

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Bericht der Bundesregierung über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1986

Inhalt

	Seite
I. Auftrag und Zusammenfassung	2
1. Auftrag	2
2. Zusammenfassung	2
II. Natürliche Strahlenexposition und zivilisatorisch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen	3
III. Zivilisatorische Strahlenexposition	4
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	6
3. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in Forschung, Technik und Haushalt	6
3.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen	6
3.2 Störstrahler	7
4. Berufliche Tätigkeit	7
5. Besondere Vorkommnisse	7
6. Fall-out von Kernwaffenversuchen	7
IV. Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl .	8
Tabellen	9
Abbildungen	25

I. Auftrag und Zusammenfassung

1. Auftrag

Am 14. März 1975 forderte der 7. Deutsche Bundestag in seiner 156. Sitzung die Bundesregierung auf, jährlich einen Bericht über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ vorzulegen. Dieser jährliche Bericht befaßte sich anfangs mit der Strahlenexposition durch die Atombombenversuche in der Atmosphäre und schloß später die Strahlenexposition durch den Betrieb kerntechnischer Anlagen ein.

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 1986 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 Jahre 1986 die Auswirkungen des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl hinzu.

Dieser Unfall hat zu einer Veränderung der Umweltradioaktivität geführt, deren Wirkung auf die Strahlenexposition der Bevölkerung durch Vorsorgemaßnahmen, 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 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.

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). Zum Vergleich werden in diesem Bericht beide Dosisarten angegeben, in den folgenden nur noch die effektive Dosis.

Die Strahlenexposition der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1986 ist in der Tabelle 1 nach den verschiedenen Strahlenquellen aufgeschlüsselt. Die genetisch signifikante Dosis aus der natürlichen Strahlenexposition beträgt im Mittel ca. 1,1 Millisievert und weist u. a. wegen der geologischen und geographischen Gegebenheiten eine mittlere Schwankung von ca. $\pm 0,3$ Millisievert auf (Drucksache 8/4101). 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 Millisievert mit einer ungefähren mittleren Schwankung von 1 Millisievert. Die durch die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin hervorgerufene genetisch signifikante Dosis von 0,5 Millisievert bzw. 1,5 Millisievert effektiver Dosis 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 1986 folgendes festzustellen:

- Der Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl hat die Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland verändert. Die dadurch bedingte Strahlenexposition der Bevölkerung betrug 1986 im Mittel ca. 5 % der natürlichen Strahlenexposition. Südlich der Donau kann die Dosis je nach örtlichen Gegebenheiten im Einzelfall bis zu 50 % 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 zivilisatorisch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Quellen 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 Dosis der Bevölkerung betrug im Jahr 1986 weniger als 1 % 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 1 %.
- Der Beitrag der Strahlenexposition durch die in der Atmosphäre durchgeführten Kernwaffenversuche der vergangenen Jahrzehnte zur Dosis ist weiterhin rückläufig. Im Jahr 1986 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/m³ festgestellt. Diese Untersuchungen deuten daraufhin, daß in 10 % der Wohnungen eine Radonkonzentration von mehr als 80 Bq/m³ und in 1 % der Fälle mehr als 200 Bq/m³ vorliegt.

Für die Strahlenexposition der Lunge ergibt sich bei dem Mittelwert der Radonkonzentration von 50 Bq/m³ eine mittlere jährliche Äquivalentdosis von etwa 18 mSv im Bronchialepithel und von etwa 2,4 mSv im Alveolarbereich. Aufgrund der gemessenen Schwankungsbreite 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 mit 1,3 mSv etwa zur Hälfte an 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 1986 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. $3 \cdot 10^{10}$ Becquerel für Aerosole und ca. 10^{10} Becquerel für Jod 131 zeigt.

Die für 1986 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 beim Kernforschungszentrum Karlsruhe rund 12 % des Dosisgrenzwertes erreicht. 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 1986 zu deutlich weniger als 10 Mikrosievert pro Jahr genetisch signifikanter wie auch 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 1986 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. Die Jahreswerte für die Ableitungen von Aerosolen und Jod 131 mit der Abluft enthalten teilweise auf den Reaktorunfall in Tschernobyl zurückzuführende Aktivitätsanteile; eine Trennung der Jahresemission in Tschernobyl- und Anlagen-Anteil war in Anbetracht der resultierenden niedrigen Dosiswerte (Tabelle 7) nicht erforderlich. In Tabelle 4 sind die Daten über die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich im Jahr 1986 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 1986 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 Grenze mit berücksichtigt, 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.

Abweichend von dieser Richtlinie erfolgen die Dosisberechnungen ab dem Berichtsjahr 1986 nach dem

von der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) entwickelten Konzept der effektiven Dosis. Dieses Konzept der effektiven Dosis wurde von der Europäischen Gemeinschaft bei der Neufassung der Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen (Richtlinien des Rates vom 15. Juli 1980 und vom 3. September 1984, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 246/1 und L 265/4) übernommen und ist Grundlage für die Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation in der Ratsverordnung (EURATOM) Nr. 3954/87 vom 22. Dezember 1987 (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 371/11). Das Konzept der effektiven Dosis wird künftig auch Grundlage der Dosismessung nach deutschem Strahlenschutzrecht sein.

Anstelle der Ganzkörperdosis wird nunmehr die effektive Dosis gemäß Band 26 der ICRP-Veröffentlichungen angegeben. Die bisher verwendeten Dosisfaktoren sind durch die vom Bundesgesundheitsamt entsprechend dem aktuellen Wissensstand neuberechneten Dosisfaktoren ersetzt worden. 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 1986 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 7 Mikrosievert beim Kernkraftwerk Würzgassen, der den Grenzwert der Strahlenschutzverordnung von 300 Mikrosievert um ca. den Faktor 40 unterschreitet. Bei der Ermittlung der oberen Werte der Schilddrüsens dosis eines Kleinkindes wurde ein Milchverzehr von 0,8 Liter pro Tag aus dem Hauptbeaufschlagungsgebiet vorausgesetzt. Als größten Wert ergibt die Rechnung 30 Mikrosievert beim Kernkraftwerk Würzgassen, der einem Dreißigstel des Dosisgrenzwertes für die Schilddrüse entspricht. Während der Weidezeit 1980 wöchentlich durchgeführte Messungen des Gehaltes an Jod 131 in Milchproben aus der unmittelbaren Umgebung des Kernkraftwerkes Würzgassen und zwischenzeitlich durchgeführte weitere Messungen haben ergeben, daß die Schilddrüsens dosis eines Kleinkindes durch die Modellrechnung deutlich überschätzt wird. Die für 1986 in Tabelle 7 angegebenen Werte der Schilddrüsens dosis enthalten teilweise auch Dosisbeiträge, die auf Jod 131 aus dem Kernkraftwerk Tschernobyl zurückzuführen sind.

Weiterhin enthält Tabelle 7 die mittlere effektive Dosis für Erwachsene über sämtliche relevanten Expositionspfade, und zwar im Umkreis von 0 bis 3 km und 0 bis 20 km um die einzelnen Anlagen. Hierbei wurde angenommen, daß die Gesamtnahrung am jeweiligen Wohnort der Bevölkerung erzeugt wird und mittlere Verzehrsgewohnheiten vorliegen.

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 1 Mikrosievert beim Kernkraftwerk Gundremmingen. Im Vorjahr lag er bei 0,7 Mikrosievert ebenfalls beim Kernkraftwerk Gundremmingen sowie beim Kernkraftwerk Würzgassen. Die Unterschiede sind durch Änderungen in den Emissionen bedingt. Die in Tabelle 8 ebenfalls angegebenen mittleren Werte der effektiven Dosis für die Bevölkerung liegen alle unter 0,1 Mikrosievert.

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 1986 einen Wert von 5,6 Mikrosievert auf; im Vorjahr waren es hier 11 Mikrosievert. Als größten Wert für die Schilddrüsens dosis eines Kleinkindes ergaben die Berechnungen für 1986 beim Kernforschungszentrum Karlsruhe an der ungünstigsten Einwirkungsstelle 110 Mikrosievert. Im Vorjahr lag der entsprechende Wert bei 74 Mikrosievert.

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 Mikrosievert 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 6 Mikrosievert. Für die Lungendosis eines Kleinkindes ergibt sich im Jahr 1986 mit den neuen Dosisfaktoren gemäß ICRP-Veröffentlichung 30 als höchster Wert 40 Mikrosievert.

Die durch die Abgaben von Alphastrahlern mit dem Abwasser bedingten Werte der effektiven Dosis Erwachsener sind in Tabelle 11 aufgeführt. Sie betragen maximal 0,4 Mikrosievert für die Reaktor-Brennelement Union GmbH Werk I in Hanau. Die Abgaben dieses Emittenten gingen von 6,5 GBq im Jahr 1985 auf 1,4 GBq im Jahr 1986 zurück.

Die Berechnungen zur Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Betrieb kerntechnischer Anlagen in

Nachbarländern (Tabelle 6) ergeben 1986 auf Bundesgebiet an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für die effektive Dosis obere Werte im Bereich von 1 Mikrosievert 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 Mikrosievert pro Jahr. Bei den im Rahmen der Umgebungsüberwachung durchgeführten Messungen des Radiojodgehaltes von Milchproben aus grenznahen Weidegebieten wurde Jod 131 nur in den ersten drei Monaten nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl gefunden. Vor diesem Unfall und ab August 1986 wurde Jod 131 in Milch nicht nachgewiesen.

2. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin

Die zivilisatorische Strahlenexposition der bundesdeutschen Bevölkerung durch die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin im Jahr 1986 betrug ca. 0,5 Millisievert genetisch signifikanter Dosis bzw. 1,5 Millisievert effektiver Dosis. Im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition macht die Strahlenexposition durch den medizinischen Bereich hiermit auf die effektive Dosis bezogen etwa einen Anteil von 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. Die entsprechenden Anteile aus dem Bereich der Nuklearmedizin und der Strahlentherapie sind dagegen vergleichsweise sehr gering.

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens „Strahlenbelastung der Bevölkerung durch medizinische Maßnahmen insbesondere in der Röntgendiagnostik“ vom Bundesgesundheitsamt durchgeführten Erhebungen haben gezeigt, daß der errechnete mittlere relative Fehler der genetisch signifikanten Dosis durch die Röntgendiagnostik etwa 50 % beträgt. Der unter Nummer 2.2 der Tabelle 1 genannte Wert ist daher als qualitative Aussage zu werten. Diese Unsicherheit erklärt sich aus den regional schwankenden Anwendungsfrequenzen, durch regional unterschiedliche Altersstrukturen der Bevölkerung sowie durch die Art der Anwendung und die individuelle Anwendungstechnik des Untersuchers.

Die über lange Jahre hin festgestellten hohen jährlichen Zuwachsraten in den Anwendungsfrequenzen röntgendiagnostischer Untersuchungsverfahren sind in den letzten Jahren zum Stillstand gekommen; für wesentliche Verfahren zeichnet sich nunmehr sogar ein rückläufiger Trend ab. Ursache hierfür dürften sowohl eine strengere Indikationsstellung seitens der anwendenden Ärzte aufgrund eines zunehmenden Strahlenschutzbewußtseins als auch in zunehmendem Maße angewendete alternative Untersuchungsmöglichkeiten, z. B. Ultraschall und Endoskopie, sein. Fernerhin kann ein Rückgang der Strahlenexposition des einzelnen untersuchten Patienten angenommen

werden, der zum einen auf technische Regeln 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 verbessertem Film-Folienmaterial zurückzuführen ist. Es steht außer Zweifel, daß sich auch die Vorschriften der vor zehn Jahren in Kraft getretenen Röntgenverordnung im Hinblick auf die Strahlenexposition des einzelnen und der Gesamtheit positiv ausgewirkt haben. Die novellierte Röntgenverordnung sieht zahlreiche weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Strahlenschutzes in der Röntgendiagnostik vor, die durch entsprechende Richtlinien konkretisiert werden. Dadurch werden die Voraussetzungen zur Verbesserung der ärztlichen Fachkunde und der Kenntnisse des medizinischen Hilfspersonals geschaffen und damit Verbesserungen der Untersuchungsverfahren und Untersuchungstechniken ermöglicht. 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 damit Wiederholungsuntersuchungen zu begrenzen.

Bei der Wertung der Strahlenexposition durch röntgendiagnostische Maßnahmen ist zu berücksichtigen, daß im Rahmen der Gesundheitsfürsorge auf Röntgenuntersuchungen nicht verzichtet werden kann und bei gewissenhafter Indikationsstellung das Strahlenrisiko 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. Tabelle 12 gibt einen Überblick über das Anwendungsgebiet dieser Industrieerzeugnisse und die Art der verwendeten Radionuklide. 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 Mikrosievert pro Jahr zur genetisch signifikanten Dosis der Bevölkerung beiträgt.

Bei einigen technischen Prozessen werden radioaktive Stoffe zur Messung und Steuerung (z. B. Füll-

stand-, 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 genetischen Strahlenexposition der Bevölkerung niedriger als 10 Mikrosievert 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. Zu den Störstrahlern gehören auch Kathodenstrahlröhren zur Wiedergabe von Bildinhalten.

Der Beitrag von Störstrahlern zur Strahlenexposition der Bevölkerung wird mit einer effektiven Dosis von weniger als 10 Mikrosievert 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 259 000, davon im Bereich Medizin 180 000. 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 ca. 80 % aller Überwachten (ca. 85 % im Bereich Medizin, ca. 65 % 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 100 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 13 wieder.

Die mittlere Jahresdosis aller Überwachten beträgt 0,39 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 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 1986, die dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit von den zuständigen Landesbehörden gemeldet worden sind, enthält Tabelle 14. Die Vorkommnisse im Zusammenhang mit Ionisationsrauchmeldern sind gesondert zusammengestellt (Tabelle 15). Diese Zusammenstellungen sollen dazu dienen, mögliche Fehlerquellen beim Umgang mit radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung bekannt zu machen und dadurch die Strahlenschutzverantwortlichen, die Strahlenschutzbeauftragten, die beruflich mit ionisierenden Strahlen Umgehenden und die vor Ort tätigen Aufsichtsbehörden für ihren Bereich in die Lage zu versetzen, vergleichbare Vorkommnisse zu vermeiden.

Bezüglich besonderer Vorkommnisse in Kernkraftwerken bzw. in der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe wird auf die Berichte des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit bzw. der Gesellschaft für Reaktorsicherheit verwiesen.

6. Fall-out von Kernwaffenversuchen

Nach den vorliegenden Meldungen wurden 1986 insgesamt 21 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 1986 in der Bundesrepublik Deutschland zu einer effektiven Dosis — fast ausschließlich durch Cäsium 134 und Cäsium 137 bedingt — von im Mittel 0,07 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. Ein Überblick über die Deposition von Cäsium 137 im Mai 1986 im Bundesgebiet ist aus Abbildung 3 ersichtlich.

Die anhand von Aktivitätskonzentrationen von Cäsium 134, Cäsium 137 und Jod 131 in Nahrungsmitteln und mit durchschnittlichen Verzehrsgewohnheiten abgeschätzte effektive Dosis infolge Inkorporation betrug 1986 für einen Erwachsenen im Raum Frankfurt (repräsentativ für die Bundesrepublik Deutschland) 0,04 mSv (Tabelle 1). In Bayern lag die Dosis um einen Faktor 4 und in Südbayern um einen Faktor 6

über diesem Dosiswert. Für Kleinkinder ergab sich im Raum Frankfurt für die beiden Cäsium-Nuklide und Jod 131 eine effektive Dosis von 0,016 mSv, in Bayern lag dieser Dosiswert um einen Faktor 5 höher. Die übrigen nach dem Reaktorunfall freigesetzten Radionuklide trugen nur in vernachlässigbarem Umfang zur Ingestiondosis bei.

Die anhand von Ganzkörpermessungen in einigen Regionen hergeleiteten effektiven Dosen für Cäsium 134 und Cäsium 137 sind in Tabelle 16 zusammengestellt. Als Mittelwert ergab sich hier eine Dosis von 0,012 mSv. Die effektiven Dosen lagen im Raum München etwa 3mal und im Voralpenland etwa 4mal so hoch. Für Einzelpersonen mit extremen Lebens- und Ernährungsgewohnheiten können sich maximale Dosiswerte bis zu dem Zwei- bis Dreifachen der aufgeführten 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. Desweiteren 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. $1 \text{ Becquerel (Bq)} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Curie}$
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. 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
Gammasubmersion	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 Speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Nahrung
Inhalation	Allgemein: Einatmung von Gasen Speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Atemluft
Inkorporation	Allgemein: Aufnahme in den Körper 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
Radiojod	Radioaktive Jodisotope
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

**Genetisch signifikante Dosis und mittlere effektive Dosis der Bevölkerung der
Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1986**

	Genetisch signifikante Dosis mSv	Mittlere effektive Dosis mSv
1. Natürliche Strahlenexposition		
1.1 durch kosmische Strahlung	ca. 0,3	ca. 0,3
1.2 durch terrestrische Strahlung von außen im Mittel	ca. 0,5	ca. 0,5
bei Aufenthalt im Freien	ca. 0,43	ca. 0,43
bei Aufenthalt in Gebäuden	ca. 0,57	ca. 0,57
1.3 durch Inhalation von Radon in Wohnungen im Mittel	0	ca. 1,3
1.4 durch inkorporierte natürliche radioaktive Stoffe	ca. 0,3	ca. 0,3
Summe der natürlichen Strahlenexposition	ca. <u>1,1</u>	ca. <u>2,4</u>
2. Zivilisatorische Strahlenexposition		
2.1 durch kerntechnische Anlagen	< 0,01	< 0,01
2.2 durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin	ca. 0,5 *)	ca. 1,5 *)
2.3 durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Forschung, Technik und Haushalt (ohne 2.4) .	< 0,02	< 0,02
2.3.1 Industrieerzeugnisse	< 0,01	< 0,01
2.3.2 technische Strahlenquellen	< 0,01	< 0,01
2.3.3 Störstrahler	< 0,01	< 0,01
2.4 durch berufliche Strahlenexposition (Beitrag zur mittleren Strahlenexposition der Bevölkerung) .	< 0,01	< 0,01
2.5 durch besondere Vorkommnisse	0	0
2.6 durch Fall-out von Kernwaffenversuchen	< 0,01	< 0,01
2.6.1 von außen im Freien	< 0,01	< 0,01
2.6.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe	< 0,01	< 0,01
Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition	ca. <u>0,6</u>	ca. <u>1,55</u>
3. Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im Mittel		
3.1 von außen	ca. 0,07	ca. 0,07
bei 24 h-Aufenthalt im Freien	ca. 0,2	ca. 0,2
bei 24 h-Aufenthalt in Gebäuden	ca. 0,03	ca. 0,03
3.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe	ca. 0,03	ca. 0,04
Summe der Strahlenexposition durch den Unfall im Kern- kraftwerk Tschernobyl	ca. <u>0,1</u>	ca. <u>0,11</u>

*) Der Schwankungsbereich dieses Wertes beträgt ca. 50 %

Tabelle 2

Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernkraftwerken im Jahr 1986

Kernkraftwerk	Edelgase Bq	Aerosole ^{a)} Bq	Jod 131 Bq	¹⁴ CO ₂ Bq	Tritium Bq
Kahl ^{b)}	n. n.	1,1 E05	—	n. n.	—
Gundremmingen A ^{c)}	n. n.	2,9 E06	—	n. n.	7,0 E09
Lingen ^{c)}	—	—	—	—	1,7 E09
Obrigheim	6,2 E11	3,2 E07	4,4 E05	2,0 E10	2,0 E11
Stade	1,9 E14	2,6 E07	9,5 E07	5,5 E10	1,1 E12
Würgassen	9,3 E12	1,9 E08	4,0 E08	3,4 E11	4,1 E11
Biblis A	2,2 E13	7,8 E07	2,8 E07	2,9 E10	1,3 E12
Biblis B	6,1 E12	2,4 E07	8,5 E06	2,4 E10	4,6 E11
Neckarwestheim	1,2 E13	2,2 E07	1,6 E08	3,2 E10	1,2 E12
Brunsbüttel	8,2 E11	7,2 E06	4,4 E07	7,2 E11	2,4 E11
Isar	1,9 E12	2,3 E08	5,4 E08	3,5 E11	5,2 E11
Unterweser	8,4 E12	5,6 E06	1,1 E07	2,6 E10	1,8 E12
Philippsburg 1	2,9 E10	2,9 E07	1,1 E07	2,7 E11	1,6 E10
Grafenrheinfeld	n. n.	1,3 E07	1,3 E08	9,5 E10	6,8 E11
Krömmel	2,1 E11	3,5 E07	5,7 E06	4,1 E11	7,3 E11
Gundremmingen B und C	4,8 E12	3,1 E07	4,6 E08	7,5 E11	1,2 E11
Grohnde	1,2 E13	5,4 E05	4,2 E06	2,4 E10	2,1 E11
Hamm-Uentrop	3,5 E10	1,7 E08	5,7 E06	4,0 E10	3,8 E12
Philippsburg 2	5,0 E11	5,9 E05	3,5 E05	6,9 E10	4,4 E11
Mülheim-Kärlich	7,6 E11	n. n.	8,4 E07	1,0 E10	2,8 E09
Brokdorf	7,4 E09	n. n.	n. n.	n. n.	3,8 E09

^{a)} Halbwertszeit > 8 Tage, ohne Jod 131, einschließlich Strontium und Alpha-Strahler^{b)} Stillstand seit November 1985^{c)} Stillstand seit Januar 1987

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

6,2 E11 bedeutet $6,2 \cdot 10^{11}$

Tabelle 3

**Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken
im Jahr 1986**

Kernkraftwerk	Spalt- und Aktivierungsprodukte (außer Tritium) Bq	Tritium Bq	α -Strahler Bq
Obrigheim	5,8 E08	4,1 E12	2,3 E05
Stade	1,5 E09	7,1 E12	—
Biblis A	1,4 E09	1,6 E13	—
Biblis B	8,8 E08	1,3 E13	—
Neckarwestheim	1,6 E08	1,1 E13	8,0 E05
Unterweser	2,3 E08	1,4 E13	—
Grafenrheinfeld	1,5 E08	1,4 E13	—
Philippsburg 2	2,5 E08	2,2 E13	—
Grohnde	1,1 E07	8,0 E12	—
Kahl ^{a)}	4,5 E07	2,9 E10	9,0 E04
Gundremmingen (Block B und C)	4,8 E09	1,2 E12	—
Lingen ^{b)}	8,3 E07	6,0 E09	1,0 E06
Würgassen	1,2 E09	4,9 E11	1,8 E06
Brunsbüttel	4,9 E08	5,0 E11	4,5 E05
Isar	8,7 E08	6,5 E11	4,5 E06
Philippsburg 1	9,7 E08	7,7 E11	—
Krümmel	4,0 E07	1,1 E12	—
Mülheim-Kärlich	2,5 E08	1,9 E12	—
Brokdorf ^{c)}	—	1,0 E11	—
Hamm-Uentrop	6,8 E06	1,1 E12	—

^{a)} Anlage im November 1985 stillgelegt

^{b)} Anlage im Januar 1977 stillgelegt

^{c)} seit Oktober 1986 in Betrieb

Tabelle 4

**Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernforschungszentren
im Jahr 1986**

Kernforschungszentrum	Edelgase Bq	Aerosole Bq	Jod 131 Bq	Jod 129 Bq	Tritium Bq	Kohlen- stoff 14 Bq	Stron- tium 90 Bq
Kernforschungszentrum Karlsruhe (einschließlich Wiederaufarbeitungs- anlage)	3,2 E15	4,2 E09 a)	1,5 E08	2,4 E08	2,6 E13	1,8 E11	1,7 E07
Kernforschungsanlage Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	4,3 E12	6,0 E05	1,9 E08	—	4,1 E13	1,8 E11	1,9 E04

a) Alpha-Strahler: 3,8 E07

noch Tabelle 4

**Jahresabgaben radioaktiver Stoffe im Abwasser aus Kernforschungszentren
im Jahr 1986**

Kernforschungszentrum	Spalt- und Aktivierungs- produkte *) Bq	Tritium Bq	Alpha-Strahler Bq
Kernforschungszentrum Karlsruhe (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage) ...	1,3 E09	9,0 E13	5,0 E07
Kernforschungsanlage Jülich	1,5 E09	1,2 E12	< 4,0 E07

*) ohne Tritium

Tabelle 5

**Abgabe radioaktiver Stoffe (α -Aktivität) aus kernbrennstoffverarbeitenden
Betrieben im Jahr 1986**

Betrieb	Abluft Bq	Abwasser Bq
ALKEM (Hanau)	< 1,7 E04	2,9 E06
NUKEM (Hanau)	4,5 E06	9,4 E07
HOBEG (Hanau)	1,0 E05	—
Reaktor-Brennelement Union		
Werk I (Hanau)	3,7 E07	1,4 E09
Werk II (Karlstein)	4,7 E04	4,1 E08
EXXON Nuclear (Lingen)	< 8,7 E03	—
Urananreicherungsanlage (Gronau)	5,2 E04	6,3 E03

Tabelle 6

Kerntechnische Anlagen im benachbarten Ausland
(Stand 31. Dezember 1986)

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	ca. 12 km
Niederlande	Kernkraftwerk Dodewaard	ca. 20 km
	Urananreicherungsanlage Almelo	ca. 15 km

Tabelle 7

Strahlenexposition im Jahr 1986 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 ^{a)}		Mittelwert der effektiven Dosis Erwachsener für die Bevölkerung im Umkreis von	
	der effektiven Dosis eines Erwachsenen µSv	der Schilddrüse eines Kleinkindes µSv		
			0 bis 3 km µSv	0 bis 20 km µSv
Kahl	<0,1	<0,1	<0,01	<0,01
Lingen	<0,1	<0,1	<0,01	<0,01
Obrigheim	2	3	0,1	0,01
Stade	1	2	0,08	<0,01
Würgassen	7	30	0,4	0,1
Biblis A, B	0,4	1	0,05	<0,01
Neckarwestheim	0,3	4	0,03	<0,01
Brunsbüttel	2	3	0,2	0,02
Isar	1	8	0,1	0,03
Unterweser	<0,1	0,2	0,01	<0,01
Philippsburg 1, 2	1	2	0,03	0,01
Grafenrheinfeld	0,1	1	0,01	<0,01
Krümmel	1	2	0,1	0,01
Gundremmingen A, B, C	0,5	3	0,05	0,03
Grohnde	0,1	0,2	<0,01	<0,01
Hamm-Uentrop	0,3	0,2	0,02	<0,01
Mülheim-Kärlich	<0,1	0,5	<0,01	<0,01
Brokdorf	<0,1	<0,1	<0,01	<0,01

^{a)} berechnet für die ungünstigste Einwirkungsstelle

Tabelle 8

Strahlenexposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser im Jahr 1986

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

Kernkraftwerk	Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene ^{a)} µSv	Effektive Dosis für Gruppen aus der Bevölkerung ^{b)} µSv
Kahl	0,1	<0,1
Gundremmingen A, B und C	1	<0,1
Lingen	<0,1	<0,1
Obrigheim	0,2	<0,1
Stade	0,2	<0,1
Würgassen	0,4	<0,1
Biblis A und B	0,1	<0,1
Neckarwestheim	0,2	<0,1
Brunsbüttel	0,1	<0,1
Isar	0,1	<0,1
Unterweser	0,2	<0,1
Philippsburg 1 und 2	0,2	<0,1
Grafenrheinfeld	0,2	<0,1
Krümmel	<0,1	<0,1
Grohnde	<0,1	<0,1
Hamm-Uentrop	0,1	<0,1
Mülheim-Kärlich	<0,1	<0,1
Brokdorf	<0,1	<0,1

^{a)} Es werden extreme Verzehrsgewohnheiten (z. B. 39 kg Flußfisch pro Jahr, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird) und Lebensgewohnheiten zugrunde gelegt.

^{b)} Für die Bevölkerung werden mittlere Verzehr- und Lebensgewohnheiten zugrunde gelegt.

Tabelle 9

Strahlenexposition im Jahr 1986 in der Umgebung von Kernforschungszentren durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft^{a)}

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

Kernforschungszentrum	Oberer Wert der Strahlenexposition für Einzelpersonen		Mittelwert der Strahlenexposition für die Bevölkerung	
	Effektive Dosis eines Erwachsenen µSv	Schilddrüsensdosis eines Kleinkindes µSv	im Umkreis von	
			0 bis 3 km µSv	0 bis 20 km µSv
Kernforschungszentrum Karlsruhe (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	5,4	110	0,9	0,2
Kernforschungsanlage Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	5,6	23	1	0,1

^{a)} Entnommen den Jahresberichten 1986 sowie nach Angaben der Strahlenschutzabteilungen der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich.

Tabelle 10

Strahlenexposition im Jahr 1986 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 eines Erwachsenen μSv	der Lungendosis eines Kleinkindes μSv
ALKEM (Hanau)	<0,1	<0,1
NUKEM (Hanau)	6	40
HOBEG (Hanau)	<0,1	0,2
Reaktor-Brennelement Union		
Werk I (Hanau)	1	10
Werk II (Karlstein)	<0,1	0,2
EXXON Nuclear (Lingen)	<0,1	<0,1
Urananreicherungsanlage (Gronau)	<0,1	<0,1

Tabelle 11

Strahlenexposition im Jahr 1986 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 eines Erwachsenen 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
EXXON Nuclear GmbH (Lingen)	—

Tabelle 12

Radioaktive Stoffe enthaltende Industrieerzeugnisse für Wissenschaft, Technik, private Haushalte

Warengruppe	Einzelprodukt	Enthaltene Radionuklide
Gas- und Aerosol-Detektoren	Rauch- und Feuermelder	Ra 226, Am 241, Kr 85
Antistatika	Antistatische Geräte und Vorrichtungen	H 3, Po 210, Am 241
Vorrichtungen mit Tritium-Gasleuchtröhren	Notbeleuchtungen	H 3
Elektronische Bauteile und elektronische Geräte	Überspannungsableiter	Pm 147
	Elektronenröhren	Co 60, Sc 137, Kr 85, H 3
Technische und wissenschaftliche Geräte	Prüfstrahler bzw. Eichstrahler	Ir 192, Co 60, Cs 137, Na 22, C 14, Sr 90, Ra 226, Ba 133, Pb 210, Ra 228
	Dicken- und Dichtemeßgeräte	Co 60, Kr 85, Sr 90, Cs 137, Pm 147, Tl 204, Am 241
	Füllstandsmeßgeräte	Co 60, Cs 137
	Röntgenfluoreszenzanalysengeräte	H 3, Pm 147, Cd 109, Fe 55, Pu 238
	Gaschromatographen	H 3, Ni 63
	Geräte für Demonstrationzwecke, z. B. in Schulen	Ra 226, Am 241, Po 210, Cs 137, Co 60, Pu 239, Na 22, Sr 90, Th 204, Kr 85, Ni 63
Geräte, die Leuchtfarben enthalten	Skalen und Zeiger bei Uhren, Kompassen, Luftfahrzeuginstrumenten	H 3, Pm 147
Glaswaren für den Gerätebau	Optische Gläser, optische Linsen	Th nat
Metallegierungen	Stahl/Thorium-, Wolfram/Thorium-, Molybdän/Thorium-, Magnesium/Thoriumlegierungen	Th nat
	Schweißelektroden	Th nat
Keramische Gegenstände, Glaswaren	Porzellan	U nat
	Keramikgeschirrglasuren	U nat, U abger.
	Glaswaren, Glasemaille	Th nat oder nat
	Glasemaillemasse	U abger.
	Zahnmassen	U nat, U abger.

Tabelle 13

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

Tabelle 14

Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

Datum	Vorkommnis	Ursache	radiologische Folgen	Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen
1	2	3	4	5
1986	Verlust von 5 Strahlern aus Schulpräparaten ($2 \times 3,7$ kBq und $3 \times 48,1$ kBq)	Strahler lösten sich aus der Halterung	im Hinblick auf die Aktivität der Strahler nicht zu erwarten	das Vorkommnis wurde zum Anlaß genommen, alle bauartgleichen Präparate einzuziehen und zu beseitigen
22. 2. 1986	Inkorporation eines Plutoniumgemisches durch einen Arbeiter in einem Nuklearbetrieb	technischer Fehler (Leck in den Handschuhen einer Handschuhbox)	Überschreitung der nach StrlSchV zulässigen Aktivitätszufuhr	Einschränkung künftiger Strahlenexposition (z. B. Einsatz auf anderem Arbeitsgebiet) angeordnet
10. 3. 1986	Verlust eines Versandstückes mit Zifferblättern ($55,5$ GBq H-3)	vermutlich Diebstahl einer Expreßgutsendung	im Hinblick auf Beschaffenheit nicht zu erwarten	Nachforschungen blieben bisher ergebnislos
19./20. 3. 1986	Beschädigung des Abwasserrohrs der Abklinganlage eines Universitätsinstituts	bei Baggararbeiten wurde die Bedeutung des Rohres nicht rechtzeitig erkannt	Versickerung von $30-40$ l Wasser mit max. 460 kBq J-125	Rohrleitung wurde bis zur Reparatur stillgelegt; Dekontaminationsmaßnahmen waren nicht erforderlich; Kennzeichnung wurde verbessert
2. 4. 1986	Verschlußstörung an einer Gammabestrahlungseinrichtung in einer Universitätsklinik	technischer Fehler (Kugellager am Verschlußschieber)	Patient konnte rechtzeitig geborgen werden	Wartungsdienst wurde verbessert
4. 4. 1986	Verschlußstörung an einer medizinischen Gammabestrahlungseinrichtung	technischer Defekt (wahrscheinlich Fremdkörper in Motorritzel des Verschlusses)	Überexposition des Patienten von ungefähr 1 Sv; Belastung des beteiligten Personals max. $0,2$ mSv	die Überexposition des Patienten konnte durch nachfolgende Strahlenbehandlung ausgeglichen werden
7. 4. 1986	vorübergehender Verlust von 5 bauartzugelassenen Präparaten aus einer Schule	Diebstahl	keine; nachdem die Täter am 11. 4. gefaßt wurden, konnten die Präparate unversehrt wieder sichergestellt werden	
18. 4. 1986	Kontaminationen an einem Cs-137-Strahler, der dem Hersteller zurückgesandt worden war	Riß in der inneren Abdichtung	nicht zu erwarten, da sich der Strahler in einem Transportbehälter befand, der außen nicht kontaminiert war	Herkunft des aus dem Jahr 1963 stammenden Strahlers konnte geklärt werden
16. 5. 1986	Fund einer Bleihülse mit einem Ra-226-Strahler in der Schublade eines Meßtisches in einer Metallfabrik	die Herkunft der offenbar seit 1954 dort lagernden Hülse konnte nicht geklärt werden	nach Abschätzungen über die Strahlenexposition der jeweiligen Mitarbeiter ist mit radiologischen Folgen nicht zu rechnen	der radioaktive Stoff wurde ordnungsgemäß entsorgt

noch Tabelle 14

noch: Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

Datum	Vorkommnis	Ursache	radiologische Folgen	Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen
1	2	3	4	5
16. 5. 1986	Sicherstellung eines Versandstückes mit einer max. Dosisleistung von 9,5 mSv/h (zulässig 2 mSv/h)	unzureichende Abschirmung; nicht vorschriftsmäßige Verpackung	im Hinblick auf Dosisabschätzung für das Sicherstellen (ca. 27 mSv) nicht zu erwarten	Abschirmung veranlaßt; Bußgeldverfahren für Wiederholungsfall angedroht
23. 5. 1986	Strahler einer fernbedienten Applikationseinrichtung kehrte nach einer gynäkologischen Bestrahlung nicht automatisch in Schutzbehälter zurück	technischer Fehler an Strahlertransportkette	keine, da Patientin umgehend geborgen und Bestrahlungsraum verschlossen wurde	Herstellerfirma gelang es, den Strahler zurückzufahren, Gerät wurde instandgesetzt
Juni 1986	Verlust eines Bleibehälters mit 370 MBq Co-57 im Physikalischen Institut einer Universität	Diebstahl kann nicht ausgeschlossen werden	keine, solange das Präparat im Bleibehälter verbleibt	polizeiliche Ermittlungen eingeleitet; Öffentlichkeit wurde unterrichtet
Juni 1986	in einer Brennelementfabrik wurden ca. 1,5 kg schwach angereichertes Urandioxid (Pelletschrott) in einem Behälter gefunden, der für gewöhnliche Abfälle bestimmt war	konnte nicht geklärt werden, vorsätzliche Handlung ist nicht auszuschließen	keine, da die Pelletbruchstücke rechtzeitig entdeckt wurden	die Betriebsorganisation wurde auf mögliche Schwachstellen überprüft
13. 6. 1986	Verlust eines Strahlers während einer Ausstellung (23,5 kBq Cs-137)	konnte nicht ermittelt werden; Diebstahl nicht ausgeschlossen	im Hinblick auf Aktivität und Beschaffenheit des Strahlers nicht zu erwarten	
8. 7. 1986	in einer Universitätsklinik ließ sich die Strahlenquelle einer fernbedienten Applikationseinrichtung (275 GBq Ir-192) nicht mehr in den Schutzbehälter zurückfahren	technischer Defekt	Patient konnte rechtzeitig geborgen werden	Inspektionsintervalle für das Gerät wurden verkürzt
11. 7. 1986	Austritt von radioaktiv kontaminiertem Abwasser in einer Universitätsklinik	Rohrverstopfung	keine, da das Abwasser aus dem Pumpensumpf abgesaugt werden konnte	Abwasseranlage wurde technisch verbessert
14. 7. 1986	Verkehrsunfall eines LKW, der 2 Strahler 518 bzw. 1347 GBq Ir-192) beförderte	Auffahrunfall	wie eine Überprüfung durch die Herstellerfirma ergab, blieben die Geräte mit den Strahlern unbeschädigt	

noch Tabelle 14

noch: 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. 7. 1986	Strahler einer fernbedienten Applikationseinrichtung (111 GBq Cs-137) kehrte nach einer gynäkologischen Bestrahlung nicht automatisch in den Schutzbehälter zurück	Defekt des Endschalters	der den Patienten bergende Arzt erhielt eine Personendosis von 0,2 mSv	Austausch des defekten Schalters und Änderung der Notabschaltung auch bei baugleichen Geräten
15. 7. 1986	Freisetzung von ca. 10 GBq H-3 in der Halle eines Kernforschungszentrums	Verstopfung einer Entlüftungsleitung	keine, da weder in der Halle noch außerhalb unzulässige Aktivitäts-Konzentrationen aufgetreten sind	
19. 7. 1986	Austritt von 20 g 3,5prozentig angereichertem Uranhexafluorid im Arbeitsraum einer Brennelementfabrik	Fehlbedienung an der Fortleitung	keine; die ausgetretene Menge betrug ca. 7% des genehmigten Monatswertes	der Arbeitsraum konnte nach 2 Stunden zur Weiterarbeit freigegeben werden
7. 8. 1986	Fund eines Schulpräparates mit 3,7 kBq Ra-226	da das Präparat nicht mehr ausreichend gekennzeichnet war, konnten Herkunft, Eigentümer usw. bisher nicht ermittelt werden	nicht zu erwarten, da durch eine Verformung der Abschirmung das Präparat nicht zugänglich war	
16. 8. 1986	Fund eines Prüfstrahlers mit 74 kBq Sr-90 in einem Müllcontainer	der Strahler war von einem Praktikanten entwendet und weggeworfen worden	keine, da der Prüfstrahler nicht aus einer Umhüllung gezogen wurde	Strahler wurde sichergestellt
22./23. 8. 1986	Verlust von Versandstücken mit geringen Aktivitäten J-125 aus einem Transportfahrzeug	vorsätzliche Tat des Fahrzeugführers; Versandstücke wurden vermutlich an Parkplätzen von Autobahnen weggeworfen	im Hinblick Aktivität und Halbwertszeit: keine	Strafverfahren gegen den Fahrer; Versandstücke gelangten vermutlich zum Abfall
28. 8. 1986	Kontamination durch einen Ra-226-Strahler (74 MBq) im Radiumtresor einer Universitätsklinik	Undichtheit des Strahlers wurde bei Routineprüfung festgestellt	keine, da der Strahler seit 13 Jahren nicht mehr appliziert worden war	nach Dekontamination und Rückgabe des Strahlers konnte die vorübergehende Schließung der Radium-Abteilung wieder aufgehoben werden
Oktober 1986	Inkorporation radioaktiver Stoffe beim Umbau einer Abwasseranlage	Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen	Verdacht auf Inkorporation bei 25–30 Personen, insgesamt wurden 130 Personen untersucht	bisher wurde keine Überschreitung der zulässigen Dosisgrenzwerte festgestellt

noch Tabelle 14

noch: Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und Beschleunigern

Datum	Vorkommnis	Ursache	radiologische Folgen	Beurteilung der radiol. Folgen/Bemerkungen
1	2	3	4	5
Oktober 1986	Verlust einer Strahlenquelle mit 3,7 MBq Co-57, die zu Markierungszwecken im medizinischen Bereich verwendet wird	Verlust bei der Rücksendung an Lieferfirma	im Hinblick auf Umschließung und Kennzeichnung nicht zu erwarten	Nachforschungen blieben bisher ergebnislos
11. 10. 1986	Ablieferung von 4 radioaktiven Präparaten aus einer Schule bei einer Sondermüllsammmlung	mangelnde Kenntnis der strahlenschutzrechtlichen Vorschriften	keine, da Strahler in verschlossener Originalverpackung abgeliefert wurden	gegen den Schulleiter wurde ein Ordnungswidrigkeitsverfahren eingeleitet
28. 10. 1986	Kontamination des Schutzbehälters eines Pm-147-Strahlers (37 kBq) in Industriebetrieb	Beschädigung des Strahlerstiftes	im Hinblick auf Aktivität und Beschaffenheit des Strahlers nicht zu erwarten	Strahler und Behälter wurden der Herstellerfirma zur Beseitigung übergeben
3. 11. 1986	Verlust eines Strahlers mit 55 MBq Co-60 aus einer Füllstandsmessungsvorrichtung eines Industriebetriebes	vermutlich Diebstahl bei einem Einbruch	bei mißbräuchlicher Verwendung des Strahlers nicht auszuschließen	Nachforschungen verliefen bisher erfolglos
11. 11. 1986	Ungeklärter Verbleib einer Füllstandskontrollvorrichtung mit einem Co-60-Strahler (55,5 MBq)	Verstoß gegen Strahlenschutzbestimmungen	können bei unsachgemäßer Handhabung/Verwendung nicht ausgeschlossen werden	gegen den Strahlenschutzverantwortlichen wurde ein Bußgeld verhängt
24. 11. 1986	Fund radioaktiver Mineralien und selbstgefertigter Präparate in der Wohnung eines Verstorbenen	Auflösung einer privaten Sammlung	nach Dekontamination und Sicherstellung der radioaktiven Stoffe nicht mehr zu erwarten	
26. 11. 1986	der Strahler einer fernbedienten medizinischen Applikationseinrichtung ließ sich nicht mehr in den Schutzbehälter zurückfahren	technischer Defekt (Verschleiß der Schaltnocken)	die mit der Bergung beauftragten Personen erhielten eine Personendosis von 0,05 bzw. 0,12 mSv	Gerät wurde durch Hersteller instandgesetzt und vom TÜV überprüft
26. 11. 1986	Kontamination in der nuklearmedizinischen Abteilung eines Krankenhauses	Implosion einer Ampulle mit 148 MBq Tc-99m	nach sofortiger Dekontamination der betroffenen Personen und im Hinblick auf Halbwertszeit nicht zu erwarten	genauere Untersuchung der Ursache ist noch nicht abgeschlossen
Dezember 1986	Verlust eines EC-Detektors mit Ni-63-Präparat	Brand in Lagerhalle	keine, da nur geringe Brandeinwirkung	Detektor wurde wieder aufgefunden

noch Tabelle 14

noch: 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. 12. 1986	Verlust eines Strahlers mit 92,5 kBq Co-60 aus der Füllstandsmessungsvorrichtung eines Industriebetriebes	vermutlich wurde der Strahler bei Verladearbeiten abgerissen und geriet in den Produktionsprozeß	im Hinblick auf Umfang und Art der Produktion (täglich ca. 600 t hochfeuerfeste Steine für Stahlindustrie) nicht zu erwarten	die neue Meßeinrichtung wurde technisch verbessert
11. 12. 1986	nach Durchstrahlungsprüfungen konnte der Strahler (450 GBq Ir-192) zunächst nicht in den Transportbehälter zurückgefahren werden	zu starke Krümmung des Strahlerschlau-ches	für das Bedienungspersonal wurde eine Ganzkörperdosis von 1,8 bzw. 0,2 µSv errechnet	der Fehler konnte vom Bedienungspersonal beseitigt werden
11. 12. 1986	Verschlußstörung an einer medizinischen Gammabestrahlungseinrichtung	technischer Defekt (Blende verklemmt, unter Umständen durch verharztes Öl)		Überdosis des Patienten konnte durch nachfolgende Bestrahlungsbehandlung ausgeglichen werden
23. 12. 1986	Fund von Bleitöpfen mit leeren Molybdän-Technetium-Generatoren und leeren Fläschchen für radioaktive Lösungen auf einem Schrottplatz	Verstoß gegen Genehmigungsauf-lagen	keine, da Restaktivitäten unterhalb der Freigrenzen	entgegen der Genehmigungsauf-lagen waren die aus einer Arztpraxis stammenden Behälter zu dem Schrott-platz gebracht worden

Tabelle 15

Vorkommnisse im Zusammenhang mit Ionisationsrauchmeldern im Jahr 1986

Datum	Vorkommnis	Gesamtaktivität	Bemerkungen
1986	Verlust von 27 Rauchmeldern nach Bränden (2 Fälle)	69,3 MBq	Beseitigung von Brandschutt wurde überwacht
1986	ungeklärter Verlust von 6 Meldern	8 MBq	
Januar 1986	Fund eines Melders in der Werkstatt eines Schiffsreparaturunternehmens	2,66 MBq	der Melder, der einem Entsorgungsdienst übergeben wurde, stammt vermutlich von Bord eines Schiffes
7. 1. 1986	bei Umbauarbeiten wurden 2 Melder demontiert und unbeabsichtigt mit Bauschutt beseitigt	1,11 MBq	trotz umfangreicher Nachforschungen wurden die Melder nicht mehr aufgefunden
März 1986	Verlust eines Melders in einem Verbrauchermarkt	2,22 kBq	
5. 5. 1986	Verlust eines Melders in einer Zementfabrik	29,6 kBq	bisher nicht wieder aufgefunden
11. 8. 1986	Verlust von 3 Meldern auf einer Baustelle (Diebstahl der Werkzeugtasche)	8,88 kBq	Nachforschungen bisher ergebnislos
September 1986	Verlust eines Melders in einem Industriebetrieb	2,66 MBq	die Installation einer Überwachungseinrichtung wurde angeordnet
20. 10. 1986	Verlust von 9 Meldern bei einem Brand in einer Universitätsklinik	266 kBq	37 Melder konnten noch aus der Brandschuttmasse (ca. 40 t) geborgen und ordnungsgemäß beseitigt werden
30. 10. 1986	Verlust von 5 Meldern durch den Brand in einem Industriebetrieb	30 kBq	4 Melder konnten aus der Brandschuttmasse geborgen und ordnungsgemäß beseitigt werden
1986	Verlust von 33 Rauchmeldern (5 Fälle)	77,3 MBq	davon 27 überwachte Beseitigung mit Brandschutt

Tabelle 16

Mittlere effektive Dosis durch inkorporiertes Cäsium 134 und Cäsium 137 in mSv im Jahre 1986 als Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl

	Voralpen- gebiet	München	Karlsruhe	Homburg/ Saar	Frankfurt	Berlin	Hamburg	Köln	Düssel- dorf	Mainz
Männer	—	35	18	15	13	18	20	24	18	12
Frauen	—	25	13	12	11	15	11	13	10	10
Kinder und Jugendliche	49	30	14	13	9	24	—	24	—	—

Abbildung 1

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

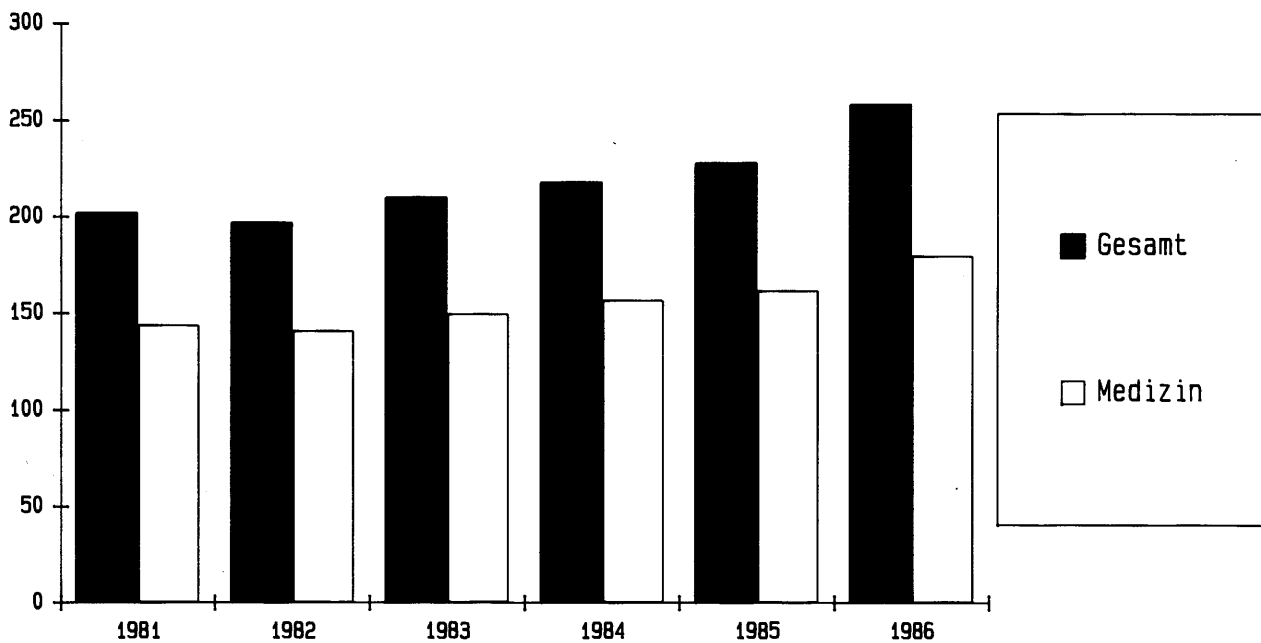


Abbildung 2

Verteilung der Jahreskollektivdosis auf verschiedene Arbeitsbereiche

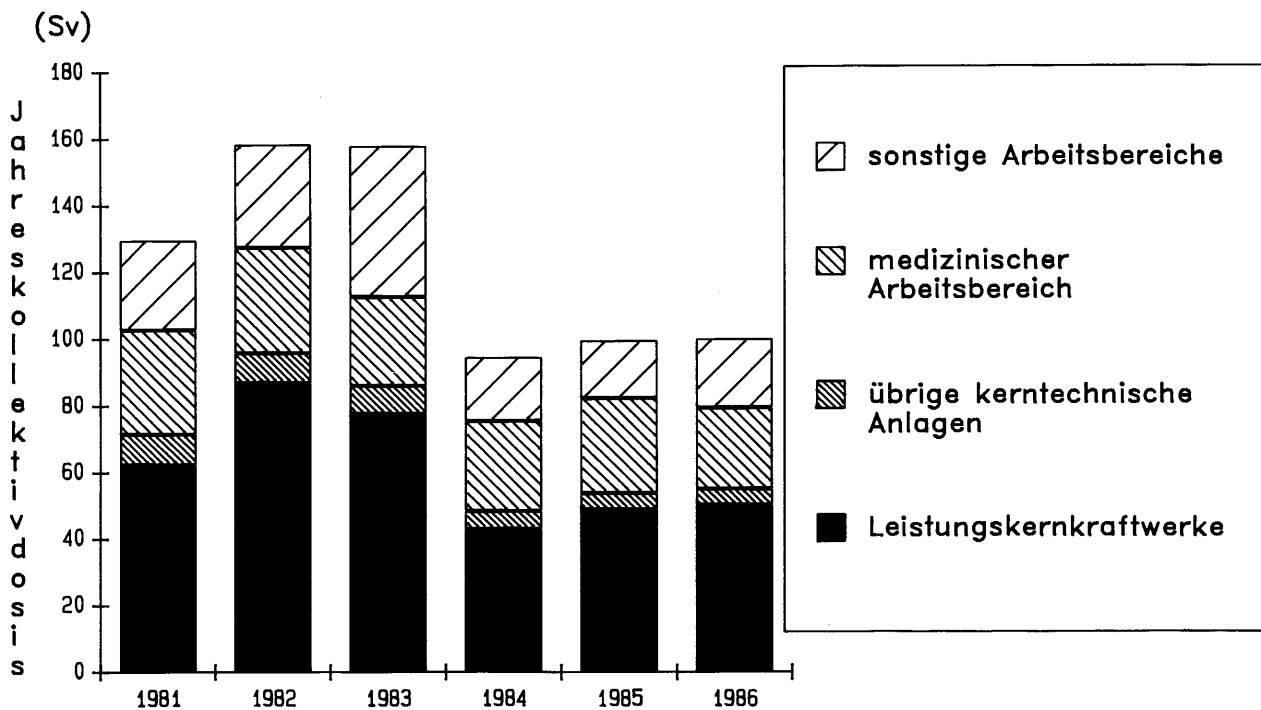


Abbildung 3

Bodenkontamination mit Cs 137 im Mai 1986 (in Bq/m²)