

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Bericht der Bundesregierung über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung für das Jahr 1987

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	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
IV. Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl .	7
Tabellen	10
Abbildungen	25

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 Kernwafferversuchen 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 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). 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/m³ festgestellt. Diese Untersuchungen deuten darauf hin, daß in 10 % der Wohnungen eine Radonkonzentration von mehr als 80 Bq/m³ und in 1 % der Fälle von 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 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 μ 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 Nahrung 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 (Gammassubmersion), 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 μSv beim Kernkraftwerk Würgassen, der den Grenzwert der Strahlenschutzverordnung von 300 μSv 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 μSv 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 μSv beim Kernkraftwerk Gundremmingen. Im Vorjahr lag er bei 1 μSv 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 μSv auf; im Vorjahr waren es hier 5,6 μSv . Als größten Wert für die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes ergaben die Berechnungen für 1987 beim Kernforschungszentrum Karlsruhe an der ungünstigsten Einwirkungsstelle 61 μSv . Im Vorjahr lag der entsprechende Wert bei 110 μSv .

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 μSv 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 μSv . Für die Lungendosis eines Kleinkindes ergibt sich im Jahr 1987 als höchster Wert 8 μSv .

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 μSv 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 μSv 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 μSv 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 μ 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 μ 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 μ 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. $1 \text{ Becquerel (Bq)} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Curie}$
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
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 effektive Dosis 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 Medizin	ca. 1,5 *)
2.3 durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in For- 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 (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 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 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 Bq	Aerosole ^{a)} Bq	Iod 131 Bq	¹⁴ CO ₂ Bq	Tritium Bq
Kahl ^{b)}	—	1,6 E04	—	—	—
Gundremmingen A ^{c)}	—	3,4 E06	—	—	4,9 E09
Lingen ^{c)}	—	—	—	—	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
Krömmel	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

^{a)} Halbwertszeit > 8 Tage, ohne Iod 131, einschließlich Strontium und Alpha-Strahler^{b)} Stillstand seit November 1985^{c)} 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 Aktivierungsprodukte (außer Tritium) Bq	Tritium Bq	Alpha-Strahler Bq
Kahl ^{a)}	1,1 E08	3,6 E09	—
Lingen ^{b)}	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 (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	—

^{a)} Anlage im November 1985 stillgelegt^{b)} 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 Bq	Aerosole Bq	Iod 131 Bq	Iod 129 Bq	Tritium Bq	Kohlen- stoff 14 Bq	Stron- tium 90 Bq
Kernforschungszentrum Karlsruhe (einschließlich Wiederaufarbeitungs- anlage)	2,7 E15	3,8 E09 ^{a)}	6,7 E06	1,4 E08	2,4 E13	1,5 E11	1,9 E07
Kernforschungsanlage Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	2,1 E12	2,0 E06	2,7 E08	—	4,4 E13	1,3 E11	1,9 E03

^{a)} Alpha-Strahler: 1,0 E07

noch Tabelle 4

Jahresabgaben radioaktiver Stoffe im Abwasser aus Kernforschungszentren im Jahr 1987

Kernforschungszentrum	Spalt- und Aktivierungs- produkte *) Bq	Tritium Bq	Alpha-Strahler Bq
Kernforschungszentrum Karlsruhe (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 Bq	Abwasser 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) ^{a)}	< 8,1 E03	—
URENCO (Gronau)	3,3 E04	9,6 E03

wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze

^{a)} 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 ^{a)}	
	der effektiven Dosis für Erwachsene µSv	der Schilddrüsendosis für Kleinkinder 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

^{a)} 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 der effektiven Dosis für Erwachsene ^{a)} 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

^{a)} 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^{a)}**

(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 Dosis für Erwachsene µSv	der Schild- drüsendosis für Kleinkinder µSv
Kernforschungszentrum Karlsruhe (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	4,0	61
Kernforschungsanlage Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR) ..	7,8	30

^{a)} 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 µSv	der Lungendosis für Kleinkinder µSv
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 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 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 $1 \times 3,7$ 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 ₆ -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 ² 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 ₆ -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 ³ (Normalbetrieb 4 Bq/m ³), 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 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 Strahlenschutzwarzeichen 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 Uranylнитratlösung 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 (Nachtrag 1987)	Diebstahl von 11 Ionisationsrauchmeldern bei einem Einbruch	203,5 kBq	
1987	Verlust von 23 Ionisationsrauchmeldern	35,89 MBq	16 Melder: Verbleib ungeklärt 2 Melder: Beseitigung mit Brandschutt
Januar 1987	Verlust von 93 Ionisationsrauchmeldern aus einer Expreßgutsendung	275,28 MBq	vermutlich Diebstahl; 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 μSv im Jahre 1987 als Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl

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

Abbildung 1

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

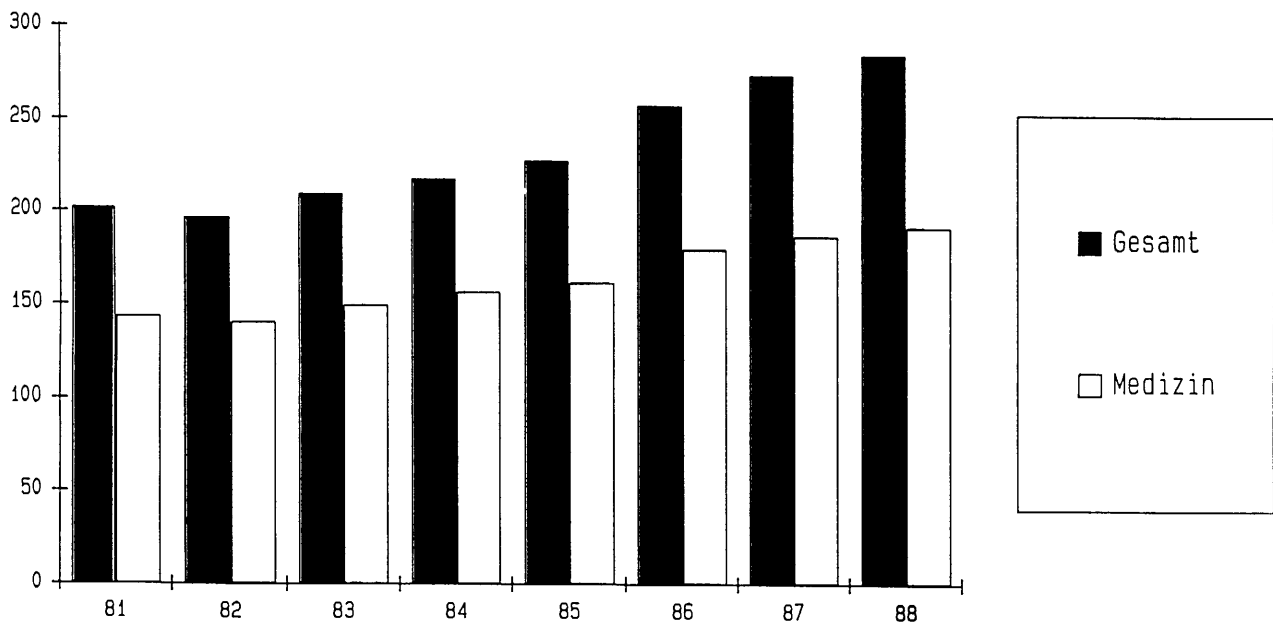


Abbildung 2

Verteilung der Jahreskollektivdosis auf verschiedene Arbeitsbereiche

