aus einer Stückgutsendung<br>Inhalt: 1 Kompaßdose mit Tritiumlichtquelle | vermutlich Diebstahl                                                     | im Hinblick auf Umhüllung und Aktivität: keine                                                                                | Nachforschungen blieben ergebnislos                                                                                                                                          |
| 11. 5. 1987            | unbeabsichtigte Strahlenexposition eines Mitarbeiters am Linearbeschleuniger eines Krankenhauses      | organisatorischer Mangel und Nichtbeachtung der Strahlenschutzanweisung  | die Ganzkörperdosis wurde auf 0,6 mSv abgeschätzt                                                                             | technische und organisatorische Schutzmaßnahmen wurden angeordnet und durchgeführt                                                                                           |
| 13. 5. 1987            | 2facher Brandalarm in einer Sterilisationsanlage mit einer Co-60-Quelle                               | Fehlalarm (wahrscheinlich durch defekten Temperaturfühler hervorgerufen) | —                                                                                                                             | die für einen Brand vorgesehenen Sicherheitsmaßnahmen (Einfahren der Quelle u. a.) funktionierten einwandfrei                                                                |
| 15. 5. und 27. 5. 1987 | Verschlußstörungen an einer medizinischen Gammabestrahlungseinrichtung                                | technischer Fehler (Klemmen der Verschlußtrommel)                        | die die Bergung des Patienten durchführende Person erhielt eine Dosis von 0,2 mSv                                             | technische Verbesserung wurde mit Hersteller erörtert und bundesweit in Angriff genommen                                                                                     |
| 18. 5. 1987            | Verlust von 2 umschlossenen Co-57-Strahlenquellen mit 18,5 kBq bzw. 18,5 MBq in einem Krankenhaus     | Diebstahl nicht auszuschließen                                           | im Hinblick auf Beschaffenheit der Strahler nicht zu erwarten                                                                 |                                                                                                                                                                              |

noch Tabelle 13

## Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

| Datum       | Vorkommnis                                                                                                                     | Ursache                                                                                                                                                              | radiologische Folgen                                                                                                                                                                    | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | 2                                                                                                                              | 3                                                                                                                                                                    | 4                                                                                                                                                                                       | 5                                                                                     |
| 19. 5. 1987 | Fund eines leeren Fasses mit „Radioaktiv“-Kennzeichnung auf dem Fahrzeug eines Schrotthändlers                                 | von dem früheren Eigentümer, einem Nuklearbetrieb, war versäumt worden, die Kennzeichnung zu entfernen                                                               | keine; das Faß war außen und innen kontaminationsfrei                                                                                                                                   | Verwarnung wegen Nichtentfernung der Kennzeichnung ausgesprochen                      |
| 27. 5. 1987 | Fund eines Pakets mit einem Strahlenschutzwarnzeichen auf einer Baustelle                                                      | von der Verpackung, in der sich früher Glasampullen mit Chrom-51-Präparaten für eine Universitätsklinik befunden hatten, war die Kennzeichnung nicht entfernt worden | keine; das Paket war leer und kontaminationsfrei                                                                                                                                        |                                                                                       |
| Juni 1987   | Verlust des Strahlers eines bauartzugelassenen Schulpräparates mit 48 kBq Ra-226                                               | konnte nicht ermittelt werden                                                                                                                                        | wegen Beschaffenheit des Strahlers nicht zu erwarten                                                                                                                                    | Suche blieb ergebnislos                                                               |
| 11. 6. 1987 | Fund eines verplombten Behälters mit 25 kg Urandioxidtabletten in dem Lager für leere Transportbehälter eines Nuklearbetriebes | der Innenbehälter war seinerzeit versehentlich dem Transportbehälter nicht entnommen worden                                                                          | keine, da der radioaktive Stoff in der vorgeschriebenen Verpackung verblieb und das schwach angereicherte Uran sich in seinen Eigenschaften nur geringfügig von Natururan unterscheidet | Verbesserung der Ein- und Ausgangskontrolle wurde angeordnet                          |
| 18. 6. 1987 | Verlust einer Sendung mit 37 MBq H-3 auf dem Transportweg                                                                      | Diebstahl nicht ausgeschlossen                                                                                                                                       | im Hinblick auf Art und Aktivität des Radionuklids nicht zu erwarten                                                                                                                    | Kriminalpolizei wurde eingeschaltet                                                   |
| 30. 6. 1987 | Eindringen von Mitgliedern einer Umweltschutz-Organisation in ein Forschungszentrum                                            | —                                                                                                                                                                    | —                                                                                                                                                                                       | die Personen verließen auf entsprechende Aufforderung das Gelände nach ca. 15 Minuten |
| 17. 7. 1987 | Verlust eines Versandstückes mit radioaktiv markiertem Insulin (740 kBq I-125)                                                 | das Versandstück war bei der Zustellung einem offenbar Unberechtigten ausgehändigt worden                                                                            | im Hinblick auf Aktivität und Halbwertszeit nicht zu erwarten                                                                                                                           |                                                                                       |

noch Tabelle 13

## Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

| Datum          | Vorkommnis                                                                                                                                                                                                                                  | Ursache                                               | radiologische Folgen                                                                                                                               | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                                                                                                                                             |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | 2                                                                                                                                                                                                                                           | 3                                                     | 4                                                                                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                                      |
| 18. 8. 1987    | Freisetzung von ca. 440 l kontaminiertem Wasser (ca. 10 kBq/l, vorwiegend Co-60) in einer Halle auf dem Gelände eines Forschungszentrums                                                                                                    | technischer Fehler (Lösen einer Schlauchverbindung)   | Kontamination des Hallenbodens (Personen nicht betroffen)                                                                                          | ein Eindringen des Wassers ins Erdreich wurde durch die im Genehmigungsverfahren geforderte besondere Konstruktion des Hallenbodens verhindert; das Wasser wurde entfernt und der Boden dekontaminiert |
| 19. 8. 1987    | Verrutschen der Ladung (leicht kontaminiertes Maschinenteil) während eines Transports zu einem Kernkraftwerk                                                                                                                                | unzureichend gesicherte Ladung                        | keine                                                                                                                                              | Aufsichtsbehörden des Auftraggebers und der Spedition wurden unterrichtet                                                                                                                              |
| September 1987 | wiederholte Blockierung der Strahlerführung an einer fernbedienten medizinischen Applikationseinrichtung                                                                                                                                    | zu starke Krümmung des Führungsschlauches             | Dosisgrenzwerte für strahlenexponierte Personen wurden weit unterschritten; Mehrbelastung des Patienten wurde bei weiterer Therapie berücksichtigt | Gerät wurde durch Herstellerfirma instandgesetzt                                                                                                                                                       |
| September 1987 | im Rahmen einer Lieferung von 46 Behältern einer Uranylinitratlösung wurden von einer internationalen Behörde versehentlich auch 2 Behälter eines Uran-Thorium-Gemisches an einen Nuklearbetrieb ausgeliefert und dort teilweise bearbeitet | Versehen bei der versendenden Stelle                  | nach dem Ergebnis der Umgebungs- und Raumluftüberwachung blieben die Werte im Rahmen der genehmigten Grenzwerte                                    | Bearbeitung wurde umgehend eingestellt; Rücklieferung und Verbesserung der Eingangskontrolle eingeleitet                                                                                               |
| 7. 9. 1987     | Freisetzung von ca. 25 MBq eines Thallium-Präparates in einer Klinik                                                                                                                                                                        | beim Applizieren löste sich die Nadel von der Spritze | Kontaminationen der Bekleidung von 2 Personen und des Fußbodens                                                                                    | sofortiger Kleiderwechsel, Dekontamination und Zutrittsbeschränkung. Klinik wurde angewiesen, zukünftig beim Applizieren von radioaktiven Präparaten besondere Vorsorgemaßnahmen zu treffen            |

noch Tabelle 13

## Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

| Datum         | Vorkommnis                                                                                                                                                     | Ursache                                                                                         | radiologische Folgen                                                                                                                 | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | 2                                                                                                                                                              | 3                                                                                               | 4                                                                                                                                    | 5                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 18. 9. 1987   | bei der Therapie eines Bronchial-Karzinoms mit einer fernbedienten Applikationseinrichtung wurde versehentlich die Hand des Patienten bestrahlt                | Bedienungsfehler (Verwendung eines nicht auf die Ausfahrerschlauchlänge abgestimmten Endstücks) | Fehlbestrahlung                                                                                                                      | technische Vorkehrungen, die derartige Fehler ausschließen, wurden vom Hersteller eingeleitet                                                                                                                                                                             |
| 15. 10. 1987  | bei Radiographiearbeiten an einer Großkesselanlage löste sich der Strahlerhalter mit dem Strahler (111 TBq Ir-192) und fiel auf einen Stahlträger              | mechanische Störung                                                                             | eine mit der Bergung des Strahlers beauftragte beruflich strahlenexponierte Person erhielt eine Dosis von 1,3 mSv (Handdosis 20 mSv) | die Strahlenexposition liegt unterhalb der Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen                                                                                                                                                                      |
| 28. 10. 1987  | beim Umladevorgang auf einem Flughafen wurde die Beschädigung der Verplombung eines Versandstücks (Typ-B-U) festgestellt                                       | konnte nicht ermittelt werden                                                                   | keine, Versandstück war unbeschädigt                                                                                                 | Transport konnte nach sicherheitstechnischer Überprüfung fortgesetzt werden                                                                                                                                                                                               |
| 9. 11. 1987   | Meldung des Verlustes eines Strahlers (11,1 GBq Am-241), der früher zur radiometrischen Flächengewichtsmessung in einem Industriebetrieb eingesetzt worden war | ungesicherte Lagerung auf einem Werkstattregal                                                  | der Behälter mit dem Strahler ist vermutlich in den Schrott gelangt und in einem Stahlwerk eingeschmolzen worden                     | im Hinblick auf Vermischung mit Schmelzgut sind radiologische Folgen nicht zu erwarten. Der Vorfall war Anlaß für eine landesweite gewerbliche Sonderaktion (Sicherung ortsfester radiometrischer Anlagen); Bußgeld wegen unzureichender Sicherung des Strahlers verhängt |
| 20. 11. 1987  | bei Gammaradiographiearbeiten in einem Durchstrahlungsraum blieb der Strahler in Ausfahrposition hängen                                                        | unzweckmäßige Verlegung des Ausfahrerschlauches (zu geringer Biegeradius)                       | 3 bei der Störungsbeseitigung eingesetzte Personen erhielten Strahlendosen von 50, 70 und 100 µSv                                    | das Prüfpersonal wurde eingehend darüber belehrt, wie eine Wiederholung der Störung zu vermeiden ist                                                                                                                                                                      |
| 25. 11. 1987  | in einer Schrottlieferung wurden 23 Abschirmbehälter mit „Radioaktiv“-Kennzeichnung gefunden                                                                   | Nichtentfernung der Kennzeichnung                                                               | keine, die Behälter enthielten keine Strahler und waren kontaminationsfrei                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Dezember 1987 | Fehler in der Zeitschaltung einer fernbedienten medizinischen Applikationseinrichtung                                                                          | technischer Defekt                                                                              | keine, da Defekt während Testbestrahlung entdeckt wurde                                                                              | Vorkommnis war Anlaß zu einer bundesweiten Überprüfung der Geräte durch den Hersteller                                                                                                                                                                                    |

Tabelle 14

## Vorkommnisse im Zusammenhang mit Ionisationsrauchmeldern im Jahr 1987

| Datum                           | Vorkommnis                                                                      | Gesamtaktivität | Bemerkungen                                                            |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| 28. 10. 1986<br>(Nachtrag 1987) | Diebstahl von 11 Ionisationsrauchmeldern bei einem Einbruch                     | 203,5 kBq       |                                                                        |
| 1987                            | Verlust von 23 Ionisationsrauchmeldern                                          | 35,89 MBq       | 16 Melder: Verbleib ungeklärt<br>2 Melder: Beseitigung mit Brandschutt |
| Januar 1987                     | Verlust von 93 Ionisationsrauchmeldern aus einer Expresßgutsendung              | 275,28 MBq      | vermutlich Diebstahl;<br>Nachforschungen blieben ergebnislos           |
| Februar 1987                    | Verlust eines Ionisationsrauchmelders auf dem Postweg                           | 30 kBq          | Nachforschungen bisher ergebnislos                                     |
| 1. 3. 1987                      | Diebstahl von 6 Ionisationsrauchmeldern in einer gewerblichen Schule            | 18 kBq          | Strafanzeige wurde erstattet                                           |
| Mai 1987                        | Verlust von 2 Ionisationsrauchmeldern bei Abbrucharbeiten                       | 5,3 MBq         | Rauchmelder wurden vermutlich mit dem Bauschutt beseitigt              |
| 20. 5. 1987                     | Diebstahl eines Ionisationsrauchmelders aus der Notaufnahme eines Krankenhauses | 2,22 kBq        | Strafanzeige wurde erstattet                                           |
| Juli 1987                       | Verlust eines Ionisationsrauchmelders nach einem Brand                          | 2,7 MBq         | vermutlich mit Brandschutt abtransportiert                             |
| 6. 11. 1987                     | Verlust von 2 Ionisationsrauchmeldern bei Abrißarbeiten                         | 59,2 kBq        | vermutlich mit übrigem Metallschrott eingeschmolzen                    |
| Dezember 1987                   | Meldung des Verlustes eines Ionisationsrauchmelders nach Abbrucharbeiten        | 555 kBq         | vermutlich mit Bauschutt abtransportiert                               |

Tabelle 15

Mittlere effektive Dosis durch inkorporiertes Caesium 134 und Caesium 137 in  $\mu\text{Sv}$   
im Jahre 1987 als Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl

|                                 | Voralpen-<br>gebiet | München | Karlsruhe | Homburg/<br>Saar | Frankfurt | Berlin | Hamburg | Köln | Düssel-<br>dorf | Mainz |
|---------------------------------|---------------------|---------|-----------|------------------|-----------|--------|---------|------|-----------------|-------|
| Männer .....                    | —                   | 80      | 32        | 35               | 37        | 40     | 47      | 43   | 37              | 40    |
| Frauen .....                    | —                   | 50      | 26        | 20               | 27        | 21     | 30      | 30   | 22              | 30    |
| Kinder und<br>Jugendliche ..... | 76                  | 50      | 24        | 26               | 31        | 36     | —       | —    | —               | —     |

## **Bericht der Bundesregierung über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1988**

### **Inhalt**

### **Seite**

|                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I. Auftrag und Zusammenfassung</b> .....                                                                                       | <b>26</b> |
| 1. Auftrag .....                                                                                                                  | 26        |
| 2. Zusammenfassung .....                                                                                                          | 26        |
| <b>II. Natürliche und zivilisatorisch veränderte natürliche Strahlenexposition</b> .....                                          | <b>27</b> |
| <b>III. Zivilisatorische Strahlenexposition</b> .....                                                                             | <b>27</b> |
| 1. Kerntechnische Anlagen .....                                                                                                   | 27        |
| 1.1 Zusammenfassung der Ergebnisse für kerntechnische Anlagen .....                                                               | 27        |
| 1.2 Jahresabgaben radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen .....                                                           | 28        |
| 1.3 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition von Einzelpersonen und Mittelwerte der Strahlenexposition der Bevölkerung ..... | 28        |
| 2. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin .....                                                  | 29        |
| 3. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in Forschung, Technik und Haushalt .....                              | 29        |
| 3.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen .....                                                                     | 29        |
| 3.2 Störstrahler .....                                                                                                            | 30        |
| 4. Berufliche Tätigkeit .....                                                                                                     | 30        |
| 5. Besondere Vorkommnisse .....                                                                                                   | 30        |
| 6. Fall-out von Kernwaffenversuchen .....                                                                                         | 30        |
| <b>IV. Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl</b> ..                                                    | <b>31</b> |
| <b>Tabellen</b> .....                                                                                                             | <b>34</b> |
| <b>Abbildungen</b> .....                                                                                                          | <b>47</b> |

## I. Auftrag und Zusammenfassung

### 1. Auftrag

Das Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2610) sieht die jährliche Berichterstattung durch den Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit an den Deutschen Bundestag und den Bundesrat über die Entwicklung der Radioaktivität in der Umwelt vor. Der Bericht für das Jahr 1988 wird hiermit vorgelegt. Er umfaßt die wichtigsten Informationen und Änderungen im Bereich der Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung gegenüber den Vorjahren. Die Gesamtheit des Datenumaterials wird jeweils in den ausführlichen Jahresberichten über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ wiedergegeben.

### 2. Zusammenfassung

Der Bericht behandelt

- die natürliche und zivilisatorisch veränderte natürliche Strahlenexposition (Kapitel II),
- die zivilisatorische Strahlenexposition (Kapitel III) und
- die Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl (Kapitel IV).

Die natürliche Strahlenexposition setzt sich zusammen aus der Strahlenexposition von außen durch die kosmische und terrestrische Komponente der natürlichen Strahlung und aus der Strahlenexposition von innen durch die Aufnahme natürlich radioaktiver Stoffe in den Körper. Veränderungen der Umwelt des Menschen durch technische Entwicklungen, die eine unbeabsichtigte Anreicherung natürlich radioaktiver Stoffe zur Folge haben, führen zu einer zivilisatorisch bedingten Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen.

Die Beiträge zur zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung resultieren aus dem Betrieb kerntechnischer Anlagen, aus der Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Medizin, Forschung, Technik und Haushalt, aus der beruflichen Tätigkeit, aus Strahlenunfällen und besonderen Vorkommnissen in Anlagen der Bundesrepublik Deutschland sowie aus dem Fall-out von Kernwafferversuchen in der Atmosphäre und dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl vom 25. April 1986.

Dieser Unfall hat zu einer nachhaltigen Veränderung der Umweltradioaktivität geführt. Die Auswirkung auf die Strahlenexposition der Bevölkerung durch Vorsorgemaßnahmen, wie Verhaltensempfehlungen und Handelsbeschränkungen für Lebensmittel, konnte günstig beeinflußt werden. Im nationalen wie internationalen Bereich sind Konsequenzen, u. a. mit dem Strahlenschutzvorsorgegesetz, mit Rechtsakten

der Europäischen Gemeinschaft und mit Konventionen zur Information und Hilfeleistung bei kerntechnischen Unfällen im Rahmen der Internationalen Atomenergiebehörde gezogen worden. Über die Auswirkungen des Unfalls von Tschernobyl auf das Bundesgebiet und die getroffenen Maßnahmen und Initiativen ist der Deutsche Bundestag im einzelnen unterrichtet worden.

Die Strahlenexposition der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1988 ist in der Tabelle 1 nach den verschiedenen Strahlenquellen aufgeschlüsselt. Die effektive Dosis aus natürlichen Strahlenquellen, die im Gegensatz zur genetisch signifikanten Dosis auch die Strahlenexposition anderer Organe und damit auch der Lunge durch Radon berücksichtigt (s. Abschnitt II), beträgt im Mittel 2,4 mSv mit einer mittleren Schwankung von ca. 1 mSv. Die durch die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin hervorgerufene effektive Dosis von 1,5 mSv ist mit einer Schwankungsbreite von ca. 50% behaftet; auf diese Schwankungsbreite wird im Kapitel III.2 näher eingegangen. Bei den übrigen Beiträgen zur zivilisatorischen Strahlenexposition liegen die tatsächlichen Werte unter den angegebenen oberen Grenzen.

Als zusammenfassendes Ergebnis ist für das Jahr 1988 folgendes festzustellen:

- Der Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl hat die Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland verändert. Die dadurch bedingte Strahlenexposition der Bevölkerung ging 1988 auf ca. 2% der natürlichen Strahlenexposition (2,4 mSv) zurück. Südlich der Donau kann die Dosis, je nach örtlichen Gegebenheiten, in Einzelfällen bis zu einem Faktor 5 höher sein.
- Eine statistisch gesicherte Veränderung der Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland aus den übrigen Beiträgen ist gegenüber den Vorjahren bei Berücksichtigung der Unsicherheiten, mit denen die Hauptbeiträge zu dieser Dosis behaftet sind, nicht feststellbar.
- Die Strahlendosis durch die Radonkonzentrationen in Wohnungen bedingt ca. 50% der Strahlendosis natürlichen Ursprungs.
- Der Beitrag der Strahlenexposition durch Kernkraftwerke und sonstige kerntechnische Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland zur effektiven Dosis der Bevölkerung betrug im Jahr 1988 weniger als 1 Prozent des Beitrages der zivilisatorischen Strahlenexposition. Die Jahresemissionen radioaktiver Stoffe blieben bei allen kerntechnischen Anlagen unterhalb, bei den meisten weit unterhalb der genehmigten Werte.
- Der größte Beitrag der zivilisatorischen Strahlenexposition wird durch die Anwendung ionisieren-

der Strahlen in der Medizin, vor allem durch die Röntgendiagnostik verursacht. Die Untersuchung des Bundesgesundheitsamtes „Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland durch medizinische Maßnahmen, insbesondere in der Röntgendiagnostik“ zeigt zwar, daß sich wesentliche, die Strahlenbelastung beeinflussende Parameter (z. B. Zahl und Qualität der Untersuchungen, Untersuchungsmethoden) verbessert haben. Die daraus resultierende Verringerung der Dosis kann jedoch rechnerisch nicht als exakter Zahlenwert dargestellt werden, da die ermittelte Dosis eine sehr große Schwankungsbreite in sich birgt.

- Obwohl die Anzahl der beruflich strahlenexponierten Personen weiterhin zugenommen hat, bleibt der Anteil der beruflichen Strahlenexposition am Beitrag der zivilisatorischen Strahlenexposition unter einem Prozent.
- Der Beitrag der Strahlenexposition durch die in den vergangenen Jahrzehnten in der Atmosphäre durchgeführten Kernwaffenversuche zur Dosis ist weiterhin rückläufig. Im Jahr 1988 wurden keine Kernwaffenversuche in der Atmosphäre durchgeführt.

## II. Natürliche und zivilisatorisch veränderte natürliche Strahlenexposition

Nach Erhebungsmessungen zur Ermittlung der Höhe und Schwankungsbreite der Aktivitätskonzentration des natürlich radioaktiven Edelgases Radon in annähernd 6 000 Wohnungen wurde eine mittlere Radonkonzentration in Wohnungen der Bundesrepublik Deutschland von etwa 50 Bq/m<sup>3</sup> festgestellt. Diese Untersuchungen deuten darauf hin, daß in 10 % der Wohnungen eine Radonkonzentration von mehr als 80 Bq/m<sup>3</sup> und in 1 % der Wohnungen eine Radonkonzentration von mehr als 200 Bq/m<sup>3</sup> vorliegt.

Für die Strahlenexposition der Lunge ergibt sich bei dem Mittelwert der Radonkonzentration von 50 Bq/m<sup>3</sup> eine mittlere jährliche Äquivalentdosis von etwa 18 mSv im Bronchialepithel und von etwa 2,4 mSv im Alveolarbereich. Aufgrund der gemessenen Häufigkeitsverteilung der Radonkonzentration ist anzunehmen, daß z. Z. bei etwa 1 % der Bevölkerung die natürliche Strahlenexposition des Bronchialepithels bzw. des Alveolargewebes der Lunge größer als 70 bzw. 10 mSv pro Jahr ist.

Das Bronchialepithel ist damit das am stärksten durch natürliche Quellen strahlenexponierte Gewebe des menschlichen Körpers. Die Strahlenexposition der Lunge trägt etwa zur Hälfte der jährlichen effektiven Dosis durch natürliche Strahlenquellen bei.

Bei den bisher ermittelten Wohnungen mit erhöhter Radonkonzentration ist die Hauptquelle die Radonzufuhr aus dem Boden unter den Häusern. Zur Zeit werden gezielte Untersuchungen zur Auffindung von Wohnungen mit erhöhter Radonkonzentration und zur Erarbeitung einfacher Maßnahmen zur Reduzierung der Radonkonzentration durchgeführt.

Über die anderen Komponenten der natürlichen und zivilisatorisch veränderten natürlichen (z. B. externe Strahlenexposition durch Fliegen in größeren Höhen) Strahlenexposition wurden im Berichtszeitraum keine wesentlichen neuen Erkenntnisse bekannt. Hier wird auf die früheren Berichte verwiesen.

## III. Zivilisatorische Strahlenexposition

### 1. Kerntechnische Anlagen

#### 1.1 Zusammenfassung der Ergebnisse für kerntechnische Anlagen

Die für das Jahr 1988 ermittelten Werte für die Abgabe radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen zeigen, daß die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die jährlichen Emissionen in allen Fällen eingehalten wurden. Die tatsächlichen Jahresabgaben liegen im allgemeinen deutlich unter den Genehmigungswerten, wie beispielsweise für Kernkraftwerke der Vergleich zwischen den Werten der Tabelle 2 und üblichen Genehmigungswerten von ca. 10<sup>15</sup> Becquerel für

Edelgase, ca. 3 · 10<sup>10</sup> Bq für Aerosole und ca. 10<sup>10</sup> Bq für Iod 131 zeigt.

Die für 1988 aus den Jahresabgaben nach der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer“ vom 15. August 1979 (GMBL S. 371, zuletzt geändert am 3. Mai 1985, GMBL S. 380) und dem Konzept der effektiven Dosis ermittelten Werte der Strahlenexposition liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres. Die oberen Werte der Strahlenexposition für Einzelpersonen durch Emissionen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten und betragen bei der effektiven Dosis weniger als 10 % des Dosisgrenzwertes; dies gilt auch für

die einzelnen Organdosen, mit Ausnahme der Schilddrüsendosis eines Kleinkindes, die rechnerisch durch die radioaktiven Ableitungen in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe rund 13% des Dosisgrenzwertes erreicht. Damit sind die oberen Werte der Strahlenexposition durch Ableitungen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen deutlich kleiner als die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland.

Die Summierung aller Beiträge von kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland sowie im angrenzenden Ausland zur Strahlenexposition der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland führte auch 1988 zu deutlich weniger als 10  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr mittlerer effektiver Dosis.

## 1.2 Jahresabgaben radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus kerntechnischen Einrichtungen werden nach der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ von den Betreibern der einzelnen Anlagen ermittelt und an die zuständigen Aufsichtsbehörden berichtet. Einzelheiten über Umfang der Messungen, Meßverfahren, Probenahme, Instrumentierung und Dokumentation der Meßergebnisse sind in Regeln des Kerntechnischen Ausschusses festgelegt. Die von den Betreibern der Anlagen vorzunehmenden Messungen werden durch Kontrollmessungen behördlich beauftragter Sachverständiger entsprechend der Richtlinie über die „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ überprüft.

Die für 1988 ermittelten Jahresabgaben radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser von Kernkraftwerken sind in den Tabellen 2 und 3 angegeben und nach Nuklidgruppen aufgeschlüsselt. Sie liegen in der Größenordnung der Abgaben der Vorjahre und unterschreiten im allgemeinen deutlich die entsprechenden Genehmigungswerte. In Tabelle 4 sind die Daten über die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich im Jahr 1988 zusammengefaßt. Die Ableitungen radioaktiver Stoffe aus den übrigen Forschungsreaktoren im Bundesgebiet betragen im Mittel nur einige Prozent der Ableitungen von Kernkraftwerken. Tabelle 5 enthält Angaben über die Ableitung radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser aus kernbrennstoffverarbeitenden Betrieben.

Im benachbarten Ausland waren Ende 1988 in Grenznähe, d. h. bis zu einer Entfernung von 30 km zur deutschen Grenze, die in Tabelle 6 aufgeführten kerntechnischen Anlagen in Betrieb. Das Kernkraftwerk Mühleberg wurde trotz der größeren Entfernung zur deutschen Grenze mitberücksichtigt, weil es im Einzugsgebiet des Rheins liegt. Über die Jahresemissionen kerntechnischer Anlagen in EG-Ländern berichtet die Kommission der Europäischen Gemeinschaften. Die Jahresabgaben der schweizerischen Anlagen werden in den jährlichen Berichten der Eidgenössi-

schen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität veröffentlicht.

## 1.3 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition in der Umgebung kerntechnischer Anlagen

Aus den Ergebnissen der Emissionsüberwachung wird die Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen nach dem in der Richtlinie „Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer“ festgelegten Verfahren ermittelt. Die Dosisberechnungen erfolgen ab dem Berichtsjahr 1986 nach dem von der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) entwickelten Konzept der effektiven Dosis.

Die für Einzelpersonen angegebenen Expositionswerte stellen obere Werte dar, da sie unter der Annahme eines ständigen Aufenthaltes am Ort der größten Strahlenexposition von außen sowie unter den Annahmen berechnet wurden, daß die gesamte Nahrung an der ungünstigsten Einwirkungsstelle erzeugt wird und daß ungünstige Verzehrsgewohnheiten vorliegen.

Die Ergebnisse der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahr 1988 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft enthält Tabelle 7. Angegeben ist die effektive Dosis für Erwachsene sowie die Schilddrüsendosis für Kleinkinder über sämtliche relevanten Expositionspfade: Gammastrahlung aus der Abluftfahne (Gammasubmersion), Gammastrahlung am Boden abgelagerter radioaktiver Stoffe, Inhalation und Ingestion. Dabei wurde die in den Vorjahren emittierte Aktivität der langlebigen Aerosole und ihre Akkumulation im Boden berücksichtigt. Tabelle 7 zeigt als größten Wert der effektiven Dosis für Erwachsene 4  $\mu\text{Sv}$  beim Kernkraftwerk Würgassen, der den Grenzwert der Strahlenschutzverordnung von 300  $\mu\text{Sv}$  um den Faktor 75 unterschreitet. Bei der Ermittlung der oberen Werte der Schilddrüsendosis eines Kleinkindes wurde ein Milchverzehr von 0,8 Liter pro Tag aus dem Hauptbeaufschlagungsgebiet vorausgesetzt. Als größten Wert ergibt die Rechnung 15  $\mu\text{Sv}$  beim Kernkraftwerk Würgassen, der einem Sechzigstel des Dosisgrenzwertes für die Schilddrüse entspricht. Messungen des Gehaltes an Iod 131 in Milchproben aus der unmittelbaren Umgebung des Kernkraftwerkes Würgassen haben ergeben, daß die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch die Modellrechnung deutlich überschätzt wird.

In Tabelle 8 sind die aus den Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abwasser aus Kernkraftwerken resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis von Einzelpersonen zusammengestellt; hierbei wurden ebenfalls ungünstige Verzehr- und Lebensgewohnheiten angenommen, insbesondere ein hoher Konsum an Flußfisch, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird. Der größte Wert der effektiven Dosis beträgt 0,4  $\mu\text{Sv}$  beim Kernkraftwerk Gundremmingen. Im Vorjahr lag er bei 0,6  $\mu\text{Sv}$  ebenfalls bei diesem Kernkraftwerk. Unterschiede zum Vorjahr sind durch Änderungen in den Emissionen bedingt.

Die in Tabelle 9 angegebenen Werte für die entsprechenden Strahlenexpositionen durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernforschungszentren stammen aus den Jahresberichten und aus zusätzlichen Angaben der Strahlenschutzabteilungen der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich. Die Tabelle weist für die effektive Dosis über sämtliche relevanten Expositionspfade als größten Wert an der ungünstigsten Einwirkungsstelle beim Kernforschungszentrum Karlsruhe für 1988 einen Wert von 4,5  $\mu\text{Sv}$  auf; im Vorjahr hatte sich ein größter Wert von 7,8  $\mu\text{Sv}$  bei der Kernforschungsanlage Jülich ergeben. Als größten Wert für die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes ergaben die Berechnungen für 1988 beim Kernforschungszentrum Karlsruhe an der ungünstigsten Einwirkungsstelle 114  $\mu\text{Sv}$ . Im Vorjahr lag der entsprechende Wert bei 61  $\mu\text{Sv}$ .

Für die Strahlenexposition über das Abwasser aus Kernforschungszentren ergibt die Abschätzung aufgrund von Meßwerten, die bei radioökologischen Untersuchungen gewonnen wurden, einen oberen Wert von 20  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr.

Für die kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe in Hanau, Karlstein, Lingen und Gronau sind in Tabelle 10 die für die ungünstigste Einwirkungsstelle berechneten oberen Werte der effektiven Dosis eines Erwachsenen und der Lungendosis eines Kleinkindes durch Emission von Alphastrahlern in der Abluft angegeben. Der höchste Wert der effektiven Dosis eines Erwachsenen beträgt wie im Vorjahr 1  $\mu\text{Sv}$ . Für die Lungendosis eines Kleinkindes ergibt sich im Jahr 1988, wie auch 1987, als höchster Wert 8  $\mu\text{Sv}$ .

Die durch die Abgaben von Alphastrahlern mit dem Abwasser bedingten Werte der effektiven Dosis Erwachsener sind in Tabelle 11 aufgeführt. Sie betragen wie im Vorjahr maximal 0,4  $\mu\text{Sv}$  für die Reaktor-Brennelement Union GmbH Werk I in Hanau.

Die Berechnungen zur Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Betrieb kerntechnischer Anlagen in Nachbarländern (Tabelle 6) ergeben 1988 auf Bundesgebiet an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für die effektive Dosis obere Werte im Bereich von 1  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr. Für die Schilddrüsendosis von Kleinkindern über den Weide-Kuh-Milch-Pfad liegen die unter den sehr ungünstigen Annahmen der Berechnungsgrundlage ermittelten oberen Werte bei ca. 100  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr. Bei den im Rahmen der Umgebungsüberwachung durchgeführten Messungen des Radioiodgehaltes von Milchproben aus grenznahen Weidegebieten wurde im Berichtszeitraum Iod 131 in Milch nicht nachgewiesen.

## 2. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin

Die zivilisatorische Strahlenexposition der Bevölkerung durch die medizinische Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen betrug im Jahr 1988 ca. 1,5 mSv (effektive Dosis).

Der größte Anteil an der zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung resultiert aus der medizinischen Röntgendiagnostik.

Die über lange Jahre hin festgestellten hohen jährlichen Zuwachsraten in den Anwendungsfrequenzen röntgendiagnostischer Untersuchungsverfahren sind während der letzten Jahre zum Stillstand gekommen; für wesentliche radiologische Untersuchungsverfahren zeichnet sich sogar ein rückläufiger Trend ab. Ursache hierfür sind sowohl eine strengere Indikationsstellung von Seiten der Ärzte aufgrund eines gestiegenen Strahlenschutzbewußtseins als auch eingeführte alternative Untersuchungsverfahren, insbesondere Sonographie und Endoskopie. Des weiteren kann ein Rückgang der Strahlenexposition des einzelnen untersuchten Patienten angenommen werden, der zum einen auf technische Regelungen des Deutschen Instituts für Normung e.V. (DIN) für wichtige Röntgeneinrichtungen, zum anderen auf die generelle Einführung dosissparender Untersuchungstechniken, z. B. durch den Einsatz von Röntgenbildverstärkern, Belichtungsautomaten und verbesserten Film-Foliensystemen, zurückzuführen ist. Die gesetzlichen Vorschriften (Röntgenverordnung und Strahlenschutzverordnung) haben sich auf die Strahlenexposition des einzelnen und der Gesamtheit positiv ausgewirkt. Die neue Röntgenverordnung vom 8. Januar 1987 beinhaltet zahlreiche weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Strahlenschutzes in der Röntgendiagnostik, die durch entsprechende Richtlinien konkretisiert sind. Dadurch sind von gesetzgeberischer Seite die Voraussetzungen zur Verbesserung der ärztlichen Fachkunde und der Kenntnisse des medizinischen Hilfspersonals im Strahlenschutz geschaffen und in der Folge Verbesserungen der Untersuchungsverfahren bzw. Untersuchungstechniken mit angeregt. Darüber hinaus sind weitere Vorschriften über Sachverständigenprüfungen, über technische Standards von Röntgeneinrichtungen und über qualitätssichernde Maßnahmen erlassen worden. Auch das vom Deutschen Bundestag geforderte „Röntgennachweiseit“ ist eingeführt worden, um so Wiederholungsuntersuchungen auf das notwendige Maß zu begrenzen.

Bei der Wertung der Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen ist jedoch zu berücksichtigen, daß daraus ein Strahlenrisiko für den einzelnen resultiert, welches bei gewissenhafter Indikationsstellung gegenüber dem Nutzen für seine Gesundheit in den Hintergrund tritt.

## 3. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in Forschung, Technik und Haushalt

### 3.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen

Bestimmte Industrieerzeugnisse, wie z. B. wissenschaftliche Instrumente, elektronische Bauteile, Leuchtstoffröhren, Rauch- und Feuermelder, keramische Gegenstände u. a., enthalten radioaktive Stoffe verschiedener Art und Aktivität. Der Umgang mit diesen Erzeugnissen wird durch ein differenziertes Anzeige- und Genehmigungssystem geregelt, bei dem auch ein genehmigungsfreier Umgang z. B. durch Bauartzulassung möglich ist. Die Einhaltung der Vor-

schriften der Strahlenschutzverordnung gewährleistet, daß der Umgang mit diesen radioaktiven Industrieerzeugnissen einschließlich Antistatika, keramischen Gegenständen und Zahnmassen weniger als 10 µSv pro Jahr zur effektiven Dosis der Bevölkerung beiträgt.

Bei einigen technischen Prozessen werden radioaktive Stoffe zur Messung und Steuerung (z. B. Füllstand-, Dicke- und Dichtemessung) oder zur Qualitätskontrolle bei der zerstörungsfreien Materialprüfung eingesetzt. Der Umgang mit diesen technischen Strahlenquellen unterliegt, falls das Gerät selbst keine Bauartzulassung besitzt, der Genehmigungspflicht; die damit verbundenen Auflagen garantieren, daß auch der hieraus resultierende Beitrag zur Strahlenexposition der Bevölkerung niedriger als 10 µSv pro Jahr ist.

### 3.2 Störstrahler

Störstrahler sind Geräte oder Einrichtungen, die Röntgenstrahlen erzeugen, ohne daß sie zu diesem Zweck betrieben werden (z. B. Elektronenmikroskope und Hochspannungsgleichrichter); sie unterliegen einer grundsätzlichen Genehmigungspflicht, sofern eine Bauartzulassung nicht vorliegt. Zu den Störstrahlern gehören auch Kathodenstrahlröhren in Bildschirmgeräten.

Der Beitrag von Störstrahlern zur Strahlenexposition der Bevölkerung wird mit einer effektiven Dosis von weniger als 10 µSv abgeschätzt.

### 4. Berufliche Tätigkeit

Alle beruflich strahlenexponierten Personen, bei denen die Möglichkeit einer erhöhten Strahlenexposition von außen besteht, werden mit Personendosimetern überwacht, die von den fünf nach Landesrecht zuständigen amtlichen Personendosismeßstellen ausgegeben und ausgewertet werden. Die Zahl der überwachten Personen betrug (gerundet) im Berichtsjahr 285 000, davon im Bereich Medizin 192 000. Abbildung 1 zeigt den Verlauf seit 1981.

Die nachstehenden Dosisangaben beziehen sich auf Photonenstrahlen, da diese in nahezu allen Kontrollbereichen die Dosis bestimmen. Dosisbeiträge durch Neutronen- und Betastrahlen sind nur in wenigen Fällen von Bedeutung. Die mittlere Jahres-Personendosis aller Überwachten betrug 0,37 mSv. Bei der Beurteilung dieses Mittelwertes ist jedoch zu beachten, daß bei ca. 85 % aller Überwachten (rd. 90 % im Bereich Medizin, rd. 70 % in nichtmedizinischen Bereichen) während des ganzen Jahres die untere Meßbereichsgrenze des Personendosimeters von 0,2 mSv nicht überschritten wird; die Meßstellen stellen in diesen Fällen einen Personendosiswert Null fest; bei den verbleibenden Personen ergibt sich eine ausgeprägte Häufigkeit kleiner Dosiswerte. Bildet man einen Mittelwert nur für die Überwachten mit von Null verschiedenen Jahres-Personendosiswerten, so ergibt sich eine mittlere Jahres-Personendosis von 2,3 mSv.

Die Summe der Jahresdosiswerte aller Überwachten (Kollektivdosis) betrug im Berichtsjahr 105 Personen-Sv. Die Beiträge typischer Tätigkeitszweige zur Kollektivdosis zeigt Abbildung 2. Die auffallende Verringerung der Kollektivdosis ab 1984 wird überwiegend auf die Beendigung besonderer Umrüstungs- und Prüfungsmaßnahmen (im Zeitraum 1979 bis 1983) in Kernkraftwerken sowie auf eine weitere Optimierung des Strahlenschutzes zurückgeführt. Das Verhältnis der Kollektivdosis der in Kernkraftwerken tätigen Personen und der in diesen Anlagen erzeugten elektrischen Energie gibt Tabelle 12 wieder.

Personen, bei denen aufgrund ihres Umgangs mit offenen radioaktiven Stoffen eine Inkorporation nicht ausgeschlossen werden kann, werden durch Messungen im Ganzkörperzähler oder durch Untersuchungen der Ausscheidungen überwacht. Die Zahl dieser Personen betrug weniger als 10 % der mit Personendosimetern überwachten Personen. Bei weniger als 1 % dieses Personenkreises wurde eine Inkorporation von mehr als 5 % des Grenzwertes der zulässigen Jahresaktivitätszufuhr festgestellt. Der Beitrag der Strahlenexposition durch inkorporierte radioaktive Stoffe zur gesamten beruflichen Strahlenexposition war daher vergleichsweise gering.

### 5. Besondere Vorkommnisse

Eine Übersicht über besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Betrieb von Beschleunigern im Jahr 1988, die dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit von den zuständigen Landesbehörden gemeldet worden sind, enthält Tabelle 13. Die Vorkommnisse im Zusammenhang mit Ionisationsrauchmeldern sind gesondert zusammengestellt (Tabelle 14). Diese Zusammenstellungen sollen dazu dienen, mögliche Fehlerquellen beim Umgang mit radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung bekanntzumachen und dadurch die Strahlenschutzverantwortlichen, die Strahlenschutzbeauftragten, die beruflich mit ionisierenden Strahlen bzw. radioaktiven Stoffen Umgehenden und die vor Ort tätigen Aufsichtsbehörden für ihren Bereich in die Lage zu versetzen, vergleichbare Vorkommnisse zu vermeiden.

### 6. Fall-out von Kernwaffenversuchen

Nach den vorliegenden Meldungen wurden 1988 insgesamt 39 unterirdische Kernwaffenversuche durchgeführt. Aus diesen unterirdischen Versuchen resultiert keine zusätzliche Strahlenexposition des Menschen in der Bundesrepublik Deutschland.

Der allgemeine Pegel der Umweltradioaktivität durch Kernwaffenversuche ist in den letzten 20 Jahren ständig zurückgegangen. Die langlebigen Fall-out-Radionuklide sind im menschlichen Körper aber noch immer nachweisbar. Ihr Beitrag an der gesamten Strahlenexposition des Menschen ist gering (weniger als 0,25 %).

#### IV. Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl

In der Nacht vom 25. zum 26. April 1986 ereignete sich in Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl in der Ukraine/UdSSR ein Unfall, in dessen Folge eine größere Menge radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt wurde. Diese Stoffe wurden auf dem Weg der atmosphärischen Verfrachtung über große Teile Europas verteilt. Bedingt durch regional differierende Wettersituationen traten stark unterschiedliche Aktivitätskonzentrationen in der Luft sowie durch Ablagerung in der Umwelt und den Lebensmitteln auf.

Die durch den Reaktorunfall verursachte externe Strahlung führte 1988 in der Bundesrepublik Deutschland zu einer effektiven Dosis — ausschließlich durch Caesium 134 und Caesium 137 bedingt — von im Mittel 0,025 mSv (Tabelle 1). Im Münchner Raum lag sie um etwa den Faktor 4 und im Berchtesgadener Raum um etwa den Faktor 10 über diesem Mittelwert.

1988 war die mittlere monatliche Caesium-Zufuhr über Grundnahrungsmittel nur noch leicht rückläufig, da die unmittelbar nach dem Unfall direkt kontaminierten Ernteprodukte und Futtermittel bereits ab Mitte 1987 weitgehend aufgebraucht waren; Caesium gelangt nunmehr fast nur noch über den auf den meisten Böden geringfügigen Transfer Boden — Pflanze in die Nahrung. Bei speziellen Lebensmitteln wie z. B. Wildfleisch und Waldpilzen traten auch 1988 teilweise höhere Caesium-Werte auf.

Seit dem Reaktorunfall in Tschernobyl wird von einer Reihe von Ganzkörpermeßeinrichtungen in der Bundesrepublik Deutschland in verschiedenen Gebieten

der zeitliche Verlauf des Caesium 134- und Caesium 137-Gehaltes im Menschen verfolgt. Über die Ergebnisse wird regelmäßig in den Monats- bzw. Vierteljahresberichten des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung berichtet. Die aus der Inkorporation berechnete mittlere jährliche effektive Dosis für 1988 ist für einzelne Gebiete der Bundesrepublik Deutschland in Tabelle 15 zusammengestellt. Die effektive Dosis durch inkorporiertes Caesium 134 und Caesium 137 beträgt für den Raum München für Männer, Frauen bzw. Kinder 1988 etwa 0,03, 0,015 bzw. 0,014 mSv. Gegenüber dem Jahr 1987 haben die Dosen etwa um den Faktor 3 abgenommen. In den Gebieten nördlich der Donau ist die Dosis kleiner (unter 0,02 mSv), in Südost-Bayern ist sie höher (bis zu 0,09 mSv) als in München, jedoch sind die regionalen Unterschiede bei weitem nicht mehr so stark ausgeprägt wie im Vorjahr.

Insgesamt resultiert für die mittlere effektive Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland, bundesweit gemittelt, eine Erhöhung der natürlich bedingten Strahlenexposition durch den Reaktorunfall von 2,4 mSv/Jahr (mit einer Spannweite von 1 bis 5 mSv/Jahr) durch den Reaktorunfall um etwa 2%. Für die am stärksten betroffenen Regionen Süddeutschlands ergeben sich um etwa den Faktor 5 größere Erhöhungen. Zukünftig ist mit einer leicht abnehmenden Tendenz infolge des radioaktiven Zerfalls des Caesiums und dessen Transportes in tiefere Bodenschichten zu rechnen.

## Erläuterung der benutzten Fachausdrücke

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aerosol                      | Gase mit festen oder flüssigen Schwebeteilchen                                                                                                                                                                                                                     |
| Aktivität                    | Anzahl der je Sekunde zerfallenden Atomkerne eines radioaktiven Stoffes                                                                                                                                                                                            |
| Alphastrahler                | Radionuklide, die Alphateilchen (Heliumatomkerne) aussenden                                                                                                                                                                                                        |
| Äquivalentdosis              | Produkt aus Energiedosis und einem u. a. von der Strahlenart abhängigen Bewertungsfaktor. Die Äquivalentdosis ist das Maß für die Wirkung einer ionisierenden Strahlung auf den Menschen                                                                           |
| Becquerel                    | SI-Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Becquerel (Bq) liegt vor, wenn 1 Atomkern je Sekunde zerfällt. $1 \text{ Becquerel (Bq)} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Curie}$                                                                                         |
| Betastrahlung                | Teilchenstrahlung, die aus beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen ausgesandten Elektronen besteht                                                                                                                                                                |
| Betasubmersion               | Strahlenexposition durch Betastrahlung von radioaktiven Stoffen in der Atmosphäre                                                                                                                                                                                  |
| Curie                        | Alte Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Curie (Ci) liegt vor, wenn 37 Mrd. Atomkerne je Sekunde zerfallen. $1 \text{ Curie (Ci)} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Becquerel}$                                                                                    |
| Dekontamination              | Beseitigung oder Verminderung von radioaktiven Verunreinigungen                                                                                                                                                                                                    |
| Dosis                        | Siehe Energiedosis und Äquivalentdosis                                                                                                                                                                                                                             |
| Effektive Dosis              | Summe der gewichteten mittleren Äquivalentdosen in den einzelnen Organen und Geweben des Körpers. Der Wichtungsfaktor bestimmt sich aus den relativen Beiträgen der einzelnen Organe und Gewebe zum gesamten Strahlenrisiko des Menschen bei Ganzkörperbestrahlung |
| Energiedosis                 | Quotient aus der Energie, die durch ionisierende Strahlung auf das Material in einem Volumenelement übertragen wird, und der Masse in diesem Volumenelement                                                                                                        |
| Fall-out                     | Aus der Atmosphäre auf die Erde in Form kleinster Teilchen abgelagertes radioaktives Material, das zum Beispiel bei Kernwaffenversuchen entstanden ist                                                                                                             |
| Gammastrahlung               | Energiereiche elektromagnetische Strahlung, die bei der radioaktiven Umwandlung von Atomkernen oder bei Kernreaktionen auftreten kann                                                                                                                              |
| Gammastrahlung               | Strahlenexposition durch Gammastrahlung von radioaktiven Gasen in der Atmosphäre                                                                                                                                                                                   |
| Ganzkörperdosis              | Mittelwert der Äquivalentdosis über Kopf, Rumpf, Oberarme und Oberschenkel als Folge einer als homogen angesehenen Bestrahlung des ganzen Körpers                                                                                                                  |
| Genetisch signifikante Dosis | Mittlere jährliche Keimdrüsendosis pro Person in einer Bevölkerung, gewichtet für jede Einzelperson mit der Wahrscheinlichkeit der Kindeserwartung nach der Strahlenexposition                                                                                     |
| Gray                         | SI-Einheit der Energiedosis. $1 \text{ Gray (Gy)} = 100 \text{ Rad}$                                                                                                                                                                                               |
| Ingestion                    | Allgemein: Nahrungsaufnahme<br>Speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Nahrung                                                                                                                                                                         |
| Inhalation                   | Allgemein: Einatmung von Gasen<br>Speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Atemluft                                                                                                                                                                     |
| Inkorporation                | Allgemein: Aufnahme in den Körper<br>Speziell: Aufnahme radioaktiver Stoffe in den menschlichen Körper                                                                                                                                                             |
| Ionisierende Strahlen        | Elektromagnetische oder Teilchenstrahlen, welche die Bildung von Ionen bewirken können (z. B. Alphastrahlen, Betastrahlen, Gammastrahlen, Röntgenstrahlen)                                                                                                         |
| Isotop                       | Abart eines chemischen Elements mit gleichen chemischen Eigenschaften (gleicher Ordnungszahl), aber verschiedener Massenzahl                                                                                                                                       |
| Keimdrüsendosis              | Mittelwert der Äquivalentdosis über die Keimdrüsen                                                                                                                                                                                                                 |
| Kontamination                | Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen                                                                                                                                                                                                                            |
| Kosmische Strahlung          | Sehr energiereiche Strahlung aus dem Weltraum                                                                                                                                                                                                                      |

|                            |                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Median                     | Siehe Zentralwert                                                                                                                                                                                                                     |
| Nuklearmedizin             | Anwendung radioaktiver Stoffe in der Medizin zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken                                                                                                                                            |
| Nuklid                     | Durch Protonenzahl (Ordnungszahl) und Massenzahl charakterisierte Atomart                                                                                                                                                             |
| Organdosis                 | Mittelwert der Äquivalentdosis über ein Organ                                                                                                                                                                                         |
| Ortsdosis                  | Äquivalentdosis für Weichteilgewebe, gemessen an einem bestimmten Ort                                                                                                                                                                 |
| Ortsdosisleistung          | In einem kurzen Zeitintervall erzeugte Ortsdosis, geteilt durch die Länge des Zeitintervalls                                                                                                                                          |
| Rad                        | Alte Einheit der Energiedosis. 1 Rad (rd) = 10 Milligray                                                                                                                                                                              |
| Radioaktive Stoffe         | Stoffe, die Radionuklide enthalten                                                                                                                                                                                                    |
| Radioaktivität             | Eigenschaft bestimmter chemischer Elemente bzw. Nuklide, ohne äußere Einwirkung Teilchen- oder Gammastrahlung aus dem Atomkern auszusenden                                                                                            |
| Radiographiegerät          | Gerät zur zerstörungsfreien Durchstrahlungsprüfung von Materialien mittels Radionukliden                                                                                                                                              |
| Radioiod                   | Radioaktive Iodisotope                                                                                                                                                                                                                |
| Radionuklide               | Instabile Nuklide, die unter Aussendung von Strahlung in andere Nuklide zerfallen                                                                                                                                                     |
| Rem                        | Alte Einheit der Äquivalentdosis. 1 Rem (rem) = 10 Millisievert                                                                                                                                                                       |
| Röntgen                    | Alte Einheit der Ionendosis. 1 Röntgen (R) = 258 $\mu\text{C/kg}$                                                                                                                                                                     |
| SI-Einheiten               | Einheiten des Internationalen Einheitensystems (SI). Die Anwendung der Einheiten im Strahlenschutzmeßwesen ist durch die Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 13. Dezember 1985 (BGBl. I S. 2272) geregelt |
| Sievert                    | SI-Einheit der Äquivalentdosis. 1 Sievert (Sv) = 100 Rem,<br>1 Sievert = 1 000 Millisievert = 1 000 000 Mikrosievert                                                                                                                  |
| Somatisches Strahlenrisiko | Risiko der körperlichen Schädigung der von der Bestrahlung betroffenen Person, zur Unterscheidung vom genetischen Risiko, das für die Schädigung der Folgegenerationen besteht                                                        |
| Stochastisch               | Zufallsabhängig                                                                                                                                                                                                                       |
| Strahlenbelastung          | Siehe Strahlenexposition                                                                                                                                                                                                              |
| Strahlenexposition         | Einwirkung ionisierender Strahlen auf den menschlichen Körper oder seine Teile                                                                                                                                                        |
| Terrestrische Strahlung    | Strahlung der natürlich radioaktiven Stoffe, die überall auf der Erde vorhanden sind                                                                                                                                                  |
| Tritium                    | Radioaktives Isotop des Wasserstoffs, das Betastrahlung sehr niedriger Energie aussendet                                                                                                                                              |
| Zentralwert                | Mittelwert, unterhalb dessen ebensoviel kleinere Werte wie oberhalb größere Werte liegen                                                                                                                                              |

Tabelle 1

**Mittlere effektive Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland  
im Jahr 1988**

|                                                                                                                              | Mittlere<br>effektive<br>Dosis<br>mSv |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>1. Natürliche Strahlenexposition</b>                                                                                      |                                       |
| 1.1 durch kosmische Strahlung .....                                                                                          | ca. 0,3                               |
| 1.2 durch terrestrische Strahlung von außen im Mittel .....                                                                  | ca. 0,5                               |
| bei Aufenthalt im Freien .....                                                                                               | ca. 0,43                              |
| bei Aufenthalt in Gebäuden .....                                                                                             | ca. 0,57                              |
| 1.3 durch Inhalation von Radon in Wohnungen im Mittel .....                                                                  | ca. 1,3                               |
| 1.4 durch inkorporierte natürliche radioaktive Stoffe .....                                                                  | ca. 0,3                               |
| Summe der natürlichen Strahlenexposition .....                                                                               | ca. <u>2,4</u>                        |
| <b>2. Zivilisatorische Strahlenexposition</b>                                                                                |                                       |
| 2.1 durch kerntechnische Anlagen .....                                                                                       | < 0,01                                |
| 2.2 durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der<br>Medizin .....                                   | ca. 1,5 <sup>*)</sup>                 |
| 2.3 durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in For-<br>schung, Technik und Haushalt (ohne 2.4) ..... | < 0,02                                |
| 2.3.1 Industrieerzeugnisse .....                                                                                             | < 0,01                                |
| 2.3.2 technische Strahlenquellen .....                                                                                       | < 0,01                                |
| 2.3.3 Störstrahler .....                                                                                                     | < 0,01                                |
| 2.4 durch berufliche Strahlenexposition<br>(Beitrag zur mittleren Strahlenexposition der Bevölkerung) .....                  | < 0,01                                |
| 2.5 durch besondere Vorkommnisse .....                                                                                       | 0                                     |
| 2.6 durch Fall-out von Kernwaffenversuchen .....                                                                             | < 0,01                                |
| 2.6.1 von außen im Freien .....                                                                                              | < 0,01                                |
| 2.6.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe .....                                                                           | < 0,01                                |
| Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition .....                                                                         | ca. <u>1,55</u>                       |
| <b>3. Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im<br/>Mittel</b>                                     |                                       |
| 3.1 von außen .....                                                                                                          | ca. 0,025                             |
| 3.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe .....                                                                             | ca. 0,015                             |
| Summe der Strahlenexpositionen durch den Unfall im Kernkraftwerk<br>Tschernobyl .....                                        | ca. <u>0,04</u>                       |

<sup>\*)</sup> Der Schwankungsbereich dieses Wertes beträgt ca. 50%.

Tabelle 2

## Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernkraftwerken im Jahr 1988

| Kernkraftwerk                       | Edelgase<br>Bq | Aerosole <sup>a)</sup><br>Bq | Iod 131<br>Bq | <sup>14</sup> CO <sub>2</sub><br>Bq | Tritium<br>Bq |
|-------------------------------------|----------------|------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|
| Kahl <sup>b)</sup> .....            | —              | 6,0 E02                      | —             | —                                   | —             |
| Gundremmingen A <sup>c)</sup> ..... | —              | 3,1 E06                      | —             | —                                   | 6,9 E09       |
| Lingen <sup>c)</sup> .....          | —              | 6,1 E03                      | —             | —                                   | 7,7 E07       |
| Obrigheim .....                     | 6,5 E11        | 1,4 E07                      | 1,9 E05       | 9,9 E09                             | 1,6 E11       |
| Stade .....                         | 3,8 E13        | 3,1 E07                      | 1,0 E07       | 4,6 E10                             | 7,6 E11       |
| Würgassen .....                     | 3,1 E12        | 2,4 E08                      | 1,6 E08       | 1,9 E11                             | 6,6 E11       |
| Biblis A .....                      | 1,5 E13        | 8,5 E07                      | 3,9 E07       | 1,9 E10                             | 2,4 E11       |
| Biblis B .....                      | 5,7 E12        | 3,4 E07                      | 3,9 E07       | 2,6 E10                             | 4,3 E11       |
| Neckarwestheim 1 .....              | 2,1 E13        | 6,3 E06                      | 1,3 E07       | 6,3 E10                             | 6,1 E11       |
| Brunsbüttel .....                   | 2,3 E13        | 2,3 E07                      | 8,8 E07       | 5,9 E11                             | 1,5 E11       |
| Isar 1 .....                        | 8,6 E11        | 2,8 E07                      | 1,5 E08       | 3,9 E11                             | 3,2 E11       |
| Unterweser .....                    | 3,4 E12        | 2,8 E06                      | 5,6 E06       | 4,6 E10                             | 1,3 E12       |
| Philippsburg 1 .....                | 4,8 E11        | 1,7 E07                      | 1,2 E08       | 3,5 E11                             | 5,1 E10       |
| Grafenrheinfeld .....               | 1,9 E11        | 1,4 E06                      | n. n.         | 9,2 E10                             | 5,0 E11       |
| Krümmel .....                       | 9,7 E12        | 2,5 E06                      | 1,3 E08       | 3,2 E11                             | 2,3 E11       |
| Gundremmingen B und C .....         | 3,9 E12        | n. n.                        | 1,8 E07       | 7,4 E11                             | 1,4 E11       |
| Grohnde .....                       | 1,0 E13        | 6,5 E05                      | 9,1 E05       | 5,8 E10                             | 5,8 E11       |
| Hamm-Uentrop .....                  | 2,5 E11        | 9,0 E07                      | 1,1 E07       | 2,7 E10                             | 3,5 E12       |
| Philippsburg 2 .....                | 2,6 E12        | 1,3 E05                      | 4,7 E05       | 4,8 E10                             | 1,1 E12       |
| Mülheim-Kärlich .....               | n. n.          | n. n.                        | 9,1 E05       | 2,6 E10                             | 5,2 E11       |
| Brokdorf .....                      | 1,0 E08        | 2,3 E05                      | n. n.         | 8,6 E10                             | 1,8 E11       |
| Isar 2 .....                        | 1,1 E10        | 1,4 E05                      | n. n.         | 3,7 E11                             | 2,2 E11       |
| Emsland .....                       | 7,7 E10        | n. n.                        | n. n.         | 2,9 E10                             | 2,3 E11       |
| Neckarwestheim 2 .....              | n. n.          | n. n.                        | n. n.         | n. n.                               | n. n.         |

<sup>a)</sup> Halbwertszeit > 8 Tage, ohne Iod 131, einschließlich Strontium und Alpha-Strahler

<sup>b)</sup> Stillstand seit November 1985

<sup>c)</sup> Stillstand seit Januar 1977

n. n.: nicht nachgewiesen (kleiner oder gleich Nachweisgrenze)

6,5 E11 bedeutet  $6,5 \cdot 10^{11}$

Tabelle 3

## Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken im Jahr 1988

| Kernkraftwerk                          | Spalt- und<br>Aktivierungsprodukte<br>(außer Tritium)<br>Bq | Tritium<br>Bq | Alpha-Strahler<br>Bq |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|
| Kahl <sup>a)</sup> .....               | 4,5 E07                                                     | 3,3 E09       | —                    |
| Grundremmingen A <sup>b)</sup> .....   | —                                                           | —             | —                    |
| Würgassen .....                        | 1,1 E09                                                     | 4,1 E11       | 2,7 E06              |
| Lingen <sup>c)</sup> .....             | —                                                           | —             | —                    |
| Brunsbüttel .....                      | 1,1 E09                                                     | 5,1 E11       | 4,9 E05              |
| Isar 1 .....                           | 1,6 E09                                                     | 8,1 E11       | 1,8 E06              |
| Philippsburg 1 .....                   | 5,0 E08                                                     | 5,5 E11       | —                    |
| Krümmel .....                          | 6,2 E07                                                     | 8,8 E11       | —                    |
| Gundremmingen<br>(Block B und C) ..... | 5,4 E08                                                     | 1,2 E12       | —                    |
| Obrigheim .....                        | 3,9 E08                                                     | 3,8 E12       | —                    |
| Stade .....                            | 1,0 E09                                                     | 6,0 E12       | —                    |
| Biblis A .....                         | 5,0 E08                                                     | 1,1 E13       | 8,0 E05              |
| Biblis B .....                         | 6,7 E08                                                     | 1,3 E13       | 2,6 E06              |
| Neckarwestheim 1 .....                 | 3,3 E07                                                     | 7,4 E12       | 1,3 E06              |
| Unterweser .....                       | 1,0 E08                                                     | 1,2 E13       | —                    |
| Grafenrheinfeld .....                  | 5,4 E07                                                     | 1,4 E13       | —                    |
| Grohnde .....                          | 8,3 E07                                                     | 1,3 E13       | 1,9 E05              |
| Philippsburg 2 .....                   | 6,9 E08                                                     | 1,3 E13       | —                    |
| Mülheim-Kärlich .....                  | 1,9 E08                                                     | 1,0 E13       | —                    |
| Brokdorf .....                         | —                                                           | 9,4 E12       | —                    |
| Isar 2 .....                           | 3,9 E06                                                     | 1,8 E12       | —                    |
| Emsland .....                          | 2,3 E07                                                     | 1,7 E12       | —                    |
| Neckarwestheim 2 <sup>d)</sup> .....   | —                                                           | —             | —                    |
| Hamm-Uentrop .....                     | 1,2 E07                                                     | 8,9 E11       | —                    |

<sup>a)</sup> Anlage im Nov. 1985 stillgelegt

<sup>b)</sup> Anlage im Jan. 1977 stillgelegt (geringfügige Abgaben sind in den für Block B und C angegebenen Daten enthalten)

<sup>c)</sup> Anlage im Jan. 1977 stillgelegt

<sup>d)</sup> 1988 erfolgte keine Abwasserabgabe

wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze

Tabelle 4

**Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernforschungszentren im Jahr 1988**

| Kernforschungszentrum                                                                    | Edelgase<br>Bq | Aerosole<br>Bq        | Iod 131<br>Bq | Iod 129<br>Bq | Tritium<br>Bq | Kohlen-<br>stoff 14<br>Bq | Stron-<br>tium 90<br>Bq |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|-------------------------|
| Kernforschungszentrum Karlsruhe<br>(einschließlich Wiederaufarbeitungs-<br>anlage) ..... | 1,7 E15        | 1,1 E09 <sup>a)</sup> | 1,7 E07       | 1,3 E08       | 1,9 E13       | 8,0 E10                   | 4,6 E06                 |
| Kernforschungsanlage Jülich<br>(einschließlich Versuchsreaktor AVR)                      | 4,4 E12        | 6,0 E05               | 9,9 E07       | —             | 1,4 E13       | 2,5 E11                   | 9,0 E02                 |

<sup>a)</sup> Alpha-Strahler: 9,0 E06 Bq

noch Tabelle 4

**Jahresabgaben radioaktiver Stoffe im Abwasser aus Kernforschungszentren im Jahr 1988**

| Kernforschungszentrum                                                             | Spalt- und<br>Aktivierungs-<br>produkte <sup>a)</sup><br>Bq | Tritium<br>Bq | Alpha-Strahler<br>Bq |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|
| Kernforschungszentrum Karlsruhe<br>(einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage) ... | 7,9 E08                                                     | 5,5 E13       | 9,0 E06              |
| Kernforschungsanlage Jülich .....                                                 | 7,4 E08                                                     | 1,8 E12       | <4,0 E07             |

<sup>a)</sup> ohne Tritium

Tabelle 5

**Abgabe radioaktiver Stoffe (Alpha-Aktivität) aus kernbrennstoffverarbeitenden Betrieben im Jahr 1988**

| Betrieb                          | Abluft<br>Bq | Abwasser<br>Bq |
|----------------------------------|--------------|----------------|
| ALKEM (Hanau) .....              | < 1,8 E04    | 1,8 E06        |
| NUKEM (Hanau) .....              | 1,8 E05      | } 6,3 E07      |
| HOBEG (Hanau) .....              | 7,7 E04      |                |
| Reaktor-Brennelement Union       |              |                |
| Werk I (Hanau) .....             | 2,3 E07      | 1,2 E09        |
| Werk II (Karlstein) .....        | < 1,5 E05    | 1,0 E08        |
| ANF (Lingen) <sup>a)</sup> ..... | < 1,1 E04    | —              |
| URENCO (Gronau) .....            | 2,8 E04      | 5,0 E03        |

wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze

<sup>a)</sup> Advanced Nuclear Fuels, vormals Exxon Nuclear

Tabelle 6

**Kerntechnische Anlagen im benachbarten Ausland**  
(Stand: 31. Dezember 1988)

| Land              | Anlage/Standort                                 | Entfernung zur deutschen Grenze |
|-------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| Schweiz .....     | Kernkraftwerk Beznau (2 Blöcke)                 | ca. 6 km                        |
|                   | Eidg. Institut für Reaktorforschung Würenlingen | ca. 7 km                        |
|                   | Kernkraftwerk Mühleberg                         | ca. 70 km                       |
|                   | Kernkraftwerk Gösgen-Däniken                    | ca. 20 km                       |
|                   | Kernkraftwerk Leibstadt                         | ca. 0,5 km                      |
| Frankreich .....  | Kernkraftwerk Fessenheim (2 Blöcke)             | ca. 1,5 km                      |
|                   | Kernkraftwerk Cattenom (2 Blöcke)               | ca. 12 km                       |
| Niederlande ..... | Kernkraftwerk Dodewaard                         | ca. 20 km                       |
|                   | Urananreicherungsanlage Almelo                  | ca. 15 km                       |

Tabelle 7

**Strahlenexposition im Jahr 1988 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft**

(nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 Mikrosievert und die Schilddrüsendosis höchstens 900 Mikrosievert pro Jahr betragen)

| Kernkraftwerk               | Oberer Wert*)                                      |                                                      |
|-----------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                             | der effektiven Dosis für Erwachsene $\mu\text{Sv}$ | der Schilddrüsendosis für Kleinkinder $\mu\text{Sv}$ |
| Kahl .....                  | < 0,1                                              | < 0,1                                                |
| Lingen .....                | < 0,1                                              | < 0,1                                                |
| Obrigheim .....             | 1                                                  | 2                                                    |
| Stade .....                 | 0,3                                                | 0,5                                                  |
| Würgassen .....             | 4                                                  | 15                                                   |
| Biblis A, B .....           | 0,4                                                | 2                                                    |
| Neckarwestheim 1, 2 .....   | 0,5                                                | 1                                                    |
| Brunsbüttel .....           | 2                                                  | 3                                                    |
| Isar 1, 2 .....             | 1                                                  | 4                                                    |
| Unterweser .....            | 0,1                                                | 0,2                                                  |
| Philippsburg 1, 2 .....     | 1                                                  | 4                                                    |
| Grafenrheinfeld .....       | 0,1                                                | 0,2                                                  |
| Krümmel .....               | 0,6                                                | 2                                                    |
| Gundremmingen A, B, C ..... | 1                                                  | 2                                                    |
| Grohnde .....               | 0,2                                                | 0,3                                                  |
| Hamm-Uentrop .....          | 0,2                                                | 0,2                                                  |
| Mülheim-Kärlich .....       | < 0,1                                              | 0,1                                                  |
| Brokdorf .....              | 0,2                                                | 0,3                                                  |
| Emsland .....               | < 0,1                                              | < 0,1                                                |

\*) berechnet für die ungünstigste Einwirkungsstelle

Tabelle 8

**Strahlenexposition im Jahr 1988 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser**

(nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 Mikrosievert pro Jahr betragen)

| Kernkraftwerk                  | Oberer Wert<br>der effektiven Dosis<br>für Erwachsene <sup>a)</sup><br>µSv |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Kahl .....                     | 0,2                                                                        |
| Gundremmingen A, B und C ..... | 0,4                                                                        |
| Obrigheim .....                | 0,2                                                                        |
| Stade .....                    | 0,1                                                                        |
| Würgassen .....                | 0,3                                                                        |
| Biblis A und B .....           | 0,1                                                                        |
| Neckarwestheim .....           | 0,1                                                                        |
| Brunsbüttel .....              | 0,1                                                                        |
| Isar 1 und 2 .....             | 0,1                                                                        |
| Unterweser .....               | < 0,1                                                                      |
| Philippsburg 1 und 2 .....     | 0,1                                                                        |
| Grafenrheinfeld .....          | 0,1                                                                        |
| Krömmel .....                  | < 0,1                                                                      |
| Grohnde .....                  | 0,1                                                                        |
| Hamm-Uentrop .....             | 0,1                                                                        |
| Mülheim-Kärlich .....          | < 0,1                                                                      |
| Brokdorf .....                 | < 0,1                                                                      |
| Emsland .....                  | 0,1                                                                        |

<sup>a)</sup> Es werden extreme Verzehrsgewohnheiten (z. B. 39 kg Flußfisch pro Jahr, der in der Kühlwasser-fahne gefangen wird) und Lebensgewohnheiten zugrunde gelegt.

Tabelle 9

**Strahlenexposition im Jahr 1988 in der Umgebung von Kernforschungszentren durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft<sup>a)</sup>**

(nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 Mikrosievert und die Schilddrüsendosis höchstens 900 Mikrosievert pro Jahr betragen)

| Kernforschungszentrum                                                                  | Oberer Wert                                      |                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                                                                        | der effektiven<br>Dosis für<br>Erwachsene<br>µSv | der Schild-<br>drüsendosis<br>für Kleinkinder<br>µSv |
| Kernforschungszentrum Karlsruhe<br>(einschließlich<br>Wiederaufarbeitungsanlage) ..... | 4,5                                              | 114                                                  |
| Kernforschungsanlage Jülich<br>(einschließlich Versuchsreaktor AVR) ..                 | 3,2                                              | 5,8                                                  |

<sup>a)</sup> entnommen den Jahresberichten 1988 sowie nach Angaben der Strahlenschutzabteilungen der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich

Tabelle 10

**Strahlenexposition im Jahr 1988 in der Umgebung der kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft**

(nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis höchstens 300 µSv und die Lungendosis höchstens 900 µSv pro Jahr betragen)

| Betrieb                    | Oberer Wert                             |                                     |
|----------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
|                            | der effektiven Dosis für Erwachsene µSv | der Lungendosis für Kleinkinder µSv |
| ALKEM (Hanau) .....        | < 0,1                                   | < 0,1                               |
| NUKEM (Hanau) .....        | 0,3                                     | 2                                   |
| HOBEG (Hanau) .....        | < 0,1                                   | 0,2                                 |
| Reaktor-Brennelement Union |                                         |                                     |
| Werk I (Hanau) .....       | 1                                       | 8                                   |
| Werk II (Karlstein) .....  | < 0,1                                   | < 0,8                               |
| ANF (Lingen) .....         | < 0,1                                   | < 0,1                               |
| URENCO (Gronau) .....      | < 0,1                                   | < 0,1                               |

Tabelle 11

**Strahlenexposition im Jahr 1988 in der Umgebung der kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser**

(nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis höchstens 300 µSv pro Jahr betragen)

| Betrieb                                       | Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene µSv |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| ALKEM GmbH (Hanau) .....                      | < 0,1                                               |
| NUKEM einschließlich HOBEG GmbH (Hanau) ..... | < 0,1                                               |
| Reaktor-Brennelement Union GmbH               |                                                     |
| Werk I (Hanau) .....                          | 0,4                                                 |
| Werk II (Karlstein) .....                     | < 0,1                                               |
| ANF (Lingen) .....                            | —                                                   |
| URENCO (Gronau) .....                         | < 0,1                                               |

Tabelle 12

**Daten zur beruflichen Strahlenexposition in Leistungskernkraftwerken**

| Jahr | Anzahl Kraftwerke | Überwachte Personen | Kollektivdosis in Sv | Elektrische Energieerzeugung in GWh | Verhältnis Kollektivdosis/Energieerzeugung in mSv/GWh |
|------|-------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1980 | 10                | 13 822              | 51                   | 43 345                              | 1,2                                                   |
| 1981 | 11                | 18 105              | 62                   | 53 081                              | 1,2                                                   |
| 1982 | 11                | 21 458              | 87                   | 62 976                              | 1,4                                                   |
| 1983 | 12                | 21 203              | 78                   | 64 329                              | 1,2                                                   |
| 1984 | 15                | 19 617              | 43                   | 92 252                              | 0,5                                                   |
| 1985 | 16                | 22 343              | 49                   | 125 709                             | 0,4                                                   |
| 1986 | 16                | 24 607              | 50                   | 124 465                             | 0,4                                                   |
| 1987 | 17                | 22 949              | 46                   | 123 333                             | 0,4                                                   |
| 1988 | 20                | 30 823              | 54                   | 144 119                             | 0,4                                                   |

Tabelle 13

**Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern**

| Datum          | Vorkommnis                                                                                                                       | Ursache                                                                                                                                           | radiologische Folgen                             | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                                                                                                        |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | 2                                                                                                                                | 3                                                                                                                                                 | 4                                                | 5                                                                                                                                                                 |
| 26. 1. 1988    | Verstöße gegen Transportvorschriften beim Transport einer Cs-137-Strahlungsquelle (66,6 TBq) für die medizinische Verwendung     | Nichtbeachtung von Auflagen der Transportgenehmigung                                                                                              | keine, Verpackung entsprach den Anforderungen    | Fahrzeug wurde unter Polizeibegleitung zum Bestimmungsort geführt. 48-Std.-Meldung vor Grenzübertritt und Aufsichtsmaßnahmen bei Grenzübertritt wurden angeordnet |
| 27. 1. 1988    | Feststellung eines zu langen Applikators an einer fernbedienten Applikationseinrichtung in einem Krankenhaus                     | nicht bekannt                                                                                                                                     | möglicherweise Fehlbestrahlungen bei 9 Patienten | Überwachung der Applikatoren wurde verbessert                                                                                                                     |
| Februar 1988   | Fund einer vergrabenen Füllstandsmeßeinrichtung mit 7,4 MBq Co-60                                                                | der Eigentümer einer inzwischen stillgelegten Fabrik hatte die Vorrichtung (einschließlich Abschirmbehälter) 1983 auf seinem Grundstück vergraben | keine                                            | Strahler geborgen und entsorgt; Ordnungswidrigkeitsverfahren eingeleitet                                                                                          |
| 9. 2. 1988     | Fund von 2 Fässern mit „Radioaktiv“-Kennzeichnung                                                                                | demonstrativer Akt                                                                                                                                | keine                                            | Fässer waren leer, Kontaminationen wurden nicht festgestellt                                                                                                      |
| 26. 2. 1988    | Fund einer Fliegerbombe bei Ausschachtungsarbeiten in einem Nuklearbetrieb                                                       |                                                                                                                                                   |                                                  | Bombe konnte aus dem Gelände des Betriebes entfernt werden; weitere Ausschachtungen wurden erst nach erneuter Detektion des Geländes zugelassen                   |
| März—Juli 1988 | Strahlenexposition von 6 Mitarbeitern einer Forschungseinrichtung an einem Kompaktzyclotron (Beschleuniger)                      | technischer Mangel (Plexiglas am Beobachtungsfenster)                                                                                             | Teilkörperdosen zwischen 10 und 260 mSv          | gesundheitliche Folgen sind nach dem Ergebnis der ärztlichen Begutachtung nicht zu erwarten; Beobachtungsfenster wurde mit Bleiglas ausgekleidet                  |
| April 1988     | Bestrahlung von 6 Beschäftigten durch eine nichtabgeschirmte Füllstandsmeßanlage bei Reparaturarbeiten in einem Industriebetrieb | Nichtbeachtung innerbetrieblicher Weisungen                                                                                                       | abgeschätzte Strahlenexposition bis zu 7,5 mSv   | im Hinblick auf Dosis nicht zu erwarten; Aufsichtsbehörde hat Maßnahmen zur Vermeidung angeordnet                                                                 |

noch Tabelle 13

## Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

| Datum       | Vorkommnis                                                                                                                                         | Ursache                                                   | radiologische Folgen                                                                                                                                           | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                                                                                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | 2                                                                                                                                                  | 3                                                         | 4                                                                                                                                                              | 5                                                                                                                                                                                 |
| 2. 4. 1988  | Verlust von I-125-Seeds (1×170 MBq, 1×592 MBq, 2×740 MBq), die in 4 Hunde implantiert worden waren                                                 | Diebstahl der Tiere                                       | unter ungünstigen Umständen (z. B. längerer Aufenthalt in unmittelbarer Nähe der Tiere) sind radiologische Folgen nicht auszuschließen                         | Presse wurde unterrichtet                                                                                                                                                         |
| 13. 4. 1988 | Fund einer Kassette mit mehreren Behältnissen schwachradioaktiver Stoffe auf einem Baugrundstück                                                   | Diebstahl aus einem Universitätsinstitut                  | keine; die Präparate waren unversehrt und die Aktivität lag unterhalb der Freigrenze                                                                           |                                                                                                                                                                                   |
| 25. 4. 1988 | Tritiumfreisetzung während eines Versuchs im Isotopenlabor einer Universität                                                                       | Arbeitsunfall (Zerstörung einer Ampulle mit 18,5 GBq H-3) | die zulässigen Aktivitätsabgaben für Luft und Wasser auf die Dosis- bzw. Aktivitätszufuhr für beruflich strahlenexponierte Personen wurden nicht überschritten |                                                                                                                                                                                   |
| 4. 5. 1988  | vorübergehender Verlust eines Versandstückes mit 3,7 GBq Tc-99-m                                                                                   | organisatorische Mängel                                   | keine, da das Präparat unversehrt im Strahlenschutzraum wieder aufgefunden wurde                                                                               | von dem Versandstück hatte sich der Adressenaufkleber gelöst, was einen Mitarbeiter veranlaßte, das Präparat ohne entsprechende Meldung in den Strahlenschutzraum zurückzustellen |
| 5. 5. 1988  | Zerstörung von 2 Analysenproben (je ca. 1 g Uran, 93 % angereichert und ca 10 g Thorium) beim innerbetrieblichen Transport in einem Nuklearbetrieb | Undichtheit eines Polyethylenbeutels                      | keine, der betroffene Bereich wurde dekontaminiert                                                                                                             | innerbetrieblicher Transport wurde verbessert                                                                                                                                     |
| 13. 5. 1988 | bei Gammaradiographiearbeiten löste sich beim Ausfahren des Strahlers der Ausfuhrschlauch vom Gerät                                                | bisher nicht bekannt; möglicherweise technischer Defekt   | keine, da Störung ohne Strahlenexposition des Bedienungspersonals behoben werden konnte                                                                        | Sicherheit des Kuppelungssystems des betreffenden Gerätetyps wird zur Zeit überprüft                                                                                              |
| 31. 5. 1988 | Beschädigung eines Fahrzeuges, das Radiopharmaka transportierte                                                                                    | Auffahr-Unfall                                            | keine, da Versandstücke unbeschädigt blieben                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                   |

noch Tabelle 13

**Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern**

| Datum       | Vorkommnis                                                                                                                  | Ursache                                                                                              | radiologische Folgen                                                                                                                  | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                                                                                                                                                        |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | 2                                                                                                                           | 3                                                                                                    | 4                                                                                                                                     | 5                                                                                                                                                                                                 |
| 27. 6. 1988 | Verlust eines Kartons (0,3 kg) aus einer Stückgutsendung<br>Inhalt: 5 Überspannungsableiter mit Promethium 147              | vermutlich Diebstahl                                                                                 | in Anbetracht der dichten Umschließung und ausreichenden Abschirmung: keine                                                           | Nachforschungen blieben ergebnislos                                                                                                                                                               |
| Juli 1988   | Feststellung von Tritiumverlust bei einer gasgefüllten Tritiumlichtquelle                                                   | Materialfehler                                                                                       | wegen der Handhabung der Vorrichtung im Freien bzw. in großen Hallen und aufgrund der niedrigen Freisetzungsrates des Tritiums: keine |                                                                                                                                                                                                   |
| Juli 1988   | Verlust einer Kupolofen-Meßeinrichtung mit 18 MBq Co-60                                                                     | Nichtentfernung vor dem Abriß des Kupolofens                                                         | es ist nicht auszuschließen, daß der Strahler zusammen mit dem Abbruchschutt auf eine Mülldeponie verbracht wurde                     | im Hinblick auf feste Umschließung des Strahlers nicht zu erwarten; Messungen verliefen ergebnislos                                                                                               |
| 7. 7. 1988  | Freisetzung von UO <sub>2</sub> -Pulver in einem Nuklearbetrieb                                                             | Arbeitsunfall beim Abfüllvorgang                                                                     | erhöhte Raumluftaktivität und Kontamination von Arbeitskleidung                                                                       |                                                                                                                                                                                                   |
| 15. 7. 1988 | Abweichung von der vorgesehenen Fahrtroute und Unterrichtung zuständiger Behörden beim Transport abgebrannter Brennelemente | Verstoß gegen Genehmigungsauflagen                                                                   |                                                                                                                                       | Bußgeldverfahren eingeleitet; Verbesserung des Meldesystems eingeführt                                                                                                                            |
| 21. 7. 1988 | Verlust eines Versandstückes mit insgesamt 18,5 MBq H-3 bei der Anlieferung an ein Krankenhaus                              | bisher nicht geklärt                                                                                 | keine, solange die Umschließung der Präparate nicht zerstört wird                                                                     |                                                                                                                                                                                                   |
| August 1988 | Defekt an der Füllstandsmeßanlage eines Staubsammelbehälters in einem Stahlwerk                                             | durch eine nachträglich am Staubbunker angebrachte Rüttelvorrichtung hatte sich die Meßanlage gelöst | keine, da Meßeinrichtung geborgen werden konnte                                                                                       | generelle Anordnung der Aufsichtsbehörde, daß derartige Meßeinrichtungen nicht an Rüttelvorrichtungen angebracht werden dürfen; vergleichbare Einrichtungen in anderen Betrieben werden überprüft |

noch Tabelle 13

**Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern**

| Datum         | Vorkommnis                                                                                                                                                | Ursache                                                                                                     | radiologische Folgen                                                                       | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1             | 2                                                                                                                                                         | 3                                                                                                           | 4                                                                                          | 5                                                                    |
| 5. 8. 1988    | Verlust des Strahlers (111 MBq Co-60) einer Füllstandsmeßeinrichtung eines Hochofens                                                                      | möglicherweise ist der Strahler mit Abrißmaterial auf eine Mülldeponie gelangt                              | im Hinblick auf feste Umschließung des Strahlers nicht zu erwarten                         |                                                                      |
| 11. 8. 1988   | Verlust eines Versandstückes mit 370 kBq I-125 für ein Isotopenlabor                                                                                      | möglicherweise Falschauslieferung                                                                           | keine, solange die Umschließung des Präparates nicht zerstört wird                         |                                                                      |
| 15. 8. 1988   | Störung beim Probebetrieb einer fernbedienten medizinischen Applikations-einrichtung                                                                      | durch Knickung des Führungsdrahtes ließ sich der Ir-192 Strahler nicht mehr in die Abschirmung zurückfahren | keine (Probebetrieb)                                                                       |                                                                      |
| 12. 9. 1988   | Verlust einer Kontrollvorrichtung (33 MBq Sr-90) (unzulässigerweise auf dem Postweg zur Überprüfung an den Hersteller versandt)                           | bisher nicht geklärt                                                                                        | im Hinblick auf Beschaffenheit der Vorrichtung nicht zu erwarten                           | die Verantwortlichen wurden auf die Versandvorschriften hingewiesen  |
| 24. 9. 1988   | Diebstahl eines Prüfstrahlers (330 kBq Cs-137)                                                                                                            | bei einer Gerätevorführung wurde der Prüfstrahler entwendet                                                 | im Hinblick auf Art und Aktivität des umschlossenen radioaktiven Stoffes nicht zu erwarten |                                                                      |
| 1. 10. 1988   | Fund von natürlich radioaktiven Stoffen (Uran- und Thoriumverbindungen) sowie von giftigen Substanzen bei der Entrümpelung des Kellers eines Privathauses | die Substanzen waren vor dem Zweiten Weltkrieg von einem Chemiestudenten beschafft und eingelagert worden   | bei Einlagerung keine                                                                      | die Substanzen wurden ordnungsgemäß entsorgt                         |
| 10. 10. 1988  | Verschlußstörung an einer medizinischen Gammabestrahlungseinrichtung                                                                                      | technischer Defekt (Bruch der Rückholfeder)                                                                 | die mit der Bergung des Patienten beauftragte Person erhielt eine Dosis von 0,2 µSv        | der Verschlußantrieb wurde erneuert                                  |
| 25. 10. 1988  | Strahlenexposition von 3 Mitarbeitern in einem Klärwerk                                                                                                   | Aufenthalt im Strahlenfeld eines nicht abgeschirmten Füllstandsmessers                                      | Körperdosen wurden auf 20 µSv abgeschätzt                                                  | abschließender Untersuchungsbericht liegt noch nicht vor             |
| November 1988 | Feststellung der Beschädigung einer Abwasserleitung eines Neutronengenerators                                                                             | Beschädigung durch Baggararbeiten                                                                           | im Erdreich um die Schadstelle wurden nur geringe H-3-Aktivitäten gemessen                 | Leitung wurde repariert; 2 zusätzliche Inspektionsschächte eingebaut |
| 7. 11. 1988   | Strahlenexposition von 4 Mitarbeitern einer Kläranlage                                                                                                    | unerlaubter Abbau eines Füllstandmeßgerätes                                                                 | Dosisermittlung noch nicht abgeschlossen                                                   | Meßanlage wurde außer Betrieb gesetzt                                |

noch Tabelle 13

**Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern**

| Datum        | Vorkommnis                                                                                                                                                           | Ursache                                                              | radiologische Folgen                                                                                                   | Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen                              |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1            | 2                                                                                                                                                                    | 3                                                                    | 4                                                                                                                      | 5                                                                       |
| 10. 11. 1988 | Verschlußstörung an einer medizinischen Gammabestrahlungseinrichtung (bei Pendelbestrahlung fuhr der Anlagenkopf auf die Bedienkonsole und blockierte den Verschluß) | Nichtbeachtung der Betriebsanweisung (Probependeln nicht ausgeführt) | der Patient wurde ca. 20 Sekunden fehlbestrahlt; die die Bergung durchführende Person erhielt keine nachweisbare Dosis | Fehlbestrahlung wurde durch Änderung des Bestrahlungsplanes aufgefangen |
| 11. 11. 1988 | Verlust von ca. 110 Überspannungableitern mit je ca. 110 kBq Pm-147                                                                                                  | vermutlich Diebstahl                                                 | in Anbetracht der dichten Umschließung und ausreichenden Abschirmung: keine                                            |                                                                         |

Tabelle 14

## Vorkommnisse im Zusammenhang mit Ionisationsrauchmeldern im Jahr 1988

| Datum          | Vorkommnis                                                                                   | Gesamtaktivität            | Bemerkungen                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1988           | Verlust von insgesamt 41 Ionisationsrauchmeldern                                             | siehe Spalte „Bemerkungen“ | 12 Melder:<br>Verbleib ungeklärt,<br>Aktivität: 880,6 kBq<br>3 Melder:<br>Beseitigung zusammen mit nicht-radioaktivem Abfall,<br>Aktivität: 88,8 kBq<br>26 Melder:<br>überwachte Beseitigung zusammen mit Brandschutt,<br>Aktivität: 70,23 MBq |
| 10. 1. 1988    | Verlust von 28 Ionisationsrauchmeldern bei einem Brand in einer Papierfabrik                 | 414,4 kBq                  | Kontaminationen im Brandschutt wurden nicht festgestellt                                                                                                                                                                                       |
| September 1988 | Verlust von 18 Ionisationsrauchmeldern bei Abbrucharbeiten                                   | 29,5 MBq                   | Rauchmelder wurden vermutlich mit Bauschutt auf eine Mülldeponie transportiert                                                                                                                                                                 |
| Oktober 1988   | Verlust von 27 Ionisationsrauchmeldern beim Austausch einer Anlage in einem Industriebetrieb | 16,5 MBq                   | Nachforschungen über den Verbleib blieben ergebnislos                                                                                                                                                                                          |

Tabelle 15

Mittlere effektive Dosis durch inkorporiertes Caesium 134 und Caesium 137 in  $\mu\text{Sv}$  im Jahre 1988 als Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl

|                             | Südost-Bayern | Voralpen-gebiet | München | Karlsruhe | Homburg/Saar | Frankfurt | Berlin | Hamburg | Köln | Düsseldorf | Mainz |
|-----------------------------|---------------|-----------------|---------|-----------|--------------|-----------|--------|---------|------|------------|-------|
| Männer .....                | 95            | —               | 30      | 13        | 17           | 16        | 18     | 20      | 18   | 12         | 17    |
| Frauen .....                | 41            | —               | 15      | 11        | 10           | 10        | 9      | 11      | 11   | 7          | 11    |
| Kinder und Jugendliche .... | 37            | 18              | 14      | < 7       | < 10         | < 12      | 14     | —       | —    | —          | —     |

Abbildung 1

**Anzahl der mit Personendosimetern überwachten Personen  
insgesamt und in der Medizin (in Tsd.)**

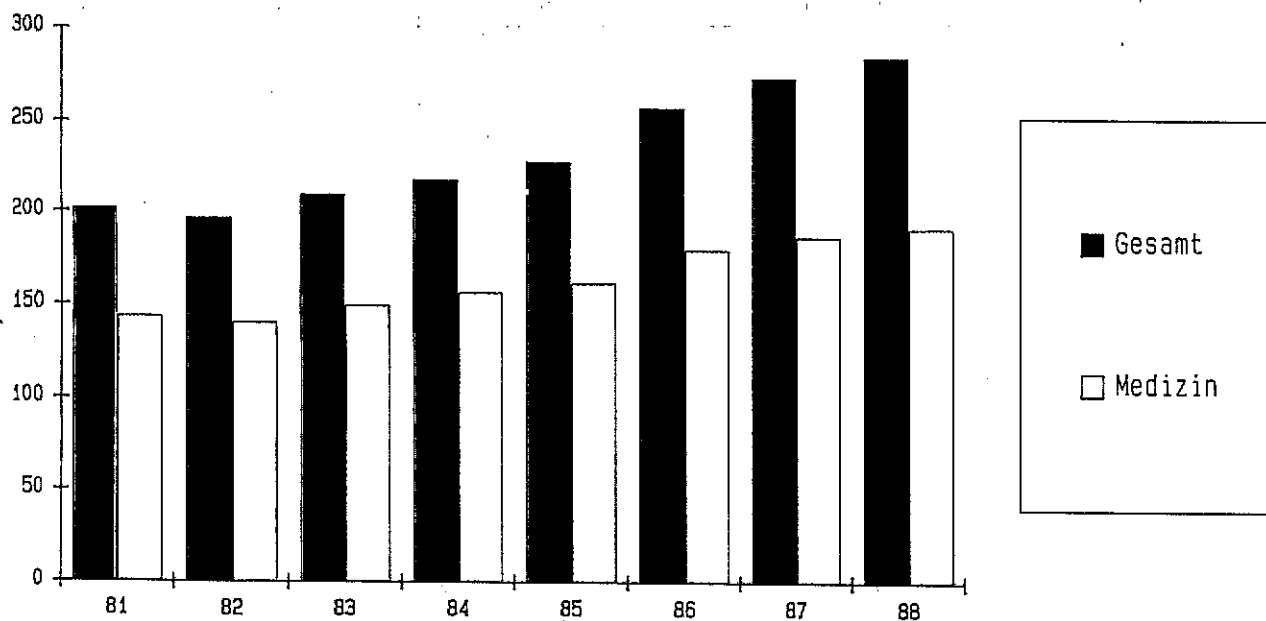
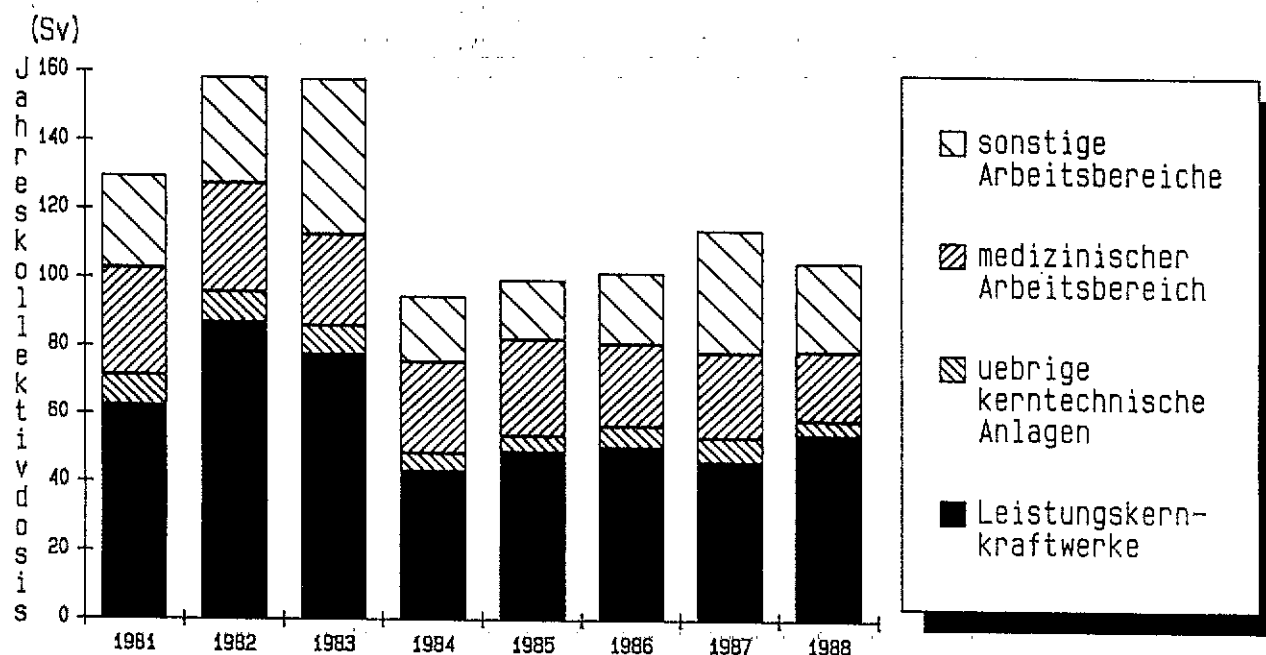


Abbildung 2

**Verteilung der Jahreskollektivdosis auf verschiedene Arbeitsbereiche**



16.03.90

**Beschluß**

des Bundesrates

zum

Bericht der Bundesregierung  
über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1987

Bericht der Bundesregierung  
über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1988

Der Bundesrat hat von dem Bericht Kenntnis genommen.

Der Beschluß ist gemäß § 35 GO BR gefaßt worden.