

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag über „Umwelt-radioaktivität und Strahlenbelastung im Jahre 1979“

Inhalt

	Seite
Einleitung	3
I. Natürliche Strahlenexposition	3
1 Strahlenexposition von außen	3
2 Strahlenexposition von innen	3
Zivilisatorisch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen	4
II. Künstliche Strahlenexposition	4
1 Kerntechnische Anlagen	4
1.1 Allgemeines	4
1.2 Abgabedaten kerntechnischer Anlagen	4
1.3 Berechnete Höchst- und Mittelwerte der Strahlenexposition der Bevölkerung	5
1.4 Ergebnis	5
2 Verwendung von radioaktiven Stoffen und ionisierenden Strahlen in Forschung, Technik und Haushalt	6
2.1 Industrieerzeugnisse	6
2.2 Störstrahler	7
3 Berufliche Tätigkeit	7
4 Medizinische Anwendung	7
5 Radioaktive Abfälle	8
6 Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse	9
7 Kernwaffenversuche	9

III. Zusammenfassung der Ergebnisse	9
Natürliche Radioaktivität	9
Medizin	10
Kerntechnik	10
Forschung, Technik, Haushalt	10
Berufliche Strahlenexposition	10
Kernwaffenversuche	10
Radioaktive Abfälle	11
 IV. Maßnahmen	 11
Erläuterung der benutzten Fachausdrücke	13
Tabellen	15

Einleitung

Gemäß dem Ersuchen des Deutschen Bundestages vom 14. März 1975 legt die Bundesregierung jährlich einen Bericht über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ vor. Dieser Bericht berücksichtigt neben der natürlichen auch die künstliche Strahlenexposition von Einzelpersonen und der Bevölkerung

- aus dem Betrieb kerntechnischer Anlagen
- aus der Verwendung von radioaktiven Stoffen und ionisierenden Strahlen in Forschung und Technik
- aus beruflicher Tätigkeit
- aus medizinischer Anwendung
- aus Strahlenunfällen und besonderen Vorkommnissen und
- aus Kernwaffenversuchen.

Der hier vorgelegte Bericht über das Jahr 1979 stützt sich wie die früheren Berichte auf die Ergebnisse zahlreicher Messungen, Erhebungen und Berechnungen sowie auf Forschungsergebnisse der letzten Jahre. Die Berechnung der Strahlenexposition und die Bewertung ihrer Wirkung auf den Menschen erfolgt aufgrund der Strahlenschutzverordnung und der zu ihr erlassenen Richtlinien; diese Vorschriften berücksichtigen Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) und des Wissenschaftlichen Komitees der Vereinten Nationen über die Wirkung von atomarer Strahlung (UNSCEAR).

Die Wirkung von Strahlen auf die Erbsubstanz wird durch die genetisch signifikante Dosis beschrieben. Tabelle 1 bringt eine Zusammenstellung der genetisch signifikanten Strahlenexposition aus den verschiedenen Strahlenquellen. Dieser Bericht enthält darüber hinaus eine Reihe von Angaben über die Strahlenexposition von Ganzkörper, Haut, Knochen, Lunge und Schilddrüse. Diese Werte sind für die Beurteilung des somatischen Strahlenrisikos von Bedeutung.

I. Natürliche Strahlenexposition

Der Mensch und seine Umwelt sind seit jeher den Wirkungen von natürlichen Strahlenquellen, die ionisierende Strahlung aussenden, ausgesetzt. Hierbei unterscheidet man zwischen der Strahlenexposition von außen durch die kosmische und durch die terrestrische Komponente der natürlichen Strahlung sowie zwischen der Strahlenexposition von innen durch Aufnahme (Inkorporation) natürlich radioaktiver Stoffe in den Körper.

Eine Erläuterung der benutzten Fachausdrücke ist als Anlage beigelegt (vgl. Seite 13).

1 Strahlenexposition von außen

Die kosmische Komponente der Strahlenexposition ist von der erdmagnetischen Breite und der Höhe über dem Meeresspiegel abhängig. Sie beträgt in der Bundesrepublik Deutschland in Meereshöhe etwa 30 Millirem (300 Mikrojoule/kg) pro Jahr. Bei dauerndem Aufenthalt in 1 000 m Höhe über dem Meeresspiegel ist die Strahlenexposition durch kosmische Strahlung um etwa 10 Millirem (100 Mikrojoule/kg) pro Jahr größer.

Die terrestrische Komponente der natürlichen Strahlenexposition von außen ist auf den Gehalt der Umwelt an Kalium 40 sowie den Radionukliden der Uran-Radium- und der Thorium-Zerfallsreihe zurückzuführen. Je nach dem Gehalt der Umwelt an natürlich radioaktiven Stoffen schwankt auch die Strahlenexposition von außen. Im Freien ist sie von dem Gehalt des geologischen Untergrundes und vor allem der obersten Bodenschicht an natürlich radioaktiven Stoffen abhängig. In Gebäuden wird die Strahlenexposition von außen vorwiegend vom Gehalt der verwendeten Baustoffe an natürlich radioaktiven Stoffen bestimmt. Zahlenwerte über den Gehalt natürlich radioaktiver Stoffe in verschiedenen Gesteinen und im Boden enthält Tabelle 2, entsprechende Daten für Baustoffe Tabelle 3.

Die Werte der Keimdrüsendosis durch die terrestrische Komponente der natürlichen Strahlenexposition von außen im Freien und in Wohnungen in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland gibt Tabelle 4 an. Im Mittel beträgt die Keimdrüsendosis im Bundesgebiet im Freien 43 Millirem (430 Mikrojoule/kg) pro Jahr, in Wohnungen 57 Millirem (570 Mikrojoule/kg) pro Jahr. Außerhalb von Wohngebieten sind in einigen kleinen Bereichen der Bundesrepublik Deutschland im Freien Werte gemessen worden, die bei ständigem Aufenthalt von Menschen zu Strahlenexpositionen von bis zu 500 Millirem (5000 Mikrojoule/kg) führen würden.

2 Strahlenexposition von innen

Die Keimdrüsendosis durch inkorporierte natürlich radioaktive Stoffe beträgt im Mittel etwa 30 Millirem (300 Mikrojoule/kg) pro Jahr. Sie ist zu rd. 50 % auf den Gehalt des menschlichen Körpers an dem Radonuklid Kalium 40 zurückzuführen. Kalium 40 ist vor allem in Weichteilen, insbesondere im Muskelgewebe, enthalten. Tabelle 5 gibt die Strahlenexposition des Menschen durch verschiedene inkorporierte natürliche radioaktive Stoffe (Tritium, Kohlenstoff 14, Kalium 40, Polonium 210, Radium 226 und 228) an, Tabelle 6 die Konzentration von Radium 226 in Trinkwasser, Mineralwässern, Brunnen und Quellen sowie Oberflächenwasser.

Zivilisatorisch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen

Technische Entwicklungen haben zu einer unbeabsichtigten Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Quellen geführt. Beispiele für erhöhte Strahlenexpositionen, die ohne die technische Entwicklung nicht in diesem Maße auf den Menschen einwirken würden, sind u. a.

- die Strahlenexposition durch Emissionen von Kohlekraftwerken
- die Strahlenexposition durch Radon und Radon-Zerfallsprodukte in Wohn- und Arbeitsräumen.

Kohle hat zwar im Mittel einen niedrigeren Gehalt an natürlich radioaktiven Stoffen als viele Gesteine der Erdkruste, bei der Verbrennung von Kohle werden jedoch natürlich radioaktive Stoffe in der Flugasche angereichert und mit der Abluft in die Atmosphäre abgegeben. Durch die Verbrennung großer Mengen von Kohle gibt ein Steinkohlekraftwerk mit einer Leistung von 320 MW jährlich etwa 100 Millicurie (etwa $3,7 \cdot 10^9$ Becquerel) langlebiger natürlich radioaktiver Stoffe ab, und zwar vor allem Polonium, Radium, Thorium, Uran und Blei 210 (vgl. Tabelle 7).

Die von der Strahlenschutzkommission beim Bundesminister des Innern eingesetzte Arbeitsgruppe, die einen Vergleich der Strahlenexposition durch radioaktive Emissionen aus Kohle- und aus Kernkraftwerken durchführt, hat ihre Arbeit weitgehend abgeschlossen. Als vorläufiges Ergebnis kann festgestellt werden, daß die Strahlenexposition bei modernen Anlagen beider Kraftwerkstypen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen zwischen 0,1 und 1 Millirem (1 und 10 Mikrojoule/kg) pro Jahr liegt. Sie beträgt somit selbst an diesen Stellen weniger als 1 Prozent der natürlichen Strahlenexposition.

Unterschiede der Strahlenexposition ergeben sich dagegen vor allem bei den einzelnen Organdosen, weil radioaktive Emissionen aus Kohlekraftwerken vorwiegend zu einer — sehr geringen — Strahlenexposition der Lunge und der Knochen führen, die radioaktiven Emissionen aus Kernkraftwerken vorwiegend zu einer — ebenfalls sehr geringen — Strahlenexposition der Schilddrüse und des Ganzkörpers durch Edelgase, Tritium und Kohlenstoff 14.

Die Baumaterialien unserer Häuser enthalten geringe Mengen der natürlichen Radionuklide Radium und Thorium (vgl. Tabelle 3). Das aus diesen Radionukliden durch Zerfall entstehende radioaktive Edelgas Radon und seine kurzlebigen radioaktiven Zerfallsprodukte sind daher — wie in den letzten Jahren im Auftrag des Bundesministers des Innern durchgeführte Messungen ergeben haben — in der Raumluft unserer Häuser im Mittel in etwa fünfmal höherer Konzentration enthalten als in der Freiluft.

Die Strahlenexposition der Lunge durch Inhalation der Radon-Zerfallsprodukte beträgt im Bronchialepithel zwischen 600 und 1300 Millirem (6000 bis 13000 Mikrojoule/kg) pro Jahr, im Alveolarbereich der Lunge 150 bis 400 Millirem (1500 bis 4000 Mikro-

joule/kg) pro Jahr. In Wohnräumen ist die Strahlenexposition der Lunge durch Radon-Zerfallsprodukte somit erheblich höher als die natürliche Strahlenexposition aller anderen Organe des menschlichen Körpers. Diese Strahlenexposition nimmt weiter zu, wenn die Belüftungsrate eines Wohnraumes herabgesetzt wird. Bei einer Verringerung der Belüftungsrate auf die Hälfte verdoppelt sich ungefähr die Strahlenexposition der Lunge.

Eine abschließende strahlenmedizinische Bewertung dieser Strahlenexposition in Wohnräumen wird die Strahlenschutzkommission zu einem späteren Zeitpunkt geben.

II. Künstliche Strahlenexposition**1 Kerntechnische Anlagen****1.1 Allgemeines**

Der Bericht enthält Angaben über die Kernkraftwerke (Stand 31. Dezember 1979), die Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich, die kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe der NUKEM GmbH in Hanau, der Reaktor-Brennelement Union GmbH in Hanau und in Karlstein, der ALKEM GmbH in Hanau und der EXXON nuclear GmbH in Lingen sowie die Forschungsreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland.

Tabelle 8 gibt die im Jahre 1979 bestehenden Kernkraftwerke an, Tabelle 9 die Forschungsreaktoren.

1.2 Abgabedaten kerntechnischer Anlagen

Die Abgaben radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen werden durch ständige Messung in Abluft und Abwasser ermittelt. Einzelheiten der Durchführung der Messungen sind in Regeln des Kerntechnischen Ausschusses festgelegt. Die von den Betreibern der Anlagen vorzunehmenden Messungen werden durch Kontrollmessungen behördlich eingeschalteter Sachverständiger entsprechend der Richtlinie des Bundesministers des Innern über die „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ überprüft (vgl. Tabelle 27).

Die für 1979 ermittelten Jahresabgaben radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser von Kernkraftwerken sind in den Tabellen 10 und 11 angegeben. Die zeitliche Entwicklung der Jahresabgaben seit der Inbetriebnahme der Kernkraftwerke zeigt Tabelle 12.

In Tabelle 13 sind die Angaben über die Ableitungen radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser aus den Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich im Jahre 1979 zusammengefaßt. Sie sind den Jahresberichten der Strahlenschutzabteilungen dieser Forschungszentren entnommen. Tabelle 14 enthält Angaben über die Ableitung radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser aus kernbrennstoffverarbeitenden Betrieben. Ergänzende Messungen der Nuklidzusammensetzung in Abluft und Abwasser hat das

Bundesgesundheitsamt durchgeführt. Die Ableitungen der Forschungsreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland (Tabelle 15) betragen im Mittel nur einige Prozent der Ableitungen von Kernkraftwerken.

1.3 Berechnete Höchst- und Mittelwerte der Strahlenexposition der Bevölkerung

Die Ermittlung der Jahresabgaben der radioaktiven Stoffe dient als Grundlage für die Berechnung der Strahlenexposition der Menschen in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen. Diese Berechnung wurde auf der Basis der gemessenen Abgabedaten und der Richtlinie des Bundesministers des Innern „Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer“ (vgl. Tabelle 27) durchgeführt. Die Anwendung dieser Berechnungsgrundlage gewährleistet, daß die damit berechneten Strahlenexpositionswerte bis zum Zehnfachen über den tatsächlichen Strahlenexpositionen liegen.

Die Ergebnisse der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahre 1979 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft enthält Tabelle 16. Angegeben ist die Strahlenexposition für den Ganzkörper eines Erwachsenen, und zwar durch Gammastrahlung aus der Abluftfahne (Gammasubmersion) und durch Gammastrahlung aus der Ablagerung radioaktiver Stoffe am Boden, weiterhin die Strahlenexposition durch innere Bestrahlung aus Ingestion und Inhalation radioaktiver Stoffe für den Ganzkörper eines Erwachsenen und für die Schilddrüse eines Kleinkindes.

Die Ganzkörperdosis durch äußere Bestrahlung aus der Abluftfahne wird hierbei durch die während des Jahres emittierten radioaktiven Edelgase bestimmt. Die Ganzkörperdosis durch äußere Bestrahlung aus der Ablagerung radioaktiver Stoffe am Boden wurde für das Berichtsjahr berechnet unter Berücksichtigung der in den Vorjahren emittierten Aktivität der langlebigen radioaktiven Aerosole und ihrer Akkumulation im Boden.

Bei der Berechnung der inneren Bestrahlung des Ganzkörpers aus Ingestion und Inhalation der emittierten radioaktiven Stoffe sind sämtliche relevanten Expositionspfade und alle abgegebenen Radionuklide berücksichtigt.

Für die Strahlenexposition der Schilddrüse eines Kleinkindes ist der Expositionsweg Weide — Kuh — Milch für Jod 131 bestimmend. Wie in den Vorjahren wird sie unter Annahme eines Verzehrs von 0,8 l Milch pro Tag ausschließlich aus dem Bereich der ungünstigsten Einwirkungsstelle berechnet.

Tabelle 17 gibt die maximale Ganzkörperdosis eines Erwachsenen an der ungünstigsten Einwirkungsstelle, summiert über sämtliche relevanten Expositionspfade, und die mittlere Ganzkörperdosis der Bevölkerung im Umkreis von 0 bis 3 km und 0 bis 20 km um die einzelnen Anlagen für Erwachsene an.

Für die Strahlenexposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser sind wie im Vorjahr in Tabelle 18 die maximalen Jahresdosen für den Ganzkörper und die Knochen von Einzelpersonen angegeben und in Tabelle 19 die Ganzkörperdosiswerte für Einzelpersonen und für die Gruppen aus der Bevölkerung gegenübergestellt, für die eine Nutzung der Vorfluter in Betracht zu ziehen ist. Die Strahlenexposition wurde ausgehend von den Emissionen von Spalt- und Aktivierungsprodukten, Tritium und Alphastrahlern berechnet.

Die in Tabelle 20 angegebenen Werte für die Strahlenexposition durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernforschungszentren stammen aus den Jahresberichten und zusätzlichen Angaben der Strahlenschutzabteilungen der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich.

Für die kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe in Hanau, Karlstein und Lingen sind in Tabelle 21 die für die ungünstigste Einwirkungsstelle berechneten Inhalationsdosen der Lunge eines Kleinkindes durch die Emission von Alphastrahlern in der Abluft angegeben.

Tabelle 22 gibt die für Einzelpersonen und Gruppen der Bevölkerung berechnete Strahlenexposition infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser an.

1.4 Ergebnis

Die Anwendung der Strahlenschutzvorschriften und entsprechende technische Maßnahmen in den kerntechnischen Anlagen haben auch 1979 sichergestellt, daß die in Abluft und Abwasser dieser Anlagen in geringen Mengen enthaltenen radioaktiven Stoffe die Strahlenexposition der Bevölkerung nur ganz geringfügig erhöhen.

Die Jahresabgaben radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen zeigen für 1979 keine wesentlichen Abweichungen von den Werten der vorhergehenden Jahre.

Bei den Kernkraftwerken hat sich im Vergleich zu den Jahren 1977 und 1978 die Gesamtabgabe an radioaktiven Edelgasen sowie an Radiojod kaum verändert. Die höchste Abgabe radioaktiver Edelgase und von Jod 131 wurden beim Kernkraftwerk Würgassen gemessen. Da jedoch während der Weidezeit nur ein kleiner Teil des Jods (1,4 % des Jahreswertes) abgeleitet wurde, ist dessen Beitrag zur Schilddrüsensdosis über den Ingestionspfad entsprechend gering.

Bei den Jahresabgaben mit Abwasser (Tabelle 11) sind neben den routinemäßig durch die Betreiber zu bestimmenden Radionuklidgruppen, nämlich Spalt- und Aktivierungsprodukte außer Tritium (Gammastrahler und Strontiumisotope), Tritium, Alphastrahler (als Gesamt-Alpha-Aktivität) auch einige Radionuklide (Phosphor 32, Eisen 55 und Nickel 63) zusammengefaßt aufgeführt, die im Rahmen eines vom Bundesminister des Innern geförderten For-

schungsvorhabens durch das Bundesgesundheitsamt bestimmt wurden. Die Abgaben an Spalt- und Aktivierungsprodukten ohne Tritium lagen bei allen Kernkraftwerken unter 0,5 Curie (18,5 Gigabecquerel). Die Tritiumabgaben entsprechen denen der Vorjahre.

Die aus den Abgaben unter Zugrundelegung der Berechnungsgrundlage berechneten Höchstwerte der Strahlenexposition von Einzelpersonen haben die in der Strahlenschutzverordnung vom 13. Oktober 1976 festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten. Gegenüber 1978 zeigen die berechneten Höchst- und Mittelwerte der Strahlenexposition allgemein keine wesentlichen Unterschiede. Die berechneten Höchstwerte der Ganzkörperdosis in der unmittelbaren Umgebung der kerntechnischen Anlagen sind wesentlich kleiner als die Schwankungen der natürlichen Strahlenexposition im Freien und in Wohnungen in der Bundesrepublik Deutschland.

Die Tabellen der berechneten maximalen Strahlenexposition weisen im Falle der äußeren Bestrahlung als Höchstwerte an den ungünstigsten Einwirkungsstellen beim Kernforschungszentrum Karlsruhe eine Ganzkörperdosis von 11,1 Millirem (111 Mikrojoule/kg) pro Jahr durch Gammastrahlung aus der Abluftfahne auf. Im Jahr 1978 lag der entsprechende Wert bei 10,5 Millirem (105 Mikrojoule/kg) pro Jahr.

Bei den Kernkraftwerken zeigen die Tabellen 16 und 17 als Höchstwerte der Ganzkörperdosis für Erwachsene durch Gammastrahlung aus der Abluftfahne, Ablagerung am Boden, Ingestion und Inhalation wie im Jahre 1978 0,9 Millirem (9 Mikrojoule/kg) pro Jahr.

Bei der Strahlenexposition von innen ergibt sich für die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes aus der gesamten Ingestion und Inhalation ein Höchstwert von 2 Millirem (20 Mikrojoule/kg) pro Jahr beim Kernkraftwerk Biblis. Für das Kernkraftwerk Würzgassen liegt der entsprechende Wert trotz der im Vergleich zu Biblis höheren Jahresabgabe niedriger, da während der Weidezeit nur 0,93 Millicurie (34,4 Megabecquerel) Jod 131 abgeleitet wurden. 1977 hatte die Rechnung für Würzgassen einen Wert von 50 Millirem (500 Mikrojoule/kg) pro Jahr ergeben; durch eine Vielzahl von Messungen von Jod 131 in Milch aus der unmittelbaren Umgebung des Kernkraftwerks Würzgassen ist jedoch belegt, daß realistisch höchstens ein Wert von 2 Millirem (20 Mikrojoule/kg) pro Jahr aufgetreten war.

Bei den kernbrennstoffverarbeitenden Betrieben liegt der Höchstwert der Lungendosis durch Inhalation bei 2 Millirem (20 Mikrojoule/kg) pro Jahr gegenüber 1 Millirem (10 Mikrojoule/kg) im Jahre 1978.

Bei der Strahlenexposition von Einzelpersonen durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit Abwasser resultiert rechnerisch wie in den Vorjahren der wesentliche Beitrag aus dem mit 39 kg pro Jahr sehr hoch angenommenen Verzehr von Fischen, die im Kühlwasserauslauf gelebt haben.

Der höchste Wert wurde für das Kernkraftwerk Brunsbüttel mit 0,5 Millirem (5 Mikrojoule/kg) Ganzkörperdosis pro Jahr abgeschätzt. Die Strahlenexposition des Ganzkörpers für Gruppen aus der Bevölkerung, für welche die Nutzung der Flüsse unterhalb der Kernkraftwerke nicht auszuschließen ist, liegt bei maximal 0,01 Millirem (0,1 Mikrojoule/kg) pro Jahr; für die meisten Kernkraftwerke ist sie erheblich niedriger. Die ermittelten Emissionen von Phosphor 32, Eisen 55 und Nickel 63 führen nur in Ausnahmefällen zu erwähnenswerten Dosisbeiträgen.

Die durch Abwasserableitungen aus kernbrennstoffverarbeitenden Betrieben bedingte Strahlenexposition des Ganzkörpers ist mit maximal 0,06 Millirem (0,6 Mikrojoule/kg) pro Jahr für Einzelpersonen nicht höher als bei den meisten Kernkraftwerken.

Die in den Tabellen angegebenen Werte der Strahlenexposition für Einzelpersonen und die Bevölkerung sind unter Zugrundelegung der Berechnungsgrundlage berechnet worden. Die tatsächliche durch die Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft und dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen verursachte Strahlenexposition dürfte selbst an den ungünstigsten Einwirkungsstellen zumeist im Bereich von Bruchteilen eines Millirem (einigen Mikrojoule/kg) pro Jahr gelegen haben. Die Summierung aller Beiträge von kerntechnischen Anlagen zur Strahlenexposition der Bevölkerung führte auch 1979 zu deutlich weniger als 1 Millirem (10 Mikrojoule/kg) pro Jahr genetisch signifikanter Dosis in der Bundesrepublik Deutschland.

2 Verwendung von radioaktiven Stoffen und ionisierenden Strahlen in Forschung, Technik und Haushalten

2.1 Industrieerzeugnisse

Zahlreiche Industrieerzeugnisse, wie z. B. wissenschaftliche Instrumente, elektronische Bauteile, Leuchtstoffröhren, Rauch- und Feuermelder, keramische Gegenstände u. a. enthalten radioaktive Stoffe verschiedenster Art und Menge. Tabelle 23 gibt einen Überblick über das Anwendungsgebiet dieser Industrieerzeugnisse und die Art der verwendeten Radionuklide.

Ein mögliches Risiko für die Bevölkerung durch den Umgang mit diesen Industrieerzeugnissen hängt nicht nur von der Art und Menge der enthaltenen Radionuklide sowie deren Verarbeitung ab, sondern auch von der allgemeinen Verbreitung dieser radioaktiven Industrieerzeugnisse. Der Umgang mit diesen Erzeugnissen, d. h. die Herstellung, die Bearbeitung, die Lagerhaltung, der Gebrauch sowie der Handel und die Beseitigung, wird daher in der Bundesrepublik Deutschland durch ein differenziertes Anzeig- und Genehmigungssystem geregelt, bei dem auch ein unter bestimmten Voraussetzungen genehmigungsfreier Umgang ermöglicht wird. Eine Umgangsgenehmigung ist z. B. nicht erforderlich für Geräte, Instrumente oder andere Einrichtungen mit umschlossenen radioaktiven Stoffen, deren Bauart

von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt geprüft ist und die von der zuständigen Landesbehörde zugelassen worden sind.

Die Einhaltung der Vorschriften der Strahlenschutzverordnung gewährleistet, daß der Umgang mit radioaktiven Industrieerzeugnissen weniger als 1 Millirem (10 Mikrojoule/kg) pro Jahr zur Strahlenexposition der Bevölkerung beiträgt.

2.2 Störstrahler

Störstrahler sind Anlagen, Geräte oder Vorrichtungen, in denen Röntgenstrahlen erzeugt werden, ohne daß sie zu diesem Zweck betrieben werden. Zu den genehmigungspflichtigen Störstrahlern gehören z. B. Elektronenmikroskope, Hochspannungsgleichrichter und spezielle Fernsehleinrichtungen. Zur Strahlenexposition der gesamten Bevölkerung tragen solche Störstrahler nicht nennenswert bei, da nur wenige Personen beruflich mit diesen Geräten umgehen.

Auch normale Fernsehgeräte gehören nach den Bestimmungen der Röntgenverordnung zu den Störstrahlern. Allerdings wird bei den meisten Geräten die nach der Röntgenverordnung höchstzulässige Ortsdosisleistung von 0,5 Millirem (5 Mikrojoule/kg) pro Stunde in 5 cm Abstand von der Oberfläche beträchtlich unterschritten. Für die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung durch Fernsehgeräte ergibt eine Abschätzung, die den technologischen Fortschritt bei der Bildröhrenherstellung in den letzten Jahren berücksichtigt, deutlich weniger als 0,1 Millirem (1 Mikrojoule/kg) pro Jahr.

3 Berufliche Tätigkeit

Für beruflich strahlenexponierte Personen sind in der Strahlenschutzverordnung bzw. der Röntgenverordnung höhere Expositionswerte zugelassen als für die übrige Bevölkerung. Alle beruflich strahlenexponierten Personen, bei denen das Risiko einer erhöhten Strahlenexposition von außen besteht, werden mit Personendosimetern überwacht, die von den fünf nach Landesrecht zuständigen amtlichen Personendosismeßstellen ausgegeben und ausgewertet werden. Die Ergebnisse dieser Personendosismessungen werden gemäß den Vorschriften der Strahlenschutz- bzw. der Röntgenverordnung bei den amtlichen Meßstellen aufbewahrt. Die Zahl der Personen, die im Jahr 1979 von amtlichen Meßstellen mit Personendosimetern überwacht wurden, betrug 157 984 (davon 110 122 im Bereich Medizin) gegenüber 153 559 (davon 107 027 im Bereich Medizin) im Jahr 1978. Bei weniger als 0,5 Promille der überwachten Personen überschritt die Personendosis im Jahre 1979 den Dosisgrenzwert von 5 rem (50 Millijoule/kg) für beruflich strahlenexponierte Personen.

Die mittlere Strahlenexposition der überwachten Personen betrug im Jahre 1979 weniger als 84 mrem (840 Mikrojoule/kg). Die geringe Änderung gegenüber dem Mittelwert des Vorjahres (80 mrem = 800 Mikrojoule/kg) liegt innerhalb der Fehlergrenzen dieser Abschätzung. Die Überwachung mit amtli-

chen Personendosimetern fand 1979 in 19 926 Betrieben, davon 17 233 medizinischen Betrieben statt. In 17 002 Betrieben werden Röntgenanlagen oder Störstrahler verwendet.

Insgesamt 8 309 Verwender mit 18 438 Genehmigungen und Zulassungen nach der Strahlenschutzverordnung (einschließlich der Genehmigungen zum Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen, Beförderungsgenehmigungen und Bauartzulassungen) benutzten im Jahre 1979 radioaktive Stoffe; davon waren 3 611 Verwender in der Medizin und Forschung und 4 698 Verwender in der gewerblichen Wirtschaft tätig. Der größte Teil der Verwender (2 749) in Medizin und Forschung benutzte offene radioaktive Stoffe, während im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und sonstiger Verwender nur 519 Genehmigungsinhaber mit offenen radioaktiven Stoffen umgingen. Es gab 651 Betriebe, die radioaktive Leuchtfarben verwendeten (Streichereien, Montagebetriebe und Uhrmacher).

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. Mit der „Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle (§§ 62 und 63 Strahlenschutzverordnung)“ (vgl. Tabelle 27) wurden einheitliche Grundlagen für die Gestaltung der Anforderungen an die Inkorporationsüberwachung geschaffen. Die Auswertung der Meßergebnisse hat ergeben, daß trotz Zunahme der Zahl der Personen, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, die Inkorporationen abgenommen haben. Überschreitungen der zugelassenen Dosisgrenzwerte wurden nicht festgestellt.

Die genetisch signifikante Strahlenexposition der Gesamtbevölkerung erhöht sich durch die Strahlenexposition der beruflich strahlenexponierten Personen um weniger als 1 Millirem (10 Mikrojoule/kg) pro Jahr.

4 Medizinische Anwendung

Wie bisher ist der größte Teil der mittleren zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung auf die Röntgendiagnostik zurückzuführen. Im Durchschnitt wird jeder Mensch etwa 1 bis 2 mal im Jahr einer Röntgenuntersuchung unterzogen. In der Wertung dieser Strahlenexposition ist zu beachten, daß im Rahmen der Gesundheitsfürsorge auf Röntgenuntersuchungen nicht verzichtet werden kann und daß das Strahlenrisiko für den einzelnen Patienten gegenüber dem Nutzen der Untersuchung für seine Gesundheit in den Hintergrund tritt. Allerdings muß immer wieder darauf hingewiesen werden, daß — wie in § 22 der Röntgenverordnung gefordert — zur Minimierung der Strahlenexposition strenge Indikationsstellung zur Untersuchung, optimale Untersuchungstechnik, Auswahl geeigneter Untersuchungsverfahren und ausreichende Fachkunde des Untersuchers sowie eine ausreichende Information des behandelnden Arztes über vorausgegangene Untersuchungen und Strahlenexpositionen ein unbedingtes Erfordernis darstellen.

Im Bericht über das Jahr 1978 wurden Hautoberflächen-, Keimdrüsen- und Knochenmarkdosen für dosisrelevante Röntgenuntersuchungen angegeben, die sowohl Dosiswerte des Wissenschaftlichen Komitees der Vereinten Nationen über die Wirkungen von atomarer Strahlung (UNSCEAR) als auch des Bundesgesundheitsamtes enthielten. Dieses Amt hat gemeinsam mit der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung weitere Organdosisberechnungen durchgeführt und Mittelwerte aus Messungen an Patienten und/oder am Phantom ermittelt. In Tabelle 24 sind Organdosen für Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark, Brust, Schilddrüse, Lunge sowie Magen-Darm-Trakt bei häufigen Röntgenuntersuchungen aufgeführt.

Nach neuesten Erhebungen, die sich im Schwerpunkt auf Röntgenuntersuchungen von Kindern und Jugendlichen beziehen, kann festgestellt werden, daß zumindest in diesen Altersgruppen aufgrund strengerer Indikationsstellungen die Untersuchungshäufigkeit rückläufig ist. Die generelle Einführung dosissparender Untersuchungstechniken, z. B. durch Einsatz von Röntgenbildverstärkern für die Durchleuchtung im Bereich des Bauchraumes und Beckens, macht sich ebenfalls hinsichtlich der Strahlenexposition bereits bemerkbar.

In der Strahlentherapie wurden in den letzten Jahren jährlich etwa acht Behandlungen pro 1 000 Personen der Bevölkerung durchgeführt. Der dadurch erzielte Beitrag zur gesamten genetisch signifikanten Dosis der Bevölkerung liegt bei ca. 1 Prozent, im wesentlichen bedingt durch die Strahlenbehandlung gutartiger Erkrankungen. Die Strahlentherapie bösartiger Tumore erbringt wegen der vernachlässigbar geringen Kindererwartung dieser Patienten keinen nennenswerten Beitrag zur genetisch signifikanten Dosis.

Auch in der Strahlentherapie bösartiger Krankheiten werden die Verfahren laufend optimiert. In der Behandlung tiefliegender bösartiger Tumore gilt z. B. die Anwendung konventioneller Röntgenstrahlen als nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend und ist durch hochenergetische Strahlung (Kobalt-Geräte, Elektronenbeschleuniger) ersetzt.

Die nuklearmedizinischen Untersuchungen, bei denen Patienten radioaktive Stoffe verabfolgt werden, haben nach Erhebungen für Berlin (West) im Zeitraum von 1975 bis 1978 praktisch nicht mehr zugenommen, nachdem zwischen 1970 und 1975 noch jährliche Zuwachsraten von 16 Prozent festgestellt wurden.

Verschiedene strahlensparende Radionuklide, wie Jod 123, Thallium 201 oder Indium 111, werden bereits in der Klinik eingesetzt. Ihre Einführung in die allgemeine Praxis wird voraussichtlich nach der vorgesehenen Novellierung der Verordnung nach § 7 des Arzneimittelgesetzes möglich sein.

Die Anwendung radioaktiver Stoffe am Menschen zum Zwecke der medizinischen Forschung einschließlich der klinischen Prüfung von radioaktiv markierten Arzneimitteln und Radiopharmaka ist

nach § 41 der StrlSchV genehmigungspflichtig. In diesem Zusammenhang wurden von den Länderbehörden 1979 insgesamt 14 Gutachten beim Bundesgesundheitsamt angefordert, von denen zwölf positiv und eines negativ ausfielen und eines 1979 noch nicht abschließend bearbeitet werden konnte.

Nachdem in den letzten Jahren nichtnukleare Batterien für Herzschrittmacher mit einer Betriebsdauer bis zu zehn Jahren entwickelt wurden, sind seit 1977 keine Herzschrittmacher mit Radionuklidbatterien mehr implantiert worden. Trotz der mit dem Tragen eines Radionuklid-Herzschrittmachers verbundenen Strahlenexposition bestehen nach wie vor keine Gründe, die restlichen Herzschrittmacher mit Radionuklidbatterie zu explantieren, da das Risiko des operativen Eingriffes größer ist als das Risiko einer Schädigung durch die Strahlenexposition des betreffenden Herzschrittmacherträgers.

Am 31. Dezember 1979 waren von 346 bisher insgesamt implantierten Herzschrittmachern mit Radionuklidbatterie noch 189 implantiert, davon 156 länger als fünf Jahre.

5 Radioaktive Abfälle

Von 1967 bis 1978 wurden in dem von der bundes-eigenen Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (GSF) betriebenen ehemaligen Salzbergwerk Asse bei Wolfenbüttel insgesamt rd. 124 500 Gebinde mit schwachradioaktiven Abfällen, verpackt in 200-Liter- oder 400-Liter-Normfässern sowie armierten Betonabschirmungen mit eingesetztem Metallbehälter (sog. verlorene Betonabschirmungen) eingelagert. Eine Gesamtübersicht über Herkunft und Mengen der 1975 bis 1978 im ehemaligen Salzbergwerk Asse eingelagerten schwachradioaktiven Abfälle enthält Tabelle 25. An mittelaktiven Abfällen wurden von 1972 bis zum Frühjahr 1977 rd. 1300 Fässer zu 200 Litern eingelagert. Bei der Einlagerung radioaktiver Abfälle in der Asse wurden Verfahren und Techniken für die Endlagerung solcher Abfälle entwickelt und erprobt und Erfahrungen im Umgang mit größeren radioaktiven Abfällen gesammelt.

Die seit dem 1. Januar 1979 angefallenen radioaktiven Abfälle werden bis zur Genehmigung eines Endlagers in den Landessammelstellen der Bundesländer zwischengelagert.

Die Strahlenschutzmaßnahmen im Bereich der Asse umfassen die Umgebungsüberwachung sowie die Überwachung der betrieblichen Maßnahmen zum Schutze der Beschäftigten und der Bevölkerung in der Umgebung. Diese Maßnahmen wurden auch im Jahre 1979 im bisherigen Umfang fortgeführt. In der Umgebung der Asse wurden laufend Proben der Luft, vom Grundwasser, Oberflächenwasser und Trinkwasser sowie von Bewuchs genommen. Außerdem wird die Strahlenexposition auf dem Gelände der Schachtanlage mit festinstallierten Dosimetern gemessen. Die Meßergebnisse haben gezeigt, daß Grundwasser, Oberflächenwasser, Trinkwasser und die Pflanzen in der Umgebung der Asse im Jahre 1979 wie in den Vorjahren keine erhöhte Aktivität

aufgewiesen haben. Die Ortsdosis entsprach der mittleren natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland.

Die Emissionsüberwachung der Asse ergab, daß im Jahre 1979 mit der Abluft rd. 8 Curie (rd. $3 \cdot 10^{11}$ Becquerel) Tritium, 0,14 Curie (rd. $5 \cdot 10^9$ Becquerel) Kohlenstoff 14 und 2,6 Curie (rd. $9,6 \cdot 10^{10}$ Becquerel) kurzlebige Aerosole abgegeben worden sind. Die dadurch bedingte Strahlenexposition betrug an der ungünstigsten Einwirkungsstelle wie im Jahre 1978 etwa 2 Millirem (20 Mikrojoule/kg) für den Ganzkörper eines Erwachsenen über Inhalation und Ingestion.

6 Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse

Im Jahr 1979 wurden folgende Arbeitsunfälle gemeldet, bei denen es zu einer erhöhten Strahlenexposition von Personen durch die Einwirkung ionisierender Strahlen kam:

In einem Industriebetrieb führte ein Beschäftigter Durchstrahlungsprüfungen von Gußteilen mittels Röntgenstrahlen durch. Bei ihm wurde eine Filmplakettendosis von 10 Rem (0,1 Joule/kg) festgestellt. Gesundheitliche Schäden sind bei dieser Dosis nicht zu erwarten.

Beim Untersuchen einer Einkristallplatte in einem Forschungsinstitut trat eine Störung im Verschlussschieber des Röntgenaustrittsfensters auf. Beim Abnehmen des Fensterschiebers und der Strahlenabschirmung kam ein Beschäftigter mit den Fingern in den Primärstrahl sowie mit dem Oberkörper in den Bereich sekundärer Streustrahlung. Es wurde eine Strahlendosis an der Hand von ca. 2 000 Rem (20 Joule/kg) abgeschätzt, bei einer Ganzkörperstrahlendosis von etwa 60 Millirem (0,6 Millijoule/kg). In der Folge trat eine mäßige Rötung an den Fingern der linken Hand auf. Es wurden die erforderlichen ärztlichen Maßnahmen sowie technische und organisatorische Verbesserungen veranlaßt.

Ein Röntgenprüfer fertigte in einem Industriebetrieb Röntgenaufnahmen. Ein Stabdosisimeter wurde nicht getragen. Die Filmplakette ergab eine Dosis von 30 Rem (0,3 Joule/kg). Der Beschäftigte schloß nicht aus, daß er sich bereits vor Abschaltung der Strahlung zwecks Filmwechsel vor dem Strahlenaustrittsfenster befunden haben könnte. Die daraufhin durchgeführte Chromosomenanalyse im peripherem Blut ergab keine auffälligen Abweichungen. Der Beschäftigte verblieb in ärztlicher Kontrolle.

Es gilt nach wie vor die Feststellung, daß die Mehrzahl von Strahlenunfällen durch Unachtsamkeit bedingt sind. Aufgrund der strengen Vorschriften im Strahlenschutzrecht sind Unfälle mit ionisierenden Strahlen im Vergleich zu anderen Arbeitsbereichen sehr selten. Eine gewissenhafte Belehrung der mit ionisierenden Strahlen Umgehenden ist weiterhin von vorrangiger Bedeutung.

Eine Übersicht über besondere Vorkommnisse im Jahr 1979 beim Umgang mit radioaktiven Stoffen, die nach der Strahlenschutzverordnung anzeigepflichtig sind, enthält Tabelle 26. Wegen besonderer

Vorkommnisse in Kernkraftwerken wird auf die Berichte der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH verwiesen.

7 Kernwaffenversuche

Nach den vorliegenden Meldungen wurden 1979 insgesamt 43 unterirdische Kernwaffenversuche durchgeführt, jedoch keine Versuche in der Atmosphäre.

Der allgemeine Pegel der Umweltradioaktivität durch Kernwaffenversuche ist seit Inkrafttreten des internationalen „Vertrages über das Verbot von Kernwaffenversuchen in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser“ im Jahre 1963 ständig zurückgegangen. Dennoch sind langlebige Radionuklide wie Strontium 90 und Cäsium 137 auch heute noch in der Umwelt vorhanden.

Die durchschnittliche Zufuhr an Strontium 90 für die Bevölkerung aus den Kernwaffenversuchen wird aufgrund der Meßergebnisse der Umweltradioaktivitätsüberwachung für 1979 auf etwa 10 Pikocurie (0,37 Becquerel) pro Tag und Person und die Zufuhr an Cäsium 137 auf etwa 12 Pikocurie (0,44 Becquerel) pro Tag und Person geschätzt. Diese langlebigen Fall-out-Radionuklide sind auch im menschlichen Körper noch immer nachweisbar.

Aus den Messungen des Cäsium-137-Gehalts im menschlichen Körper ist für das Jahr 1979 eine Ganzkörperdosis berechnet worden, die unter 1 Millirem (10 Mikrojoule/kg) liegt. Der Strontium-90-Gehalt betrug 1979 für den norddeutschen Raum je nach Alter 0,2 Pikocurie (0,007 Becquerel) bis 1,5 Pikocurie (0,06 Becquerel) pro Gramm Calcium. Das Maximum liegt nach wie vor bei den jetzt 20- bis 26jährigen, deren Knochenaufbauphase mit dem Maximum des Fall-out zu Beginn der sechziger Jahre zusammenfiel. Die Knochenendosis beträgt für diese Personengruppe rd. 4 Millirem (40 Mikrojoule/kg) pro Jahr.

Der Beitrag der am Boden aus dem Kernwaffen-Fall-out abgelagerten Radionuklide zur Ganzkörperdosis ist mit kleiner als 1 Millirem (10 Mikrojoule/kg) pro Jahr in Rechnung zu setzen.

III. Zusammenfassung der Ergebnisse

Natürliche Radioaktivität

Der Hauptanteil der natürlichen Strahlenexposition wird durch die Umgebungsstrahlung und die Aufnahme natürlich radioaktiver Stoffe in den Körper verursacht. Die in den letzten Jahren durchgeführten Messungen haben ergeben, daß besonders durch den verschiedenen hohen Gehalt an radioaktiven Stoffen im Boden in den einzelnen Teilen der Bundesrepublik Deutschland erhebliche Unterschiede der natürlichen Strahlenexposition bestehen. Durch die Verwendung von Baustoffen mit erhöhtem Anteil an radioaktiven Stoffen werden Bevölkerungsgruppen ebenfalls einer erhöhten Strahlenexposition aus na-

türlichen Strahlenquellen ausgesetzt. Bisher gibt es jedoch keine epidemiologisch gesicherten Hinweise, daß die unterschiedliche Höhe der natürlichen Strahlenexposition Unterschiede im Gesundheitszustand der Bevölkerung zur Folge hat.

Medizin

Wie schon in früheren Berichten festgestellt, wird der größte Anteil der künstlichen, zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe in der Medizin verursacht. Der höchste Beitrag an der medizinischen Strahlenexposition stammt nach wie vor von der Röntgendiagnostik. Die schon im Jahr 1978 beobachtete Verschiebung der Untersuchungsart kennzeichnet weiterhin den Fortschritt der Untersuchungstechniken. Ein weiterer Anstieg der Untersuchungsfrequenzen war im Jahr 1979 nicht festzustellen. Sowohl hinsichtlich der Indikationsstellung als auch nach Art und Durchführung der Untersuchungen mit Röntgenstrahlen und radioaktiven Stoffen bestehen erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Krankenhäusern und ärztlichen Praxen. Sie beeinflussen Häufigkeit und auch die mit einer Untersuchung verbundene Strahlenexposition. Dies gilt sowohl für Durchleuchtungsuntersuchungen als auch für Aufnahmeverfahren. Die in letzter Zeit national und international vermehrt geforderte und allmählich entwickelte Selbstkontrolle zur Überprüfung der Untersuchungsqualität zeigt, daß diese Qualität nicht immer den Erfordernissen entspricht, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik wünschenswert und auch möglich wäre. Die von der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) 1977 empfohlene Optimierung der Strahlenanwendung dürfte auch in Zukunft eine deutliche Verringerung dieser Exposition ohne Einbuße an diagnostischer Information erbringen.

In der Strahlentherapie wird sich durch den vermehrten Einsatz neuer Behandlungsverfahren erreichen lassen, daß die Verabreichung der erforderlichen therapeutischen Dosis an dem zu behandelnden Körperbereich durch gleichzeitige Begrenzung der Strahlenexposition der übrigen Körperbereiche optimiert wird.

In der Nuklearmedizin ist ein Trend zur Funktionszintigraphie mit kurzlebigen Radionukliden und zu labormedizinischen Untersuchungen zu erkennen. Diese Untersuchungen, bei denen kleinste Mengen körpereigener Stoffe bestimmt werden können, sind nicht mit einer Strahlenexposition des Patienten verbunden.

Kerntechnik

Durch die Abgabe radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen wird die Strahlenexposition der Bevölkerung nur geringfügig erhöht. Die berechneten Höchstwerte der Ganzkörperdosis an den ungünstigsten Einwirkungsstellen in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen sind wesentlich kleiner als die Schwankungen der natürlichen Strahlen-

exposition im Freien und in Wohnungen in der Bundesrepublik Deutschland. Die tatsächliche Strahlenexposition von Einzelpersonen dürfte selbst an den ungünstigsten Einwirkungsstellen zumeist im Bereich von Bruchteilen eines Millirem (10 Mikrojoule/kg) pro Jahr gelegen haben. Die Strahlenexposition an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung eines Steinkohlekraftwerkes liegt trotz unterschiedlicher Belastung einzelner Organe in der gleichen Größenordnung wie die Strahlenexposition durch ein Kernkraftwerk gleicher Leistung.

Die Summierung aller Beiträge kerntechnischer Anlagen zur Strahlenexposition der Bevölkerung führte auch 1979 in der Bundesrepublik Deutschland zu einer genetisch signifikanten Dosis von deutlich weniger als 1 Millirem (10 Mikrojoule/kg) pro Jahr.

Die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung durch kerntechnische Anlagen wird auch künftig in der Bundesrepublik Deutschland deutlich unter einem Prozent der natürlichen Strahlenexposition bleiben.

Forschung, Technik, Haushalt

Die Anwendung von ionisierenden Strahlen und radioaktiven Stoffen zu technischen Zwecken und in der Forschung nimmt weiter zu. Auch Geräte, die potentielle Strahlenquellen sind, wie Fernsehgeräte, Uhren mit Leuchtzifferblättern, selbstleuchtende Kompassse, Rauchmelder und antistatische Vorrichtungen, sind in Gebrauch. Die Strahlenexposition von Einzelpersonen und der Gesamtbevölkerung durch technische Geräte wird durch die Bestimmungen der Röntgenverordnung und der Strahlenschutzverordnung begrenzt und so niedrig wie möglich gehalten. Sie beträgt im Mittel weniger als 2 Millirem (20 Mikrojoule/kg) pro Jahr.

Berufliche Strahlenexposition

Die mittlere Strahlenexposition durch äußere Strahleneinwirkung bei der beruflichen Tätigkeit lag 1979 bei 84 Millirem (840 Mikrojoule/kg). Sie hat sich gegenüber 1978 praktisch nicht geändert.

Die Auswertung der von den Meßstellen nach Maßgabe der Richtlinien zu § 63 der Strahlenschutzverordnung durchgeführten Inkorporationsüberwachung von Personen, die mit radioaktiven Stoffen umgehen und bei denen zu befürchten ist, daß radioaktive Stoffe in den Körper gelangen, hat ergeben, daß vor allem Inkorporationen in der Leuchtfarbenindustrie und bei der nuklearmedizinischen Anwendung radioaktiver Stoffe vorkommen. Überschreitungen der Dosisgrenzwerte waren nicht zu verzeichnen. Der Beitrag zur genetisch signifikanten Dosis der Bevölkerung ist gering.

Kernwaffenversuche

Im Jahre 1979 wurden auf der Welt insgesamt 43 unterirdische Kernwaffenversuche durchgeführt, dagegen keine Versuche in der Atmosphäre. Die in der

Atmosphäre und in Lebensmitteln nachweisbaren langlebigen radioaktiven Stoffe stammen überwiegend aus den Kernwaffenversuchen der sechziger Jahre. Der Beitrag der aus dem Fall-out der Kernwaffenversuche auf den Boden abgelagerten Radionuklide zur Ganzkörperdosis ist für 1979 ebenso wie die genetisch signifikante Dosis der Bevölkerung mit kleiner als 1 Millirem (10 Mikrojoule/kg) anzusetzen.

Radioaktive Abfälle

Die Überwachung der Umgebung des ehemaligen Salzbergwerks Asse, in dem schwach- und mittelaktive Abfälle eingelagert sind, und der betrieblichen Maßnahmen zum Schutz der in dieser Anlage Beschäftigten gab keinen Anlaß zu Beanstandungen. Die seit dem 1. Januar 1978 angefallenen radioaktiven Abfälle werden bis zur Genehmigung eines Endlagers in den Landessammelstellen der Bundesländer zwischengelagert.

IV. Maßnahmen

Ziel des Strahlenschutzes ist es, das Risiko schädlicher Wirkungen ionisierender Strahlen für Einzelpersonen und die Bevölkerung so gering wie möglich zu halten. Dabei wird von folgenden Grundsätzen ausgegangen:

- Ionisierende Strahlen sind nur dann anzuwenden, wenn ihre Anwendung einen echten Vorteil gegenüber anderen Verfahren bedeutet;
- die Strahlenexposition darf die in der Strahlenschutzverordnung und der Röntgenverordnung festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten;
- alle Strahlenexpositionen sind auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.

Zur Erreichung dieses Zieles ist es erforderlich, daß alle, die Strahlen anwenden bzw. mit radioaktiven Stoffen umgehen, ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen im jeweiligen Anwendungsbereich besitzen. Hierzu ist die Aus- und Weiterbildung derjenigen zu fördern, die für den Strahlenschutz zuständig sind oder als beruflich strahlenexponierte Personen tätig sind.

Um die Bedeutung der Strahleneinwirkungen auf den Menschen in der Bundesrepublik Deutschland beurteilen zu können, sind neben einer Analyse der Strahlenexpositionen bei medizinischen Anwendungen und einer Auswertung der besonderen Vorkommnisse auch epidemiologische Untersuchungen erforderlich. Diese Untersuchungen sollen klären, ob und in welchem Umfang Erkrankungen auftreten, die ursächlich auch durch Strahlung ausgelöst werden können.

Die Kenntnisse des Verlaufes derartiger natürlicherweise vorkommenden Erkrankungen sowie deren Häufigkeit sind notwendige Grundlagen für die Ermittlung des durch Strahlung bedingten zusätzlichen Risikos. Entsprechende Untersuchungen sind

allerdings erst möglich, wenn flächendeckende Krebsregister voll funktionsfähig sind. Bis dahin muß behelfsweise auf die amtliche Todesursachenstatistik zurückgegriffen werden. Vorläufige Auswertungen der amtlichen Todesursachenstatistik haben bisher keine Zunahme von Krebserkrankungen, weder durch die unterschiedliche natürliche Strahlenexposition noch durch die Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe, in der Bundesrepublik Deutschland erkennen lassen.

Voraussetzung aller Strahlenschutzmaßnahmen ist die Kenntnis der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition und der zivilisatorisch bedingten Erhöhung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen, deren Beitrag zu der Gesamtstrahlenexposition nicht vernachlässigt werden darf. Die Forschungsprogramme zur Ermittlung der Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen sollen daher gezielt weitergeführt werden.

Von besonderer Bedeutung ist nach wie vor die Begrenzung der Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen. Hierzu wurde von verschiedenen internationalen Organisationen, wie dem Wissenschaftlichen Komitee der Vereinten Nationen über die Wirkung von atomarer Strahlung (UNSCEAR), der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) festgestellt, daß neben einer strengen Indikationsstellung für das jeweilige medizinische Verfahren in vielen Fällen eine sorgfältige Anwendungstechnik zu einer wesentlichen Verringerung der Strahlendosis führt, ohne daß dadurch der Wert des Verfahrens beeinträchtigt wird. Klar herauszuarbeitende Kriterien sollen dem Arzt Hilfestellung bei der Indikation zu diagnostischen Maßnahmen geben. Entsprechende Untersuchungen wurden in den letzten Jahren von der Weltgesundheitsorganisation sowohl für die Röntgendiagnostik als auch für die Nuklearmedizin angeregt und sollen auch in der Bundesrepublik Deutschland vorgenommen werden.

Verfahren der Selbstkontrolle zur Sicherung der Untersuchungsqualität müssen auch bei der Anwendung von Röntgenstrahlen und radioaktiven Stoffen gefördert werden. Diese schon in der Labormedizin üblichen Verfahren können zu einer wesentlichen Verbesserung der diagnostischen Qualität der Untersuchung, zu einer Verringerung der Strahlenexposition, zu einer Reduzierung der aufzuwendenden Kosten und zu einer Verbesserung der ärztlichen Versorgung der Bevölkerung führen. Qualitätssicherungsprogramme sollten auch in der Bundesrepublik Deutschland eingeführt werden.

Besondere Beachtung verdient weiterhin die Zweckmäßigkeit von Röntgenvorsorgeuntersuchungen und Gesundheitskontrollen. Röntgenreihenuntersuchungen sollten möglichst auf Risikogruppen der Bevölkerung begrenzt werden.

In der Nuklearmedizin soll durch Novellierung der Verordnung nach § 7 des Arzneimittelgesetzes auch dem niedergelassenen Arzt die Möglichkeit eröffnet werden, Radionuklide zu verwenden, die entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik zu einer geringeren Strahlenexposition führen.

Um die Anwendung radioaktiver Stoffe in der medizinischen Forschung nicht unnötig zu behindern, soll das Antrags- und Genehmigungsverfahren in einer entsprechenden Richtlinie niedergelegt und eine Gutachterkommission zu § 41 der Strahlenschutzverordnung eingerichtet werden.

Strahlenunfälle sind seltene Ereignisse. Schwere Unfallfolgen aufgrund von Strahlenszwischenfällen sind in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten Jahren nicht beobachtet worden. Die meisten entschädigungspflichtigen Berufserkrankungen durch ionisierende Strahlen und radioaktive Stoffe stammen aus früheren Jahrzehnten. Dennoch wird es für dringend erforderlich gehalten, die Ärzteschaft auch in der Versorgung von Strahlenunfällen ausreichend zu unterrichten. Dies ist in den letzten Jahren insbesondere durch Fortbildung derjenigen Ärzte erfolgt, die beruflich strahlenexponierte Personen zu untersuchen und zu behandeln haben. Zur Sicherung der Versorgung möglicherweise strahlenbeschädigter Personen steht eine Anzahl von Spezialabteilungen in Krankenhäusern zur Verfügung. Dort tätige Ärzte wurden in der Behandlung von Strahlenunfällen fortgebildet; weitere Fortbildungsmaßnahmen sind vorgesehen.

Die Erfassung und Bilanzierung der Abgaben radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser aus Kernkraftwerken wird nach den Regeln des Kerntechnischen Ausschusses „Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen“ (KTA 1504) und „Messung und Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe, Teil 1: Messung und Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminabluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb“ (KTA 1503.1) einheitlich durchgeführt (vgl. Tabelle 27).

Durch die Richtlinie „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ (vgl. Tabelle 27) ist eine bundeseinheitliche Überprüfung der Emissionsmessungen der Betreiber durch unabhängige Sachverständige sichergestellt.

Eine wichtige Maßnahme im Rahmen der Erfassung der Abgaben radioaktiver Stoffe stellt die Einrichtung der Emissionskataster dar. Sie kann die Aufsicht über Abgaben radioaktiver Stoffe und die Ermittlung der radiologischen Vorbelastung an bestimmten Standorten wesentlich erleichtern. Die Einrichtung derartiger Kataster in allen Bundesländern erfordert sehr arbeitsintensive Vorbereitungen

und dürfte daher einige Jahre in Anspruch nehmen.

Ergänzende Untersuchungen zur Verbesserung der Probenahme, der Störfalltauglichkeit der Emissionsüberwachung, der Überwachung potentieller anderer Emissionswege und der Abschätzung der Auswirkungen von Kurzzeitabgaben sind erforderlich.

Der Umfang bundeseinheitlich einzuführender Fernüberwachungssysteme für Kernkraftwerke wurde in Abstimmung mit dem Länderausschuß für Atomkernenergie festgelegt. Danach soll sich die Fernüberwachung auf die

- Emissionsüberwachung
- Immissionsüberwachung
- meteorologische Datenerfassung und die
- Überwachung einzelner Betriebsparameter

erstrecken. Weitergehende Spezifikationen sind in einer „Rahmenempfehlung für die Fernüberwachung von Kernkraftwerken“ festgelegt und am 11. September 1980 im Länderausschuß für Atomkernenergie verabschiedet worden. Die Einrichtung der Fernüberwachungssysteme soll schrittweise entsprechend den Fortschritten noch durchzuführender Entwicklungsaufträge erfolgen.

Die sinngemäße Anwendung der Richtlinie zur Erfassung und Kontrolle der Emission radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken auf andere kerntechnische Anlagen ist vorgesehen.

Die Strahlenschutzüberwachung der beruflich strahlenexponierten Personen in kerntechnischen Anlagen und beim sonstigen Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierenden Strahlen wird durch den Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungstechniken intensiviert. Die Vorarbeiten für die Errichtung eines zentralen Dosisregisters werden weitergeführt.

Der Bundesminister des Innern bereitet gegenwärtig unter Beratung durch die Strahlenschutzkommission eine Novelle zur Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung) vor. Wesentlicher Inhalt dieser Novelle sind notwendige Anpassungen an die EG-Richtlinie vom 15. Juli 1980 zur Änderung der Richtlinien für die Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlen.

Erläuterung der benutzten Fachausdrücke

Aerosol	Gase mit festen oder flüssigen Schwebeteilchen
Aktivität	Größe, die die Zahl der je Sekunde zerfallenden Atomkerne eines radioaktiven Stoffes angibt
Alphastrahler	Radionuklide, die Alphateilchen (Heliumatomkerne) aussenden
Äquivalentdosis	Produkt aus Energiedosis und Bewertungsfaktor. Die Äquivalentdosis ist das Maß für die Wirkung einer ionisierenden Strahlung auf den Menschen
Becquerel	Neue Einheit der Aktivität 1 Becquerel (Bq) = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Curie = 27 Pikocurie
Betastrahlung	Teilchenstrahlung, die aus beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen ausgesandten Elektronen besteht
Betasubmersion	Strahlenexposition durch Betastrahlung von radioaktiven Gasen in der Atmosphäre (wörtlich: durch Untertauchen in eine Wolke)
Curie	Alte Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Curie (Ci) liegt vor, wenn 37 Mrd. Atomkerne je Sekunde zerfallen. 1 Curie (Ci) = 1 000 Millicurie (mCi) = 1 000 000 Mikrocure (µCi) = 10^9 Nanocurie (nCi) = 10^{12} Pikocurie (pCi)
Dekontamination	Beseitigung von radioaktiven Verunreinigungen
Dosis	Siehe Energiedosis und Äquivalentdosis
Energiedosis	Absorbierte Strahlungsenergie je Masseneinheit
Fall-out	Radioaktiver Niederschlag aus kleinsten Teilchen in der Atmosphäre, die bei Kernwaffenversuchen entstanden sind
Gammastrahlung	Sehr kurzwellige elektromagnetische Strahlung, die z. B. beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen ausgesandt wird
Gammasubmersion	Strahlenexposition durch Gammastrahlung von radioaktiven Gasen in der Atmosphäre (wörtlich: durch Untertauchen in eine Wolke)
Ganzkörperdosis	Mittelwert der Äquivalentdosis über Kopf, Rumpf, Oberarme und Oberschenkel als Folge einer Bestrahlung des ganzen Körpers
Genetisch signifikante Dosis	Summe der mit dem genetischen Bedeutungsfaktor multiplizierten Keimdrüsendosen, geteilt durch die Gesamtzahl der von der Bestrahlung betroffenen Personen. Die genetisch signifikante Dosis ermöglicht eine Beurteilung der Wirkung auf die Erbsubstanz
Gray	Neue Einheit der Energiedosis 1 Gray (Gy) = 100 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, die 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
Joule/kg	Neue Einheit der Energiedosis bzw. Äquivalentdosis 1 Joule/kg = 100 Rad 1 Joule/kg = 100 rem

Keimdrüsendosis	Mittelwert der Äquivalentdosis über die Keimdrüsen
Kontamination	Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen
Kosmische Strahlung	Sehr energiereiche Strahlung aus dem Weltraum
Median	svw. Zentralwert
Mikrocurie	1 Mikrocurie (μCi) = 0,000 001 Curie (s. d.)
Millicurie	1 Millicurie (mCi) = 0,001 Curie (s. d.)
Millirem	Alte Einheit der Äquivalentdosis 1 Millirem (mrem) = 0,001 Rem (rem)
Nanocurie	1 Nanocurie (nCi) = 0,000 000 001 Curie (s. d.)
Nuklearmedizin	Anwendung radioaktiver Stoffe in der Medizin zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken
Nuklid	Durch Protonenzahl und Massenzahl charakterisierte Atomart
Organdosis	Mittelwert der Äquivalentdosis über ein Organ
Ortsdosisleistung	Äquivalentdosis an einem bestimmten Ort während einer bestimmten Zeitdauer, geteilt durch die Zeitdauer
Pikocurie	1 Pikocurie (pCi) = 0,000 000 000 001 Curie (s. d.)
Rad	Alte Einheit der Energiedosis 1 Rad (rad) = 100 erg/g
radioaktive Stoffe	Stoffe, die Radionuklide enthalten
Radioaktivität	Eigenschaft mancher chemischer Elemente bzw. Nuklide, ohne äußere Einwirkung dauernd Strahlung auszusenden
Radiographiegerät	Gerät zur zerstörungsfreien Durchstrahlungsprüfung von Materialien mittels Radionuklide
Radiojod	Radioaktive Jodisotope
Radionuklide	Instabile Nuklide, die unter Aussendung von Strahlung in andere Nuklide zerfallen
Rem	Alte Einheit der Äquivalentdosis 1 Rem (rem) = 1 000 Millirem (mrem)
Röntgen	Alte Einheit der Ionendosis 1 Röntgen (R) = 258 $\mu\text{C/kg}$ = 1 000 000 Mikroröntgen (μR)
Stochastisch	Zufallsabhängig
Strahlenbelastung	Siehe Strahlenexposition
Strahlenexposition	Einwirkung ionisierender Strahlen auf den menschlichen Körper oder seine Teile
Terrestrische Strahlung	Strahlung der natürlichen radioaktiven Stoffe, die überall auf der Erde vorhanden sind
Tritium	Radioaktives Isotop des Wasserstoffs, das Betastrahlung sehr niedriger Energie aussendet. Trinkwasser enthält natürlicherweise 6—24 Pikocurie durch die kosmische Strahlung erzeugtes Tritium pro Liter
Zentralwert	Mittelwert, der ebensoviel kleinere Werte unter sich hat wie größere Werte über sich

Tabelle 1

**Genetisch signifikante Strahlenexposition der Bevölkerung der
Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1979**

1. Natürliche Strahlenexposition	ca. 110 mrem/a
1.1 durch kosmische Strahlung in Meereshöhe	ca. 30 mrem/a
1.2 durch terrestrische Strahlung von außen	ca. 50 mrem/a
bei Aufenthalt im Freien	ca. 43 mrem/a
bei dauerndem Aufenthalt in Häusern	ca. 57 mrem/a
1.3 durch inkorporierte natürliche radioaktive Stoffe ...	ca. 30 mrem/a
2. Künstliche Strahlenexposition	ca. 60 mrem/a
2.1 durch kerntechnische Anlagen	< 1 mrem/a*
2.2 durch Verwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Forschung, Technik und Haushalt (ohne 2.3)	< 2 mrem/a
2.2.1 technische Strahlenquellen	< 1 mrem/a
2.2.2 Industrieerzeugnisse	< 1 mrem/a
2.2.3 Störstrahler	< 1 mrem/a
2.3 durch berufliche Strahlenexposition (Beitrag zur mittleren Strahlenexposition der Bevölkerung)	< 1 mrem/a
2.4 durch Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe in der Medizin	ca. 50 mrem/a
2.4.1 Röntgendiagnostik	ca. 50 mrem/a
2.4.2 Strahlentherapie	< 1 mrem/a
2.4.3 Nuklearmedizin	< 1 mrem/a
2.5 durch Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse	0
2.6 durch Fall-out von Kernwaffenversuchen	< 1 mrem/a
2.6.1 von außen im Freien	< 1 mrem/a
2.6.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe	< 1 mrem/a

* Das Zeichen < bedeutet „kleiner als“.

Gegenüber dem Jahr 1978 haben sich keine Änderungen ergeben.

Tabelle 2

Natürliche radioaktive Stoffe (nCi/kg) in verschiedenen Gesteinen und im Boden
(nach NCRP Report No. 45)

	Kalium 40	Radium 226	Thorium 232
Eruptivgestein:			
Basalt (Mittelwert)	7	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4
Granit (Mittelwert)	> 30	1	3
Sedimentgestein:			
Schiefer	22	1	1,3
Sandsteine:			
reiner Quarz	> 8	< 0,3	< 0,2
verunreinigter Quarz	≈ 10	≈ 1	≈ 0,3 – 0,7
Kaolin	16 – 24	≈ 0,3 – 0,7	≈ 2
Strandsand	< 8	1	0,7
Kalkstein	2	0,7	0,2
Boden	12	0,6	1

Tabelle 3

Natürliche radioaktive Stoffe (nCi/kg) in verschiedenen Baustoffen

(nach BMI-Bericht 1978)

	Kalium 40	Radium 226	Thorium 232
Natursteine:			
Granit	17—96	0,8—13	1,3—5,2
andere Erstarrungsgesteine	<0,2—24	<0,2— 5,5	<0,2—6,5
Schiefer	14—31	0,8— 1,8	1,1—1,8
Kalkstein, Marmor	<1— 6	<0,2— 0,7	<0,1—0,6
Sandstein, Quarzit	<1—31	<0,5— 1,7	<0,5—1,8
Ziegel, herkömmliche Art	4—69	0,5— 3,1	<0,5—5
Betonsteine:			
Bimszuschlag	13—53	0,7— 4,8	1,0—6,8
Ziegelsplitt-Zuschlag	11—15	0,8— 1,9	0,7—3,0
Schlacke-Zuschlag	8—25	0,6—20	0,6—5,6
Kalksandstein, Gasbeton	<1—21	<0,2— 2,0	<0,2—1,5
Zuschläge und Zusätze:			
natürlicher Sand und Kies	<1—18	<0,1— 0,8	<0,1—1,6
Blähton und Blähschiefer	2—22	<0,5— 1,8	0,8—2,5
Hochofenschlacke	5—31	1,2— 5,9	0,8—8,1
Flugasche	9—30	2,2—10,5	1,6—6,9
Bindemittel:			
Portlandzement	3—19	0,3— 1,3	0,3—0,9
Hüttenzement	<1— 6	0,7— 2,5	0,7—3,2
Tonerdeschmelzzement	—	2,7— 5,3	3,5—5,2
Kalk	<1—16	<0,2— 1,5	<0,2—1,2
Naturgips	<1— 5	<0,1— 2,0	<0,1—0,3
Chemiegips (Apatit)		1,0— 2,0	
(Phosphorit)	<1— 8	8,1—29,7	<0,1—3,8
Fertigmörtel, Fertigputz	<1—12	<0,1— 2,9	<0,1—2,6

Tabelle 4

**Durch terrestrische Strahlenexposition von außen bedingte Keimdrüsendosis
in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland**
(mrem/Jahr)

Land	Werte im Freien			Werte in Wohnungen *)		
	Mittel	Maximal	Minimal	Mittel	Maximal	Minimal
Baden-Württemberg	45	165	11	57	134	11
Bayern	50	291	14	61	243	14
Berlin	42	133	22	50	129	17
Bremen	30	45	20	38	65	18
Hamburg	40	86	22	40	77	21
Hessen	43	108	7	65	144	24
Niedersachsen	34	80	7	47	122	12
Nordrhein-Westfalen	42	118	4	55	154	14
Rheinland-Pfalz	49	90	22	74	180	23
Saarland	57	114	22	87	158	28
Schleswig-Holstein	37	57	13	43	124	19
Gesamt	43	291	4	57	243	11

*) Wohnungsmittelwerte aus allen Räumen einer Wohnung

Tabelle 5

Strahlenexposition des Menschen durch inkorporierte natürliche radioaktive Stoffe in mrem/Jahr
(nach UNSCEAR 1977)

	Gonaden	Knochen		Lunge
		Endost/Periost	rotes Knochenmark	
Tritium	0,001	0,001	0,001	0,001
Kohlenstoff 14	0,5	2,0	2,2	0,6
Kalium 40	12	15	27	17
Polonium 210 Nichtraucher	12	60	14	6
Polonium 210 Raucher	16	80	18	18
Radium 226 (einschl. 1/3 kurzlebige Folgeprodukte)	0,6	14	1,8	0,6
Radium 228 (einschl. Folgeprodukte)	1,2	22	3,6	1,2
Gesamt	26 – 30	113 – 133	48 – 53	25 – 37

Tabelle 6

Radium 226 in verschiedenen Wasservorkommen in der Bundesrepublik Deutschland

Wasservorkommen	Anzahl der Proben	Konzentration (pCi/l)		
		Minimum	Maximum	Median ¹⁾
Trinkwasser	363	<0,05	3,7	0,1
Mineralwässer (im Handel)	21	0,10	15	2
Brunnen und Quellen	7	0,06	11	— ²⁾
Oberflächenwasser	28	<0,05	0,65	0,1

¹⁾ Wegen der großen Streuung und der großen Häufigkeit niedriger Konzentrationen wird nicht das arithmetische Mittel, sondern der Median angegeben. 50 % der Meßwerte sind niedriger als der Median.

²⁾ Wegen geringer Probenzahl keine Angabe.

Tabelle 7

**Mittlere Jahresabgaben radioaktiver Stoffe
aus Steinkohlekraftwerken und Braunkohlekraftwerken**

(bezogen auf jeweils 1000 MW) in Millicurie/Jahr

Radionuklid	Steinkohle- kraftwerk	Braunkohle- kraftwerk
Uran 238	10	3
Uran 234	10	3
Thorium 232	5	1
Thorium 230	10	2
Thorium 228	5	1
Radium 226	10	2
Polonium 210	150	5
Blei 210	100	3

Tabelle 8

Übersicht über die Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland

(Stand: 31. Dezember 1979)

Kernkraftwerk	Typ ¹⁾	Jahr der Inbetriebnahme	Elektrische Bruttoleistung (MW)	Bruttostromerzeugung (MWa)
Versuchsatomkraftwerk Kahl	SWR	1961	16	10
Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe	D ₂ O-DWR	1965	58	48
Kernkraftwerk Gundremmingen	SWR	1966	252	0
Versuchskernkraftwerk AVR Jülich	HTR	1968	15	2
Kernkraftwerk Lingen	SWR	1968	268	0
Kernkraftwerk Obrigheim	DWR	1969	345	284
Kernkraftwerk Stade	DWR	1972	662	507
Kernkraftwerk Würgassen	SWR	1972	670	183
Kernreaktoranlage KNK-Karlsruhe	NaR	1973	21	4
Kernkraftwerk Biblis A	DWR	1974	1204	802
Kernkraftwerk Biblis B	DWR	1976	1 300	744
Kernkraftwerk Neckarwestheim	DWR	1976	855	435
Kernkraftwerk Brunsbüttel	SWR	1976	806	0
Kernkraftwerk Isar	SWR	1977	907	620
Kernkraftwerk Unterweser	DWR	1978	1 300	981
Kernkraftwerk Philippsburg	SWR	1979	900	208

- ¹⁾ SWR — Leichtwasser-Siedewasserreaktor
DWR — Leichtwasser-Druckwasserreaktor
D₂O-DWR — Schwerwasser-Druckwasserreaktor
HTR — gasgekühlter Hochtemperaturreaktor
NaR — natriumgekühlter Reaktor

Tabelle 9

Übersicht über die Forschungsreaktoren¹⁾ in der Bundesrepublik Deutschland

(Stand: 31. Dezember 1979)

Standort	Betreiber	Bezeichnung	Jahr der Inbetriebnahme	thermische Leistung ²⁾ (MW)
Berlin	Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung GmbH	BER II	1973	5
Braunschweig	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	FMRB	1967	1
Garching	Technische Universität München	FRM	1957	4
Geesthacht	GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH	FRG 1	1958	5
		FRG 2	1963	15
Hannover	Medizinische Hochschule	FRH	1973	0,25
Heidelberg	Deutsches Krebsforschungszentrum	HD II	1978	0,25
Jülich	Kernforschungsanlage Jülich GmbH	FRJ 1	1962	10
		FRJ 2	1962	23
Karlsruhe	Gesellschaft für Kernforschung mbH	FR 2	1961	44
Mainz	Universität Mainz	FRMZ	1965	0,1
Neuherberg	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH	FRN	1972	1

¹⁾ ausgenommen Nulleistungsreaktoren²⁾ im Dauerbetrieb

Tabelle 10

Jahresabgaben 1979 radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernkraftwerken^{1) 2)}

in Curie

(Jahresabgaben im Jahre 1978 in Klammern)

Kernkraftwerk	Edelgase	Aerosole ³⁾	Jod 131	C 14	Tritium
Kahl.....	562 (70)	8E-5 ($<0,0001$)	0,0001 (0,0002)	n. b. (n. b.)	n. b. (n. b.)
Gundremmingen	n. n. (<230)	0,0001 (0,001)	n. n. (n. n.)	0,1 (0,1)	0,39 (1,1)
Lingen	4 (<6)	4E-5 (0,0006)	n. n. (n. n.)	n. b. (n. n.)	n. b. (2,1)
Obrigheim	103 (455)	0,002 (0,004)	8E-5 (0,0007)	1,1 (0,9)	17 (26)
Stade	231 (490)	0,0007 (0,010)	0,002 (0,004)	3,4 (4,0)	33 (27)
Würgassen	4 300 (3 270)	0,039 (0,019)	0,067 (0,108)	1,7 (5,4)	9,0 (7,6)
Biblis A	284 (363)	0,0003 (1E-5)	0,006 (0,009)	n. b. (2,3)	46 (51)
Biblis B	880 (1 770)	0,0001 (2E-5)	0,012 (0,007)	n. b. (3,8)	18 (11)
Neckarwestheim	327 (112)	0,0007 (0,002)	0,0009 (0,007)	0,6 ⁴⁾ (3,0)	30 (28)
Brunsbüttel	$<1\,240$ (7 580)	0,20 (0,034)	0,0002 (0,048)	0,23 (3,9)	9,1 (6,4)
Isar	2 300 (1 070)	0,021 (0,004)	8E-5 (n. n.)	n. b. (n. b.)	6,6 (1,5)
Unterweser	1 040 (<54)	n. n. ($<0,001$)	0,001 (n. n.)	0,5 ⁴⁾ (n. b.)	5,7 (0,084)
Philippsburg ⁵⁾	570)	0,004	7E-6	n. b.	0,44

¹⁾ Die Jahresabgaben von MZFR, KNK und AVR sind in den Abgaberraten der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich enthalten (Tabelle 13).

²⁾ Werte zum Teil gerundet E-5 = 10^{-5}

³⁾ Langlebige Aerosole ohne Jod 131

⁴⁾ nur $^{14}\text{CO}_2$

⁵⁾ Das Kernkraftwerk Philippsburg war 1978 noch nicht in Betrieb.

n. b.: nicht bilanziert

n. n.: nicht nachgewiesen

Jahresabgaben 1979 radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken¹⁾
in Curie
(Jahresabgaben 1978 in Klammern)

Kernkraftwerk	Spalt- und Aktivierungsprodukte ²⁾ (außer Tritium)	Tritium	Gesamt-Alpha-Aktivität	Sondernuklide ³⁾
Kahl	0,007 (0,013)	3,1 (12)	<0,0001 (—)	0,0001 (0,0002)
Gundremmingen .	0,22 (0,53)	0,7 (2,5)	0,0002 (0,0001)	0,068 (0,125)
Lingen	0,025 (0,011)	0,8 (1,9)	— (—)	0,0001 (<0,0001)
Obrigheim	0,17 (0,17)	136 (130)	0,0006 (0,0006)	0,013 (0,015)
Stade	0,26 (0,10)	147 (133)	<0,0001 (<0,0001)	0,016 (0,0097)
Würgassen	0,43 (0,53)	41 (53)	0,0001 (—)	0,014 (0,0058)
Biblis A	0,052 (0,10)	168 (345)	<0,0001 (<0,0001)	0,0023 (0,0078)
Biblis B	0,21 (0,12)	320 (401)	<0,0001 (<0,0001)	0,0041 (0,0086)
Neckarwestheim .	0,058 (0,035)	102 (134)	0,0001 (—)	0,0091 (0,0059)
Brunsbüttel	0,47 (1,42)	2,3 (19)	<0,0001 (<0,0001)	0,069 (0,015)
Isar	0,26 (0,21)	22 (4,6)	<0,0001 (0,0003)	0,037 (0,031)
Unterweser	0,002 (—)	107 (0,22)	<0,0001 (—)	0,0004 (—)
Philippsburg	0,38 (—)	2,1 (—)	— (—)	0,021 (—)

¹⁾ Die Jahresabgaben von MZFR, KNK und AVR sind in den Abgaberaten der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich enthalten (Tabelle 13).

²⁾ Gammastrahler, Strontium 89 und Strontium 90

³⁾ Phosphor 32, Eisen 55 und Nickel 63

Tabelle 12

Jahresabgaben radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken seit ihrer Inbetriebnahme¹⁾
(in Curie)

Kernkraftwerk/Jahr	Abluft			Abwasser	
	Edelgase	Aerosole	Jod 131	Spalt- und Aktivierungsprodukte	Tritium
Kahl					
1962.....	19			0,003	
1963.....	74			0,001	
1964.....	510			0,002	
1965.....	360			0,002	
1966.....	860			0,003	
1967.....	3 900			0,002	
1968.....	4 700		0,001	0,003	
1969.....	1 800		0,007	0,006	
1970.....	2 900	<5 E-5	0,005	0,07	1,4
1971.....	2 100	<5 E-5	0,002	0,059	1,6
1972.....	—	—	—	0,032	1,2
1973.....	480	<5 E-5	0,002	0,010	1,7
1974.....	990	ca. 0,001	0,003	0,006	7,9
1975.....	380	n. b.	0,001	0,007	7,9
1976.....	300	<0,001	0,003	0,009	27
1977.....	130	<0,0001	0,004	0,021	19
1978.....	70	<0,0001	0,0002	0,013	12
1979.....	562	8 E-5	0,0001	0,007	3,1
Gundremmingen					
1967.....	15 900	0,002	0,033	2,8	26
1968.....	3 300	0,003	0,037	2,1	24
1969.....	11 400	0,008	0,36	1,6	20
1970.....	7 300	0,074	0,20	1,5	31
1971.....	6 500	0,049	0,34	1,9	37
1972.....	11 000	0,015	0,19	2,0	78
1973.....	23 700	0,018	1,96	1,6	150
1974.....	4 100	0,002	0,12	1,0	220
1975.....	7 400	0,008	0,25	1,0	120
1976.....	5 300	0,005	0,35	1,3	53
1977.....	< 453	0,004	0,005	1,54	22
1978.....	< 230	0,001	—	0,53	2,5
1979.....	—	0,0001	—	0,22	0,7
Lingen					
1969.....	160 000			0,65	26
1970.....	110 000		0,26	0,61	32
1971.....	8 700		0,38	0,38	46
1972.....	5 100		0,15	0,045	24
1973.....	2 600		0,016	0,024	15
1974.....	9 500	0,006	0,002	0,014	9
1975.....	35 000	0,01	1,3	0,045	16
1976.....	6 400	0,0005	0,050	0,031	15
1977.....	< 133	0,0005	<0,0014	0,010	2,5
1978.....	< 6	0,0006	—	0,011	1,9
1979.....	4	4 E-5	—	0,025	0,8

¹⁾ Werte zum Teil gerundet

noch Tabelle 12

Kernkraftwerk/Jahr	Abluft			Abwasser	
	Edelgase	Aerosole	Jod 131	Spalt- und Aktivierungsprodukte	Tritium
Obrigheim					
1969	5 600	<0,013	0,063	10,5	240
1970	7 700	<0,014	0,045	3,2	380
1971	1 500	0,053	0,015	4,4	255
1972	3 200	0,089	0,006	4,6	240
1973	2 900	0,033	0,005	2,2	330
1974	13 500	0,023	0,005	2,1	150
1975	8 000	0,026	0,012	1,8	150
1976	340	0,008	0,0002	1,2	144
1977	370	0,007	0,0006	0,20	116
1978	455	0,004	0,0007	0,17	130
1979	103	0,002	8 E-5	0,17	136
Stade					
1972	2 400	0,012	0,047	0,32	97
1973	2 600	0,022	0,043	0,37	110
1974	890	0,014	0,011	0,15	32
1975	1 300	0,03	0,010	0,13	114
1976	10 500	0,007	0,020	0,24	45
1977	3 320	0,009	0,026	0,20	142
1978	490	0,010	0,004	0,10	133
1979	231	0,0007	0,002	0,26	147
Würgassen					
1972	590	<0,001	<0,0001	0,18	3
1973	560	<0,001	<0,0001	0,45	6
1974	52	0,013	<0,0007	0,99	4
1975	120	0,011	0,001	0,89	4
1976	480	0,017	0,046	1,1	25
1977	785	0,015	0,028	1,6	42
1978	3 270	0,019	0,108	0,53	53
1979	4 300	0,039	0,067	0,43	41
Biblis A					
1974	50	0,0004	6 E-5	0,38	8
1975	1 700	0,006	0,005	0,38	110
1976	1 150	0,028	0,013	0,20	320
1977	106	0,0015	0,0005	0,13	180
1978	363	1 E-5	0,009	0,10	345
1979	284	0,0003	0,006	0,052	168
Biblis B					
1976	300	0,002	0,010	0,26	22
1977	4 100	0,004	0,0034	0,03	155
1978	1 770	2 E-5	0,007	0,12	401
1979	880	0,0001	0,012	0,21	320

E-5 = 10⁻⁵

noch Tabelle 12

Kernkraftwerk/Jahr	Abluft			Abwasser	
	Edelgase	Aerosole	Jod 131	Spalt- und Aktivierungsprodukte	Tritium
Neckarwestheim					
1976.....	520	0,0005	0,002	0,21	5
1977.....	1 880	0,012	0,046	0,16	83
1978.....	117	0,002	0,007	0,035	134
1979.....	327	0,0007	0,0009	0,058	102
Brunsbüttel					
1976.....	970	0,007	2 E-5	0,63	2
1977.....	3 130	0,072	0,015	1,15	9
1978.....	7 580	0,034	0,048	1,42	19
1979.....	<1 240	0,20	0,0002	0,47	2,3
Isar					
1977.....	23	<0,0001	—	0,038	0,04
1978.....	1 070	0,004	—	0,21	4,6
1979.....	2 300	0,021	8 E-5	0,26	22
Unterweser					
1978.....	<54	<0,001	—	—	0,22
1979.....	1 040	—	0,001	0,002	107
Philippsburg					
1979.....	570	0,004	7 E-6	0,38	2,1

E-5 = 10⁻⁵

Tabelle 13

Jahresabgaben 1979 radioaktiver Stoffe aus Kernforschungszentren
in Curie
(Jahresabgaben 1978 in Klammern)

Kernforschungs- zentrum	Abluft							Abwasser		
	Edelgase	Aerosole	Jod 131	Jod 129	Tritium	Kohlen- stoff 14	Strontium 90	Spalt- und Aktivie- rungspro- dukte (ohne Tritium)	Tritium	Alpha- strahler
Kernforschungs- zentrum- Karlsruhe (einschließlich Wiederauf- arbeitungs- anlage)	121100 (98700)	0,2 ¹⁾ (0,2) ¹⁾	<0,0040 ($<0,0029$)	<0,0027 ($<0,0059$)	1488 (2212)	n. b. (n. b.)	<0,015 ($<0,014$)	0,017 (0,014)	3 300 (2 300)	0,0023 ²⁾ (0,0015) ²⁾
Kernforschungs- anlage Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	262 (318)	2,5 ³⁾ (27) ³⁾	0,00016 (0,0097)	— (—)	206 (600)	3,8 (<2)	$3 \cdot 10^{-7}$ ($2 \cdot 10^{-6}$)	0,117 (0,109)	225 (213)	<0,0021 (0,0011)

¹⁾ davon maximal 0,001 (0,005) Curie Alphastrahler²⁾ davon 0,00026 (0,00012) Plutonium 238 und Plutonium 239/240³⁾ davon mehr als 99 % kurzlebig (Halbwertszeit < 8 Tage)

Tabelle 14

**Jahresabgaben 1979 radioaktiver Stoffe (Alpha-Aktivität) aus
kernbrennstoffverarbeitenden Betrieben**
(Jahresabgaben 1978 in Klammern)

Betrieb	Abluft	Abwasser
ALKEM GmbH (Hanau)	<0,5 μ Ci ($<0,5 \mu$ Ci)	22 μ Ci (4,8 μ Ci)
NUKEM GmbH (Hanau)	0,70 mCi (0,39 mCi)	50 mCi (52 mCi)
Reaktor-Brennelement Union GmbH Werk I (Hanau)	2,93 mCi (3,03 mCi)	320 mCi (290 mCi)
Werk II (Karlstein)	1,53 μ Ci (12,6 μ Ci)	4,6 mCi (5,5 mCi)
EXXON Nuclear GmbH (Lingen)	<0,32 μ Ci (—)	— ¹⁾ (—)

¹⁾ keine Abgaben über Abwasser

Tabelle 15

Jahresabgaben 1979 radioaktiver Stoffe aus Forschungsreaktoren¹⁾

(in Millicurie)

(Jahresabgaben 1978 in Klammern)

Forschungs- reaktor	Abluft				Abwasser	
	Edelgase	Aerosole	Jod 131	Tritium	Spalt- und Aktivierungs- produkte (ohne Tritium)	Tritium
Berlin	3 000 (16 000)	<0,04 (<0,04)	<0,1 (<0,1)	— (—)	— (—)	— (—)
Braunschweig	<281 000 (<330 000)	<0,0001 (<0,0005)	<0,0006 (<0,001)	<1 600 (<800)	0,094 (0,018)	< 17,6 (<7,8)
Garching	15 600 (18 200)	— (—)	— (—)	75 (100)	3,9 (2,2)	13,7 (38,3)
Geesthacht	143 000 (158 000)	— (—)	0,32 (0,28)	— (—)	50 (41)	350 (510)
Hannover	35 (72)	— (—)	— (—)	0,19 (0,19)	≤0,015 (≤0,010)	0,045 (0,045)
Heidelberg	2 000 (1 000)	— (—)	— (—)	<0,2 (<0,15)	0,01 ²⁾ (—)	0,75 ²⁾ (—)
Mainz	1 800 (1 800)	— (—)	— (—)	— (—)	1,1 (1,1)	— (—)
Neuherberg	60 000 (265 000)	— (—)	— (—)	— (—)	— (—)	— (—)

¹⁾ Die Jahresabgaben von FR 2, FRJ 1 und FRJ 2 sind in den Abgaberaten der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich enthalten (Tabelle 13).

²⁾ Abgabe von 5 m³ Poolwasser im Rahmen des Abbaus des Forschungsreaktors HD I.

Maximale Strahlenexposition ¹⁾ im Jahr 1979 für einzelne Expositionspfade in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft

(in Millirem/Jahr)

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die Strahlenexposition des Ganzkörpers an der ungünstigsten Einwirkungsstelle höchstens 30 Millirem/Jahr betragen.)

Expositionsart	äußere Bestrahlung		innere Bestrahlung	
Expositionspfade	Ganzkörper Erwachsener Gammastrahlung aus Abluftfahne	Ganzkörper Erwachsener Gammastrahlung aus Ablagerung am Boden	Ganzkörper Erwachsener aus gesamter Ingestion und Inhalation ²⁾	Schilddrüse Kleinkind aus gesamter Ingestion und Inhalation ³⁾
Kernkraftwerk				
Kahl	0,1	<0,01	<0,01	0,06
Gundremmingen	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
Lingen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Obrigheim	0,02	0,05	0,03	0,04
Stade	0,03	<0,01	<0,01	0,04
Würgassen	0,8	0,02	0,09	0,7
Biblis A	0,05	<0,01	0,01	2
Biblis B				
Neckarwestheim	0,03	<0,01	0,01	0,2
Brunsbüttel	0,1	0,03	0,03	<0,01
Isar	0,1	<0,01	<0,01	<0,01
Unterweser	0,03	<0,01	<0,01	0,06
Philippsburg	0,1	<0,01	0,02	0,03

¹⁾ Berechnet für ungünstigste Einwirkungsstelle.

²⁾ Berechnet unter der Annahme, daß die Gesamtnahrung an der ungünstigsten Einwirkungsstelle erzeugt wird.

³⁾ Annahme eines Milchverzehrs von 0,8 Liter pro Tag aus dem Hauptbeaufschlagungsgebiet sowie Annahme, daß die Hälfte des Jodes in elementarer Form vorliegt.

Tabelle 17

**Maximale Strahlenexposition und mittlere Strahlenexposition im Jahre 1979
für sämtliche relevanten Expositionspfade in der Umgebung von Kernkraftwerken
durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft
(in Millirem/Jahr)**

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die Strahlenexposition des Ganzkörpers
an der ungünstigsten Einwirkungsstelle höchstens 30 Millirem/Jahr betragen.)

Kernkraftwerk	Maximale Strahlen- exposition des Ganz- körpers Erwachsener über sämtliche relevante Expositionspfade	Mittlere Strahlenexposition des Ganzkörpers Erwachsener für die Bevölkerung im Umkreis von	
		0 bis 3 km	0 bis 20 km
Kahl	0,1	0,004	<0,001
Gundremmingen	0,02	0,001	<0,001
Lingen	<0,01	<0,001	<0,001
Obrigheim	0,1	0,01	0,001
Stade	0,04	0,005	<0,001
Würgassen	0,9	0,04	0,004
Biblis A			
Biblis B	0,07	0,01	0,001
Neckarwestheim	0,04	0,005	<0,001
Brunsbüttel	0,2	0,02	0,002
Isar	0,1	0,01	<0,001
Unterweser	0,03	0,001	<0,001
Philippsburg	0,1	0,007	0,001

Strahlenexposition¹⁾ im Jahre 1979 für einzelne Expositionspfade in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

(in Millirem/Jahr)

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die Strahlenexposition des Ganzkörpers an der ungünstigsten Einwirkungsstelle höchstens 30 Millirem/Jahr betragen.)

Kernkraftwerk	Maximale Strahlenexposition des Ganzkörpers über				Maximale Strahlenexposition der Knochen über			
	Trinkwasser	Fisch	landwirtschaftliche Produkte	Summe (einschließlich Bestrahlung von außen)	Trinkwasser	Fisch	landwirtschaftliche Produkte	Summe (einschließlich Bestrahlung von außen)
Kahl	<0,01	0,06	<0,01	0,06	<0,01	0,1	<0,01	0,2
Gundremmingen .	<0,01	0,1	0,02	0,1	0,07	0,6	0,2	1,2 ²⁾
Lingen	<0,01	0,05	<0,01	0,05	<0,01	0,1	<0,01	0,1
Obrigheim	<0,01	0,04	<0,01	0,06	<0,01	0,04	<0,01	0,1
Stade	<0,01	0,03	<0,01	0,04	<0,01	0,06	<0,01	0,06
Würgassen	<0,01	0,2	<0,01	0,2	<0,01	0,3	0,02	0,3
Biblis A								
Biblis B	<0,01	0,02	<0,01	0,02	<0,01	0,03	<0,01	0,04
Neckarwestheim .	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Brunsbüttel	<0,01	0,5	<0,01	0,5	<0,01	0,7	<0,01	0,7
Isar	<0,01	0,01 ³⁾	<0,01	0,01 ³⁾	<0,01	0,01 ³⁾	<0,01	0,2 ³⁾
Unterweser	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Philippsburg	<0,01	0,01 ³⁾	<0,01	0,01 ³⁾	<0,01	0,3 ³⁾	<0,01	0,3 ³⁾

¹⁾ Für Einzelpersonen werden extreme Verzehrsgewohnheiten (z. B. 39 kg Flußfisch pro Jahr, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird) und Lebensgewohnheiten zugrunde gelegt.

²⁾ Einschließlich Knochendosis durch Abgabe von 68 mCi Nickel 63.

³⁾ Einschließlich Dosis (über Flußfisch) durch Abgabe von Phosphor 32.

Tabelle 19

**Strahlenexposition im Jahre 1979 in der Umgebung von Kernkraftwerken
durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser**
(in Millirem/Jahr)

(Werte des Jahres 1978 in Klammern)

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die Strahlenexposition des Ganzkörpers
an der ungünstigsten Einwirkungsstelle höchstens 30 Millirem/Jahr betragen.)

Kernkraftwerk	Maximale Strahlenexposition des Ganzkörpers für Einzelpersonen ¹⁾		Strahlenexposition des Ganzkörpers für Gruppen aus der Bevölkerung ²⁾	
Kahl	0,06	(0,1)	<0,01	(<0,01)
Gundremmingen	0,1	(0,3)	0,01	(0,02)
Lingen	0,05	(0,4)	<0,01	(<0,01)
Obrigheim	0,06	(0,1)	<0,01	(<0,01)
Stade	0,04	(0,01)	<0,01	(<0,01)
Würgassen	0,2	(0,2)	<0,01	(0,01)
Biblis A	0,02	(0,02)	<0,01	(<0,01)
Biblis B	0,02	(0,02)	<0,01	(<0,01)
Neckarwestheim	0,02	(0,02)	<0,01	(<0,01)
Brunsbüttel	0,5	(0,4)	<0,01	(<0,01)
Isar	0,01	(0,02)	<0,01	(<0,01)
Unterweser	<0,01	(<0,01)	<0,01	(<0,01)
Philippsburg	0,01	(—)	<0,01	(—)

¹⁾ Für Einzelpersonen werden extreme Verzehrsgewohnheiten (z. B. 39 kg Flußfisch pro Jahr, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird) und Lebensgewohnheiten zugrunde gelegt.

²⁾ Für die Bevölkerung werden mittlere Verzehr- und Lebensgewohnheiten zugrunde gelegt.

Tabelle 20

**Strahlenexposition im Jahre 1979 in der Umgebung von Kernforschungszentren
durch die Abgabe von radioaktiven Stoffen mit der Abluft^{1) 2)}**
in Millirem/Jahr

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die Strahlenexposition
des Ganzkörpers an der ungünstigsten Einwirkungsstelle höchstens 30 Millirem/Jahr betragen.)

Kernforschungszentrum	maximale Strahlenexposition durch			Maximale Strahlenexposition des Ganzkörpers Erwachsener über sämtliche Expositionspfade	Mittlere Ganzkörperexposition durch Gamma-Submersion der Bevölkerung im Umkreis von	
	Gamma-Submersion (Ganzkörperdosis)	Ingestion und Inhalation (Ganzkörperdosis)	Ingestion von Radiojod (Schilddrüsendosis Kleinkind)		0 bis 3 km	0 bis 20 km
Kernforschungszentrum Karlsruhe (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	11,1	1,8	1,3	12,9	1,1	0,13
Kernforschungsanlage Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR) .	0,13	0,94	0,1	1,0	<0,05	<0,001

¹⁾ Ortsdosen; entnommen den Jahresberichten 1979 und nach Angaben der Strahlenschutzabteilungen der Kernforschungszentren Karlsruhe und Jülich.

²⁾ Maximale Strahlenexposition über Abwasser 1 Millirem/Jahr.

Tabelle 21

**Strahlenexposition im Jahre 1979 in der Umgebung
der kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe durch die
Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft**
(in Millirem/Jahr)

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die Strahlenexposition
des Ganzkörpers an der ungünstigsten Einwirkungsstelle höchstens
30 Millirem/Jahr betragen.)

Betrieb	Maximale Strahlenexposition durch Inhalation (Lunge – Kleinkind)
ALKEM GmbH (Hanau)	<0,01
NUKEM GmbH (Hanau)	2
Reaktor-Brennelement Union GmbH Werk I (Hanau)	0,5
Werk II (Karlstein)	<0,01
EXXON Nuclear GmbH (Lingen)	<0,01

Tabelle 22

**Strahlenexposition im Jahre 1979 in der Umgebung der kernbrennstoffverarbeitenden Betriebe
durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit Abwasser**
(in Millirem/Jahr)

(Nach der Strahlenschutzverordnung darf die Strahlenexposition
des Ganzkörpers an der ungünstigsten Einwirkungsstelle höchstens 30 Millirem/Jahr betragen.)

Betrieb	Maximale Strahlenexposition des Ganzkörpers für Einzelpersonen über				Strahlenexposition der Bevölkerung (Ganzkörper) Gesamt
	Trinkwasser	Fisch	landw. Produkte	Gesamt	
ALKEM GmbH (Hanau) NUKEM GmbH (Hanau) Reaktor-Brennelement Union GmbH Werk I (Hanau) Werk II (Karlstein)	<0,01	0,05	<0,01	0,06	<0,01

Tabelle 23

**Radioaktive Stoffe enthaltende Industrieerzeugnisse für Wissenschaft, Technik, Landwirtschaft
und private Haushalte**

Warengruppe	Einzelprodukt	Enthaltene Radionuklide	Nutzen
Gas- und Aerosol-Detektoren	Rauch- und Feuermelder	Ra 226, Am 241	Verhinderung von Brandkatastrophen
Antistatika	Diverse Vorrichtungen für Verhinderung von Aufladungen	Ra 226, Am 241	Beseitigung von Unfallgefahren
Vorrichtungen mit Tritiumgasleuchtrohren	Notbeleuchtungen	H 3	
Elektronische Bauteile und elektrotechnische Geräte	Überspannungsableiter	Pm 147	
	Elektronenröhren	Co 60, Cs 137, Kr 85, H 3	Verbesserung der Funktionssicherheit von Geräten, Energieersparnis
Technische Geräte	Prüfstrahler bzw. Eichstrahler	Ir 192, Co 60, Cs 137, Na 22, C 14, Sr 90, Ba 133, Pb 210, Ra 228	Eichen von Strahlungsmeßgeräten, Strahlenschutz
Wissenschaftliche Instrumente	Dicken- und Dichtemeßgeräte	Co 60, Kr 85, Sr 90, Cs 137, Pm 147, Ti 204, Am 241	Ermöglichen bestimmter Leistungen, Technische Hilfsmittel
	Füllstandsmeßgeräte	Co 60, Cs 137	
	Röntgenfluoreszenzanalysengeräte	H 3, Pm 147, Cd 109, Fe 55, Pu 238	Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Instrumenten
	Gaschromatographen	H 3, Ni 63	
	Geräte für Demonstrationzwecke, z. B. in Schulen	Ra 226	Didaktische Hilfsmittel
Geräte, die Leuchtfarben enthalten	Skalen und Zeiger bei Uhren, Kompassen, Luftfahrzeuginstrumenten	H 3, Pm 147	Optische Hilfsmittel zur Erhöhung der Verkehrssicherheit
Glaswaren für den Gerätebau	Optische Gläser, optische Linsen	Th nat	Radioindikatoren zur Überwachung der Herstellung bzw. der Qualität von Produkten
Metallegierungen	Stahl/Thorium-Wolfram/Thorium-Molybdän/Thorium-Magnesium/Thoriumlegierungen	Th nat	
Keramische Gegenstände, Glaswaren	Uranfarben für Kacheln und Porzellane	Natürliches oder abgereichertes Uran	Dekor

Tabelle 24

Organdoszen (mrd) bei häufigen Röntgenuntersuchungen*)

	Hoden	Eierstock	Gebär- mutter	rotes Knochen- mark	Brust	Schild- drüse	Lunge	Magen-, Darmtrakt, Leber, Pancreas
Thorax p/a ¹⁾	—	—	—	20	20	5	90	15
Thorax a/p ²⁾	—	—	—	10	130	10	65	20
Abdomen	20	240	315	30	4	—	4	200
intraven. Pyelogramm	125	1 100	1 450	110	—	—	—	380
Lendenwirbelsäule . . .	40	660	375	385	4	—	4	315
Becken a/p	1 040	230	280	35	1	—	—	60
Becken p/a	220	410	405	180	—	—	—	80
Hüftgelenk	65	115	35	20	—	—	—	5

¹⁾ posterior/anterior²⁾ anterior/posterior

*) Werte resultieren aus Berechnungen und Mittelwerten am Patienten und/oder am Phantom

Tabelle 25

Gesamtübersicht über Herkunft und Mengen der in den Jahren 1975 bis 1978

Abfallbereich	Bruttovolumen und Behälterzahlen der konditionierten, verpackten und an					
	1975			1976		
	Volumen einschließlich Verpackung	prozentualer Anteil am Gesamtvolumen in %	Behälterzahlen*)	Volumen einschließlich Verpackung	prozentualer Anteil am Gesamtvolumen in %	Behälterzahlen*)
1. Bereich Landessammelstellen/Kernforschungszentren						
LSSSt Baden-Württemberg – Kernforschungszentrum Karlsruhe einschließlich der Karlsruher Versuchsreaktoren und der Wiederaufarbeitungsanlage WAK	2 279,6 m ³	45,3	6 747	2 907,4 m ³	57,3	8 020
LSSSt Nordrhein-Westfalen – Kernforschungsanlage Jülich einschließlich der Jülicher Versuchsreaktoren	387,9 m ³	7,7	1 540	332,7 m ³	6,55	1 358
LSSSt Bayern – Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung Neuherberg				187,0 m ³	3,7	923
LSSSt Berlin – Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung, Berlin				77,8 m ³	1,5	335
LSSSt Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein – Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt, Geesthacht	300,1 m ³	6,0	1 414	18,0 m ³	0,35	39
LSSSt Hessen				15,6 m ³	0,3	79
Summe ...	2 967,6 m ³	59,0	9 701	3 538,5 m ³	69,7	10 754
2. Bereich Kernkraftwerke						
Summe ...	1 497,4 m ³	29,8	4 685	1 307,9 m ³	25,8	2 734
3. Bereich Unmittelbar an die Asse abliefernde kerntechnische Institute u. Industrien						
Summe ...	563,0 m ³	11,2	2 778	228,8 m ³	4,5	968
Gesamtsumme ...	5 028,0 m ³	100	17 164	5 075,3 m ³	100	14 456

*) entsprechend den Einlagerungsbedingungen des Versuchsendlagers Asse sind als Behälter zulässig:

- 200-l-Faß
- 400-l-Faß
- Armierte Betonabschirmung mit eingesetztem Metallbehälter (sog. Verlorene Betonabschirmung)

Tabelle 25

in der ASSE eingelagerten schwachradioaktiven Abfälle

die Asse abgelieferten schwachradioaktiven Abfälle in den Jahren					
1977			1978		
Volumen einschließlich Verpackung	prozentualer Anteil am Gesamtvolumen in %	Behälterzahlen*)	Volumen einschließlich Verpackung	prozentualer Anteil am Gesamtvolumen in %	Behälterzahlen*)
4 031,3 m ³	59,2	10 110	7 171,5 m ³	52,4	13 329
338,0 m ³	5,0	1 559	574,7 m ³	4,2	2 363
162,8 m ³	2,4	782	238 m ³	1,8	1 140
99,6 m ³	1,5	413	125,6 m ³	0,9	523
40,8 m ³	0,6	176	98 m ³	0,7	395
5,0 m ³	0,07	23	50,2 m ³	0,4	159
4 677,5 m ³	68,77	13 063	8 258 m ³	60,4	17 909
1 834,4 m ³	26,9	4 769	4 822,7 m ³	35,2	10 618
229,0 m ³	4,4	1 196	602,4 m ³	4,4	2 062
6 810,9 m ³	100	19 028	13 683,1 m ³	100	30 589

Tabelle 26

Übersicht über besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen im Jahre 1979

Datum	Vorkommnis	Ursache	radiologische Folgen	Beurteilung der radiologischen Folgen
3. Januar 1979	Freisetzung radioaktiver Stoffe innerhalb eines Universitätsinstituts	Brand	geringfügige Kontamination des Brandschuttes	10 l Brandschutt mit erhöhter Radioaktivität wurden als radioaktiver Abfall beseitigt; daher keine weiteren Folgen
18. Januar 1979	Freisetzung radioaktiver Stoffe in einem Forschungsinstitut	Explosion eines Äther-Behälters in einem Kühlschrank mit anschließendem Brand	geringfügige Kontamination des Raumes und des Brandschuttes	nach umgehender Dekontamination und Beseitigung des Brandschuttes: keine weiteren Folgen
23. Januar 1979	Unfall eines Lkw mit radioaktiven Stoffen für Nuklearmedizin	Verkehrsunfall	keine, da Verpackungen intakt und keine radioaktiven Stoffe ausgetreten waren	—
25. Januar 1979	Vorübergehender Verlust eines Versandstückes mit radioaktiven Stoffen (Inhalt 2 Prüfstrahler mit Sr-90)	vermutlich Fehlleitung durch falsche Adressierung	keine, da Versandstück unversehrt wieder gefunden	—
Februar 1979	Bei Verarbeitung von radioaktiven Stoffen in der Industrie wurden auf Fingerringdosimeter 120 rem festgestellt	unvorschriftsmäßige Ablage des Dosimeters zusammen mit den Handschuhen neben den radioaktiven Quellen	keine, da nur Dosimeter bestrahlt	—
14. Februar 1979	Beschädigung einer Tritiumgas-Lichtquelle	Unachtsamkeit	geringfügige Inkorporationen bei 3 Personen	keine Folgen, da die Werte der Inkorporationsmessungen an den betroffenen Personen unterhalb der Nachweisgrenze lagen
18. Februar 1979	Inkorporation radioaktiver Stoffe in einem Forschungsinstitut	Freisetzung einiger mCi P-32 während eines Versuchs im Hochvakuum	Kontamination des Personals und des Labors	aufgrund sofortiger Dekontamination keine erhöhte Personendosis. Ausscheidungsmessungen lagen unterhalb der zulässigen Grenze
23. Februar 1979	Fund von radiumhaltigen Leuchtplaketten aus alten US-Army-Beständen	Verstoß gegen Strahlenschutzvorschriften	Hautkontaminationen bei betroffenen Personen	nach Dekontamination konnten Inkorporation und Kontaminationen an den betroffenen Personen nicht nachgewiesen werden
März 1979	Verlust eines umschlossenen Strahlers mit 0,8 mCi Co-60	vermutlich bei Demontagearbeiten in Abfall geraten	wurden nicht festgestellt	—

Datum	Vorkommnis	Ursache	radiologische Folgen	Beurteilung der radiologischen Folgen
7. März 1979	Implosion von 4 Glasampullen mit ca. 20-50 mCi eines Benzol-C-14-Gemisches	Betriebsunfall	Inkorporation bei 2 Mitarbeitern und Kontamination des Labors	die Strahlenexposition der Betroffenen betrug etwa $\frac{1}{10}$ des zulässigen Wertes
April 1979	Bei der Verarbeitung von radioaktiven Stoffen in einem Krankenhaus wurden auf Filmdosimeter 10 rem festgestellt	durch unsachgemäßes Arbeiten Kontamination der Arbeitskleidung und dadurch Strahlenexposition des ständig an der Arbeitskleidung belassenen Dosimeters	Körperdosis unterhalb des Jahresgrenzwertes, da betroffene Kleidung nur während der Arbeitszeit getragen	keine gesundheitlichen Schäden zu erwarten, da Tätigkeit in strahlenexponierten Bereichen eingeschränkt
19. April 1979	Austritt radioaktiven Abwassers aus einem Krankenhaus in eine Baugrube (Gesamtaktivität etwa 4 mCi J-131)	Unachtsamkeit bei Kanalarbeiten	geringfügige Strahlenexpositionen bei den Kanalarbeiten und Kontamination des Erdreichs	Strahlenexpositionen weit unterhalb der Grenzwerte, da größter Teil des ausgetretenen Abwassers ordnungsgemäß beseitigt
Mai 1979	Verlust von 200 μ Ci C-14 aus einem unverschlossenen Kühltank	ungeklärt	nicht festgestellt	wegen der geringen Aktivität ist nicht mit radiologischen Folgen zu rechnen
Mai 1979	Verlust eines umschlossenen Präparats 50 μ Ci Co-57	nicht bekannt	nicht festgestellt	—
12. Mai 1979	Brand in einem Universitäts-Labor	technischer Defekt	keine, da keine radioaktiven Stoffe freigesetzt wurden	—
23. Mai 1979	Ca. 100 l kontaminiertes Wasser (ca. 2 μ Ci/l) drangen ins Erdreich	ungeklärt, vermutlich Fehlbedienung einer Hochdruckpumpe	Oberflächenkontamination des Erdreichs	durch sofort eingeleitete Abtragung des kontaminierten Erdreichs konnte eine Verunreinigung des Grundwassers vermieden werden
25. Mai 1979	Vorübergehender Verlust eines Präparates mit 10 mCi Ra-226 (umschl. radioaktiver Stoff)	Unachtsamkeit	keine, da das Präparat wieder aufgefunden	—
25. Mai 1979	Bei der chemischen Auflösung der Aluminiumhülle einer Kernbrennstoffprobe in einer heißen Zelle wurden radioaktive Edelgase über die Abklinganlage freigesetzt	Abklingzeit war vermutlich zu kurz bemessen	Freisetzung einiger Curie Xenon 133 und 135	Wegen geringer Aktivität sind radiologische Folgen nicht zu befürchten

noch Tabelle 26

Datum	Vorkommnis	Ursache	radiologische Folgen	Beurteilung der radiologischen Folgen
Juni 1979	Verlust eines für ein Betascope benutzten Strahlers (ca. 2 mCi Pm-147)	nicht bekannt, vermutlich sachgemäße Behandlung des Gerätes	nicht festgestellt	—
12. Juni 1979	Strahlenexposition einer Krankenschwester	beruflicher Umgang mit radioaktiven Stoffen	Personendosis von 12 rem	Gesundheitsschädigung nicht zu erwarten, da Beschäftigung außerhalb strahlenexponierter Bereiche angeordnet
24. September 1979	Zwischenfall bei Dekontaminationsarbeiten	Nichtbeachtung der Arbeitsschutzvorschriften	Inkorporation von ca. 10 nCi Plutonium	Überschreitung der zulässigen Jahresaktivitätszufuhr. Das gesundheitliche Risiko wurde durch entsprechende Arbeitsbeschränkungen für die Folgejahre (Reduktion der zulässigen Dosis) berücksichtigt.
Oktober 1979	Verlust des Strahlers einer Meßeinrichtung mit ca. 10 mCi Cs-137 (umschlossener Strahler)	mangelhafte Sicherung	bei mißbräuchlicher Verwendung nicht auszuschließen	der Strahler wurde trotz umfangreicher Nachforschungen und polizeilicher ermittlung nicht aufgefunden
Oktober 1979	Nicht genehmigter Umgang mit radioaktiven Stoffen in einem Krankenhaus	grober Verstoß gegen Bestimmungen der StrlSchV	bisher keine festgestellt	die aus anderen Gründen erfolgte Personendosisüberwachung zeigte keine Überschreitung zulässiger Dosisgrenzwerte
1. Oktober 1979	Fund eines Radium-Trinkbechers	Räumungsarbeiten	nicht festgestellt	—
10. Oktober 1979	Beschädigung einer Tritiumgas-Lichtquelle	Unachtsamkeit bei Reparatur eines optischen Gerätes	geringfügige Inkorporation bei einer Person	keine Folgen, da die Werte der Inkorporationsmessungen bei den betroffenen Personen weniger als 1 % der zulässigen Jahresaktivitätszufuhr betrugen

Datum	Vorkommnis	Ursache	radiologische Folgen	Beurteilung der radiologischen Folgen
November 1979	Unberechtigter Umgang mit ca. 570 mCi Ra-226	Verstoß gegen Strahlenschutzvorschriften	äußere Strahlenbelastung bei 2 Personen	da weder äußere Kontamination noch Inkorporation nachgewiesen werden konnte und die ärztlichen Untersuchungen ohne Befund verliefen, ist mit gesundheitlichen Schäden nicht zu rechnen
November 1979	Bei Verwendung radioaktiver Stoffe in der Industrie wurden auf Filmdosimeter 49 rem festgestellt	unvorschriftsmäßiges Betreten eines Sperrbereiches und gleichzeitiges Versagen der technischen Schutzvorkehrungen	da aus Aufenthaltsdauer und Dosisleistung 4,3 rem abgeschätzt wurden und Chromosomen-Aberrationsanalyse keinen Befund ergab, wurde als Körperdosis 10 % der festgestellten Dosis angerechnet	keine gesundheitlichen Schäden zu erwarten, da Tätigkeit in strahlenexponierten Bereichen eingeschränkt
November 1979	Verlust eines Füllstandsmeßgerätes mit 45 mCi-Am-241 (umschlossener Strahler)	vermutlich Mängel in der Aufsicht durch Verwender	aufgrund der Umschließung des Strahlers und der Kennzeichnung des Gerätes ist mit radiologischen Folgen nicht zu rechnen	—
Dezember 1979	Bei der Verwendung radioaktiver Stoffe in der Industrie wurden auf Filmdosimeter 42 rem festgestellt	bei Arbeiten an einem Flächengewichtsmeßgerät fiel das Dosimeter in den Meßspalt des Gerätes	keine, da nur Dosimeter bestrahlt	—
6. Dezember 1979	Explosion einer Versuchsanlage in einem Laboratorium für nuklearmedizinische Anwendung	Betriebsunfall	Kontamination des Labors, Auswirkungen auf die Umgebung konnten nicht nachgewiesen werden, Personen wurden nicht betroffen	—
11. Dezember 1979	Brand in der Handschuhbox der Versuchseinrichtung in einer Dekontaminationsanlage	Betriebsstörung	keine, da eine Freisetzung radioaktiver Stoffe nicht erfolgt ist	—
14. Dezember 1979	Kontamination einer med.-techn. Assistentin mit Technetium im Kopfbereich	unsachgemäßes Applizieren	keine, da sofort dekontaminiert wurde	—

Tabelle 27

Durchführungsrichtlinien zur Strahlenschutzverordnung

1. Merkposten zu Antragsunterlagen in den Genehmigungsverfahren für Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen vom 19. Januar 1978 (GMBL. 1978, Seite 51)
2. Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken vom 10. Mai 1978 (GMBL. 1978, Seite 313)
3. Genehmigung gemäß § 8 Abs. 1 StrlSchV zur Beförderung radioaktiver Stoffe für Durchstrahlungsprüfungen im Rahmen der zerstörungsfreien Materialprüfung vom 29. Mai 1978 (GMBL. 1978, Seite 334)
4. Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle (§§ 62 und 63 StrlSchV) vom 5. Juni 1978 (GMBL. 1978, Seite 348)
5. Genehmigungen gemäß § 3 Abs. 1 StrlSchV zur ortsveränderlichen Verwendung und Lagerung umschlossener radioaktiver Stoffe für Durchstrahlungsprüfungen im Rahmen der zerstörungsfreien Materialprüfung vom 23. Juni 1978 (GMBL. 1978, Seite 371)
6. Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei der Durchführung von Instandsetzungsarbeiten in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktor: Die während der Planung der Anlage zu treffende Vorsorge vom 10. Juli 1978 (GMBL. 1978, Seite 418)
7. Genehmigungen gemäß § 20a Strahlenschutzverordnung vom 18. Juni 1978 (GMBL. 1978, Seite 426)
8. Richtlinie für die Bauartzulassung von Ionisationsrauchmeldern (IRM) vom 31. Oktober 1978 (GMBL. 1978, Seite 618)
9. Grundsätze für die ärztliche Überwachung von beruflich strahlenexponierten Personen (Schriftenreihe des Bundesministers des Innern, Band 9. 1978)
10. Genehmigungen gem. § 3 Abs. 1 StrlSchV oder § 6 AtG für die Zwischenlagerung von angereichertem bzw. natürlichem und angereichertem Uran in Form von Uranhexafluorid (UF_6) vom 15. Februar 1979 (GMBL. 1979, Seite 91)
11. Richtlinien über Prüffristen bei Dichtheitsprüfungen an verschlossenen radioaktiven Stoffen vom 23. März 1979 (GMBL. 1979, Seite 120)
12. Anforderungen an die nach Länderrecht zuständige Meßstelle nach § 63 Abs. 3 Satz 1 StrlSchV und § 40 Abs. 2 Seite 4 RöV vom 3. Juli 1979 (GMBL. 1979, Seite 441)
13. Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer (Richtlinie zu § 45 StrlSchV) vom 15. August 1979 (GMBL. 1979, Seite 371)
14. Auslegung des § 4 Abs. 4 Satz 1 Nr. 2e StrlSchV vom 20. September 1979 (GMBL. 1979, Seite 631)
15. Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (GMBL. 1979, Seite 668)
16. Richtlinie für den Strahlenschutz bei Verwendung radioaktiver Stoffe und beim Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen und Bestrahlungseinrichtungen mit radioaktiven Quellen in der Medizin (Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin) vom 18. Oktober 1979 (GMBL. 1979, Seite 638)
17. Vereinbarung über die Anwendung der Richtlinie für die Bauartzulassung von Ionisationsrauchmeldern (IRM) vom 21. Februar 1980 (GMBL. 1980, Seite 187)
18. Rahmenempfehlung für die Fernüberwachung von Kernkraftwerken vom 6. Oktober 1980 (GMBL. 1980, Seite 577)
19. Rahmenrichtlinie zu Überprüfungen nach § 76 StrlSchV vom 4. Dezember 1980 (GMBL. 1981, Seite 26)