

1. Radioaktive Stoffe aus kerntechnischen Anlagen (*Radioactive substances from nuclear facilities*)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenhygiene, Oberschleißheim, Fachbereich Angewandter Strahlenschutz, Berlin, und von der Eigenüberwachung Endlager Morsleben, Salzgitter

1.1 Allgemeine Angaben über kerntechnische Anlagen (*General data on nuclear facilities*)

In der Bundesrepublik Deutschland bestanden im Jahr 2001 folgende kerntechnische Anlagen:

- 19 Atomkraftwerke (Tabelle 1.1-1) mit einer elektrischen Bruttoleistung von insgesamt 22.365 MW, einer Gesamtstromerzeugung von 171 TWh und einem Anteil von 30% an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung und von rund 33% an der Stromerzeugung der öffentlichen Versorgung im Jahr 2001. Das Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich war 2001 infolge Gerichtsbeschlusses abgeschaltet; die Stilllegung wurde am 12.6.2001 beantragt. Die Kernkraftwerke Kahl, MZFR Karlsruhe, Rheinsberg, Gundremmingen A, AVR Jülich, Lingen, KNK Karlsruhe, Würgassen, Greifswald und Hamm-Uentrop haben den Betrieb in den vergangenen Jahren beendet.
- 4 Forschungsreaktoren (Tabelle 1.1-2) mit einer thermischen Leistung von insgesamt 38 MW.
- 4 Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe: NUKEM GmbH, SIEMENS AG Brennelementewerk Hanau: Betriebsteil MOX-Verarbeitung und Betriebsteil Uran-Verarbeitung, ADVANCED NUCLEAR FUELS GmbH (ANF) Brennelement-Fertigungsanlage Lingen und URENCO D Urananreicherungsanlage Gronau. Die Betriebe NUKEM GmbH und SIEMENS AG haben die Brennelementproduktion eingestellt.
- 6 Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente: Zwischenlager Greifswald, Transportbehälterlager Ahaus, AVR-Behälterlager Jülich, Transportbehälterlager Gorleben, Zwischenlager im Atomkraftwerk Obrigheim und Zwischenlager Nord bei Greifswald.
- 2 Interimslager: Neckarwestheim (maximal 24 Behälter Castor V/19) und Philippsburg (maximal 12 Behälter Castor V/19). Als drittem Interimslager wurde am 20.12.2001 Biblis (maximal 28 Behälter Castor V/19) die Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen erteilt.
- Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) hat im Jahr 2001 keine radioaktiven Abfälle zur Endlagerung angenommen (Tabelle 1.1-3).

Für die Ableitung radioaktiver Stoffe und die daraus resultierende Strahlenexposition der Bevölkerung gelten die Vorschriften der Strahlenschutzverordnung. Die Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe ist in § 47 der am 1. August 2001 in Kraft getretenen neuen Strahlenschutzverordnung geregelt. Für die Planung, die Errichtung, den Betrieb, die Stilllegung, den sicheren Einschluss und den Abbau von Anlagen oder Einrichtungen sind hier Grenzwerte für die durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft und Wasser aus diesen Anlagen oder Einrichtungen jeweils bedingte Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung im Kalenderjahr festgelegt. Diese Dosisgrenzwerte wurden unverändert aus der alten Strahlenschutzverordnung übernommen; für die effektive Dosis beispielsweise beträgt der Grenzwert weiterhin 0,3 Millisievert, für die Schilddrüsendosis 0,9 Millisievert pro Jahr.

Bei kerntechnischen Anlagen werden von der zuständigen Aufsichtsbehörde im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren zusätzlich Höchstwerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser festgelegt. In einem radioökologischen Gutachten ist dabei nachzuweisen, dass auch bei voller Ausschöpfung dieser Genehmigungswerte die Dosisgrenzwerte nach § 47 StrlSchV nicht überschritten werden. Darüber hinaus besteht nach § 6 StrlSchV die Verpflichtung, jede Strahlenexposition auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.

Die Ableitungen aus Anlagen oder Einrichtungen sind nach § 48 StrlSchV zu überwachen und nach Art und Aktivität spezifiziert der zuständigen Aufsichtsbehörde mindestens jährlich mitzuteilen. Die Anforderungen der Emissions- und Immissionsüberwachung sind in der "Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen" (REI) aufgeführt. Ziel dieser Richtlinie ist es, eine Beurteilung der aus der

Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser resultierenden Strahlenexposition des Menschen zu ermöglichen und die Kontrolle der Einhaltung der Emissions- und Dosisgrenzwerte zu gewährleisten.

Die im Rahmen der Emissionsüberwachung bei Kernkraftwerken erforderlichen Messungen, die Dokumentation der Messergebnisse und die Berichterstattung an die jeweils zuständige Aufsichtsbehörde sind gemäß den sicherheitstechnischen Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) 1503.1 (Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßigem Betrieb) und 1504 (Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser) durchzuführen. Die Überwachung der Emissionen der Forschungsreaktoren erfolgt gemäß der KTA-Regel 1507 (Überwachung der Ableitungen radioaktiver Stoffe bei Forschungsreaktoren).

Die Messprogramme gliedern sich in die Teile "Überwachungs- und Bilanzierungsmessungen des Betreibers" und "Kontrolle der Bilanzierungsmessungen des Betreibers durch einen unabhängigen Sachverständigen". Dabei hat der Betreiber einer kerntechnischen Anlage sämtliche Ableitungen von Radionukliden zu erfassen und zu bilanzieren, um eine Grundlage für die Beurteilung der Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage zu schaffen. Die von den Betreibern vorzunehmenden Messungen werden durch Kontrollmessungen behördlich eingeschalteter Sachverständiger (Landesmessstellen, Bundesamt für Strahlenschutz) entsprechend der Richtlinie zur "Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken" überprüft. Betreiber und Sachverständige sind gehalten, zur internen Kontrolle der Messqualität an vom Bundesamt für Strahlenschutz in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt durchgeführten Ringvergleichen teilzunehmen.

Die Überwachung der Emissionen wird ergänzt durch die Überwachung der Immissionen in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Auch bei der Umgebungsüberwachung ist ein Messprogramm vom Betreiber der Anlage und ein ergänzendes und kontrollierendes Programm von unabhängigen Messstellen durchzuführen. Diese Überwachungsprogramme sind für die jeweilige kerntechnische Anlage unter Berücksichtigung örtlicher und anlagenspezifischer Gegebenheiten zu erstellen. Für die Beurteilung der Immissionsverhältnisse in der Umgebung von Kernkraftwerken sind die für die Ausbreitung radioaktiver Stoffe bedeutsamen meteorologischen Einflussgrößen gemäß der KTA-Regel 1508 (Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre) zu messen und zu registrieren. Die Ergebnisse der Immissionsüberwachung dienen der Beweissicherung, der Beurteilung der Einhaltung der Dosisgrenzwerte im bestimmungsgemäßem Betrieb sowie zur Beurteilung von Störfallauswirkungen.

Über diese Überwachungsprogramme hinaus versetzt die Einrichtung von Kernreaktor-Fernüberwachungssystemen die Aufsichtsbehörde in die Lage, sicherheitsrelevante Betriebs-, Emissions- und Immissionsdaten laufend zu kontrollieren und sich auf diese Weise von der Einhaltung der den Strahlenschutz betreffenden rechtlichen Verpflichtungen der Betreiber zu überzeugen.

Die bilanzierten Jahreswerte der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser der Kernkraftwerke, der Forschungszentren Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht und des Hahn-Meitner-Instituts Berlin, sowie der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe, der Forschungsreaktoren und des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben für das Jahr 2001 sind in den Abschnitten 1.2 und 1.3 getrennt nach Abluft und Abwasser angegeben. In den Ableitungen der Forschungszentren sind die Emissionen der dort betriebenen Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren enthalten. Aus den für 2001 ermittelten Ableitungswerten geht hervor, dass die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die jährlichen Emissionen in allen Fällen eingehalten wurden.

Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen berechneten Werte der Strahlenexposition der Bevölkerung sind in Abschnitt 1.5 zusammengefasst. Weiterhin wird der Beitrag ausländischer kerntechnischer Anlagen zur Strahlenexposition der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt. Im benachbarten Ausland waren 2001 in Grenznähe bis zu einer Entfernung von 30 km zur deutschen Grenze die in Tabelle 1.1-4 aufgeführten kerntechnischen Anlagen in Betrieb. Das Kernkraftwerk Mühleberg in der Schweiz wird trotz seiner großen Entfernung zur Grenze ebenfalls aufgeführt, weil es im Einzugsgebiet des Rheins liegt. Über die jährlichen Emissionsraten kerntechnischer Anlagen in EU-Ländern informiert die Kommission der Europäischen Union in den Berichten "Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing plants in the European Community". Die jährlichen Emissionen der schweizer Anlagen werden in den Jahresberichten "Umwelt-radioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz" des Bundesamtes für Gesundheit, Bern, veröffentlicht.

Tabelle 1.1-1 Atomkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland
(Nuclear power plants in the Federal Republic of Germany)
 (Stand 31.12.2001)

Kernkraftwerk/Standort	Typ a)	elektr. Bruttoleistung (MW)	Bruttostromerzeugung 2001 (MWa)	Beginn/Ende des nuklearen Betriebes	Vorfluter
Versuchsatomkraftwerk Kahl	SWR	16	0	1960/1985	Main
MZFR Karlsruhe	D ₂ O-DWR	58	0	1965/1984	Rhein
Kernkraftwerk Rheinsberg	WWER	70	0	1966/1990	Stechlinsee
Kernkraftwerk Gundremmingen A	SWR	252	0	1966/1977	Donau
Versuchsatomkraftwerk AVR Jülich	HTR	15	0	1966/1988	Rur/Maas
Kernkraftwerk Lingen	SWR	268	0	1968/1977	Ems
Kernkraftwerk Obrigheim	DWR	357	337	1968	Neckar
Kernreaktoranlage KNK Karlsruhe	NaR	20	0	1971/1991	Rhein
Kernkraftwerk Würgassen	SWR	670	0	1971/1994	Weser
Kernkraftwerk Stade	DWR	672	519	1972	Elbe
Kernkraftwerk Greifswald 1 - 5	WWER	je 440	0	1973/1990	Ostsee
Kernkraftwerk Biblis A	DWR	1225	1152	1974	Rhein
Kernkraftwerk Biblis B	DWR	1300	900	1976	Rhein
Kernkraftwerk Neckarwestheim 1	DWR	840	736	1976	Neckar
Kernkraftwerk Brunsbüttel	SWR	806	686	1976	Elbe
Kernkraftwerk Isar 1	SWR	912	701	1977	Isar
Kernkraftwerk Unterweser	DWR	1410	1279	1978	Weser
Kernkraftwerk Philippsburg 1	SWR	926	832	1979	Rhein
Kernkraftwerk Grafenrheinfeld	DWR	1345	1273	1981	Main
Kernkraftwerk Krümmel	SWR	1316	969	1983	Elbe
Kernkraftwerk Hamm-Uentrop	HTR	307	0	1983/1988	Lippe
Kernkraftwerk Gundremmingen B	SWR	1344	1231	1984	Donau
Kernkraftwerk Grohnde	DWR	1430	1320	1984	Weser
Kernkraftwerk Gundremmingen C	SWR	1344	1178	1984	Donau
Kernkraftwerk Philippsburg 2	DWR	1458	1084	1984	Rhein
Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich b)	DWR	1302	0	1986	Rhein
Kernkraftwerk Brokdorf	DWR	1440	1346	1986	Elbe
Kernkraftwerk Isar 2	DWR	1475	1415	1988	Isar
Kernkraftwerk Emsland	DWR	1400	1316	1988	Ems
Kernkraftwerk Neckarwestheim 2	DWR	1365	1275	1988	Neckar

- a) SWR = Leichtwasser-Siedewasserreaktor; DWR = Leichtwasser-Druckwasserreaktor; D₂O-DWR = Schwerwasser-Druckwasserreaktor; HTR = gasgekühlter Hochtemperaturreaktor; NaR = natriumgekühlter Reaktor; WWER = Leichtwasser-Druckwasserreaktor sowjetischer Bauart
- b) 2001 nicht in Betrieb

Tabelle 1.1-2 Forschungsreaktoren (ausgenommen Nullleistungsreaktoren) in der Bundesrepublik Deutschland
(Research reactors - not including reactors with zero output - in the Federal Republic of Germany)

Standort	Betreiber	Bezeichnung des Reaktors	therm. Leistung a) (MW)	Beginn-/Ende des nuklearen Betriebes
Garching	Technische Universität München	FRM	4	1957/2000
Rosendorf	Forschungszentrum Rosendorf e.V.	RFR	10	1957/1991
Geesthacht	GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH	FRG 1	5	1958
		FRG 2	15	1963/1993
Karlsruhe	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	FR 2	44	1961/1981
Jülich	Forschungszentrum Jülich GmbH	FRJ 1	10	1962/1985
		FRJ 2	23	1962
Mainz	Johannes Gutenberg-Universität	FRMZ	0,1	1965
Braunschweig	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	FMRB	1	1967/1995
Neuherberg	GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH	FRN	1	1972/1982
Hannover	Medizinische Hochschule	FRH	0,25	1973/1996
Berlin	Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH	BER II	10	1973
Heidelberg	Deutsches Krebsforschungszentrum	HD II	0,25	1978/1999

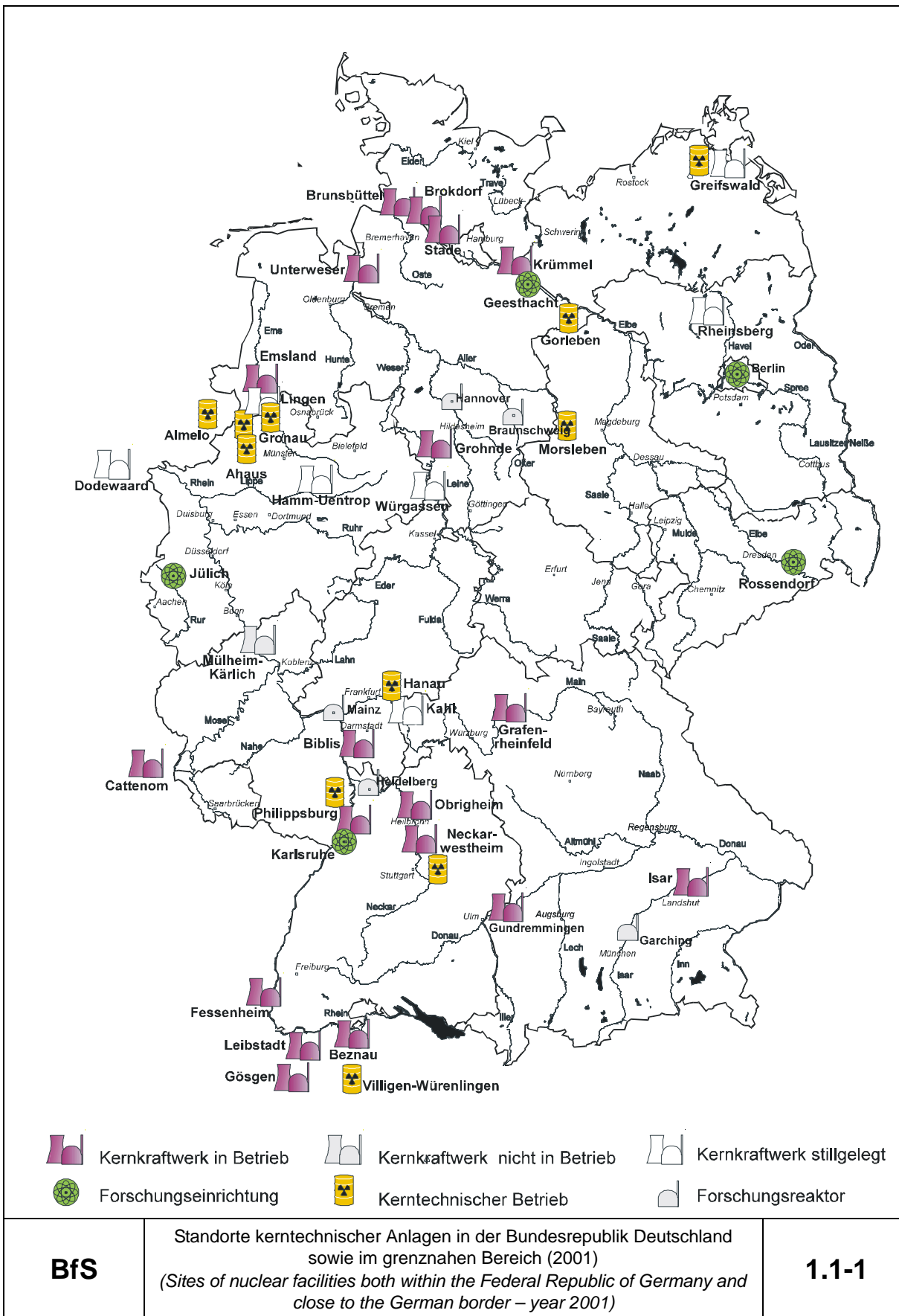
Tabelle 1.1-3 Endlager für radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland
(Ultimate disposal facilities for radioactive wastes in the Federal Republic of Germany)

Standort	Betreiber	Bezeichnung	Beginn des Betriebes	Inventar
Morsleben	Bundesamt für Strahlenschutz	ERAM	1971	36752 m ³ /3,8 E14 Bq

Unter Berücksichtigung des Abklingverhaltens seit Beginn der Einlagerung ergibt sich für die Gesamtaktivität ein Wert von 1,4 E14 Bq.

Tabelle 1.1-4 Grenznahe kerntechnische Anlagen im benachbarten Ausland
(Nuclear facilities in neighbouring countries located close to the German border)

Land	Anlage/Standort	Entfernung zur deutschen Grenze
Schweiz	Kernkraftwerk Beznau (2 Blöcke)	ca. 6 km
	Paul Scherrer Institut Villigen/Würenlingen	ca. 7 km
	Kernkraftwerk Mühleberg	ca. 70 km
	Kernkraftwerk Gösgen-Däniken	ca. 20 km
	Kernkraftwerk Leibstadt	ca. 0,5 km
Frankreich	Kernkraftwerk Fessenheim (2 Blöcke)	ca. 1,5 km
	Kernkraftwerk Cattenom (4 Blöcke)	ca. 12 km
Niederlande	Kernkraftwerk Dodewaard (Betrieb beendet)	ca. 20 km
	Urananreicherungsanlage Almelo	ca. 15 km



1.2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft kerntechnischer Anlagen (Discharges of radioactive substances with exhaust air from nuclear facilities)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenhygiene, Oberschleißheim

Die nuklidspezifisch nachgewiesenen Aktivitätsableitungen werden vom Betreiber vierteljährlich und jährlich dokumentiert und an die zuständige Aufsichtsbehörde übermittelt. Aus der lückenlosen Bilanzierung der Ableitungen radioaktiver Stoffe wird die Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen ermittelt und die Einhaltung der Dosisgrenzwerte des § 47 StrlSchV überprüft. Auf die Bestimmung der Strahlenexposition aus den Emissionsdaten muss deshalb zurückgegriffen werden, weil die Aktivitätskonzentrationen der aus kerntechnischen Anlagen abgeleiteten Radionuklide in den Umweltmedien Luft und Wasser und in Nahrungsmitteln im Allgemeinen so gering sind, dass sie messtechnisch nicht nachgewiesen werden können. Die Aktivitätsableitungen sind dagegen genügend genau erfassbar (Tabellen 1.2-1 bis 1.2-8).

Die bilanzierten Jahreswerte der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft der Kernkraftwerke im Jahr 2001 sind in Tabelle 1.2-1 für die Nuklidgruppen radioaktive Edelgase und Aerosole (Halbwertszeit > 8 Tage), sowie für die Radionuklide Jod-131, Kohlenstoff-14 ($^{14}\text{CO}_2$ -Anteil) und Tritium aufgeführt. Die Jahresableitungen von MZFR, KNK und AVR sind in den Ableitungswerten der Forschungszentren Karlsruhe und Jülich enthalten (Tabelle 1.2-5). Die einzelnen in einer Nuklidgruppe zusammengefassten Radionuklide zeigen entsprechend ihrer chemisch-physikalischen Natur in den Umweltmedien und im menschlichen Körper unterschiedliches Verhalten. Daher ist für die Berechnung der Strahlendosis die Kenntnis der Zusammensetzung des abgeleiteten Nuklidgemisches erforderlich. Die auf Grund von Einzelnuklidmessungen ermittelte Zusammensetzung der 2001 abgeleiteten Edelgase ist aus Tabelle 1.2-2 zu ersehen. Tabelle 1.2-3 enthält die Zusammensetzung der aerosolgebundenen Radionuklide einschließlich der β -Strahler Strontium-89 und -90 sowie der α -Strahler Plutonium-238, -239, -240, Americium-241, Curium-242 und -244.

Tabelle 1.2-4 zeigt die zeitliche Entwicklung der jährlichen Gesamtemissionsraten für Edelgase und I-131 mit der Abluft der Kernkraftwerke (ohne Forschungszentren) in den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland. Die Summe der Jahresableitungen radioaktiver Edelgase war 2001 mit $1,5 \cdot 10^{13}$ Becquerel niedriger als 2000 mit $2,6 \cdot 10^{13}$ Becquerel. Die Gesamtableitung an I-131 lag 2001 mit $2,8 \cdot 10^8$ Becquerel über dem Vorjahreswert von $2,2 \cdot 10^8$ Becquerel. Diese jährlichen Schwankungen sind abhängig von den Betriebsbedingungen der Kernkraftwerke.

In Tabelle 1.2-5 sind die Angaben über die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus den Forschungszentren Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht und dem Hahn-Meitner-Institut Berlin im Jahr 2001 zusammengefasst. Die Ableitungen radioaktiver Stoffe aus den übrigen Forschungsreaktoren sind in Tabelle 1.2-6 angegeben.

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus dem Endlager Morsleben ist in Tabelle 1.2-7 zusammengestellt. Am Schacht Bartensleben werden jährlich etwa 1 Milliarde m^3 Abwetter aus dem untertägigen Kontrollbereich abgegeben. Die Ableitungswerte für radioaktive Stoffe liegen z. T. um Größenordnungen unterhalb der genehmigten Werte.

Bei den Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben werden die mit der Abluft emittierten α -strahlenden Aerosole ermittelt (Tabelle 1.2-8). Die abgeleitete α -Aktivität lag 2001 mit insgesamt $7,1 \cdot 10^5$ Becquerel niedriger als 2000 mit $7,9 \cdot 10^5$ Becquerel.

Die für das Jahr 2001 ermittelten Werte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus kerntechnischen Anlagen entsprechen in der Summe etwa den Werten der vorhergehenden Jahre, wenn auch Einzelwerte je nach den betrieblichen Bedingungen erheblich voneinander abweichen können; sie unterschreiten im Allgemeinen deutlich die jeweiligen Genehmigungswerte, wie beispielsweise für Kernkraftwerke der Vergleich zwischen den Werten der Tabelle 1.2-1 und üblichen Genehmigungswerten von ca. 10^{15} Becquerel für Edelgase, ca. $3 \cdot 10^{10}$ Bq für Aerosole und ca. 10^{10} Bq für I-131 zeigt.

Die im Rahmen der Emissionsüberwachung ermittelten jährlichen Ableitungen radioaktiver Stoffe dienen als Grundlage für die Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen. Maß des Strahlenrisikos ist nicht die abgeleitete Aktivität, sondern die effektive Dosis (Anhang, Abschnitt 1). Die aus den Jahresableitungen unter Berücksichtigung von meteorologischen, ökologischen und biologischen Parametern berechneten Jahresdosen sind in Kapitel 1.5 angegeben.

Tabelle 1.2-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2001
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from nuclear power plants in the year 2001)

Kernkraftwerk	Edelgase (Bq)	Aerosole ^{a)} (Bq)	Jod-131 (Bq)	¹⁴ CO ₂ (Bq)	Tritium (Bq)
Kahl b)	-	1,0 E05	-	-	-
Rheinsberg c)	nn	4,7 E05	-	-	nn
Gundremmingen A d)	-	6,6 E04	-	-	2,5 E09
Lingen d)	-	3,5 E03	-	3,9 E08	1,3 E08
Obrigheim	2,9 E11	2,3 E06	8,2 E04	7,6 E09	9,8 E10
Stade	1,6 E12	1,6 E06	8,7 E05	2,3 E10	7,3 E11
Würgassen e)	-	4,8 E06	-	1,4 E09	1,4 E10
Greifswald c)	-	2,3 E07	-	-	3,3 E08
Biblis A	5,6 E11	1,4 E06	5,5 E05	1,2 E10	1,5 E11
Biblis B	2,3 E12	3,2 E05	6,7 E07	3,4 E10	2,1 E11
Neckar 1	5,0 E11	2,1 E06	4,2 E05	6,6 E09	1,2 E11
Brunsbüttel	1,3 E12	8,2 E06	1,3 E06	3,2 E11	8,3 E10
Isar 1	2,0 E12	nn	1,7 E07	2,4 E11	9,1 E10
Unterweser	3,0 E12	8,7 E05	1,0 E06	6,0 E10	3,1 E11
Philippsburg 1	1,4 E11	1,2 E07	1,1 E07	5,3 E11	4,8 E10
Grafenrheinfeld	7,1 E10	1,9 E06	nn	5,0 E10	3,2 E11
Krümml	5,8 E11	1,4 E07	1,8 E08	2,5 E11	4,1 E10
Gundremmingen B und C	7,0 E11	nn	1,2 E06	1,5 E12	9,9 E11
Grohnde	1,6 E11	nn	5,0 E04	1,9 E10	3,8 E11
Hamm-Uentrop f)	-	nn	-	nn	3,2 E08
Philippsburg 2	4,0 E11	2,9 E05	4,4 E04	8,7 E10	3,0 E11
Mülheim-Kärlich g)	nn	nn	nn	nn	1,9 E09
Brokdorf	7,5 E11	1,8 E05	nn	8,0 E10	3,6 E11
Isar 2	3,3 E11	nn	nn	2,7 E10	3,0 E11
Emsland	1,4 E11	3,0 E05	nn	1,4 E11	1,5 E12
Neckar 2	2,9 E11	8,7 E04	nn	1,2 E11	1,4 E11

a) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne Jod-131, einschließlich Strontium und Alphastrahler

b) Betrieb beendet 1985

c) Betrieb beendet 1990

d) Betrieb beendet 1977

e) Betrieb beendet 1994

f) Betrieb beendet 1988

g) 2001 nicht in Betrieb

nn: nicht nachgewiesen (Aktivitätsableitung unter Nachweisgrenze)

Tabelle 1.2-2 Ableitung radioaktiver Edelgase mit der Abluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2001
(Discharges of radioactive noble gases with exhaust air from nuclear power plants in the year 2001)

Radio-nuklid	Kahl / Rheins-berg	Gund-remmin-gen A / Lingen	Obrig-heim	Würgas-sen	Stade	Greifs-wald	Biblis A	Biblis B
	Aktivität in Bq							
Ar-41			6,1E10		1,3 E12		6,6 E10	4,1 E10
Kr-85m							4,6 E07	1,1 E10
Kr-85							3,8 E11	6,8 E11
Kr-87							5,7 E07	3,5 E09
Kr-88							3,4 E07	1,2 E10
Kr-89							2,8 E08	
Xe-131m							1,0 E11	1,1 E11
Xe-33m							1,2 E09	1,9 E10
Xe-33			1,8 E11		6,1 E10		2,7 E09	1,2 E12
Xe-35m							2,0 E08	4,5 E09
Xe-35			4,5 E10		2,5 E11		6,2 E09	1,7 E11
Xe-37								3,4 E07
Xe-38							3,3 E08	

Radio-nuklid	Neckar 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unter-weser	Philipps-burg 1	Grafen-rheinfeld	Krümmel	Gund-remmin-gen B, C
	Aktivität in Bq							
Ar-41	4,4 E11		1,1 E09	1,7 E11	8,5 E07	7,1 E10		2,2 E11
Kr-85m	2,0 E08		8,5 E09				3,3 E08	1,5 E09
Kr-85		1,0 E11	2,6 E11	7,7 E10	1,6 E10		1,8 E11	2,3 E11
Kr-87			5,4 E08		3,9 E08			1,8 E08
Kr-88			3,7 E10		5,5 E08			
Kr-89			1,0 E08					
Xe-131m			3,3 E10				1,4 E09	1,7 E11
Xe-33m	2,0 E09		2,6 E10				5,3 E09	1,2 E08
Xe-33	2,9 E10	4,8 E10	1,4 E12	8,6 E11	1,7 E10		2,4 E11	4,4 E10
Xe-35m	5,0 E08		5,6 E10		5,5 E10		3,6 E10	6,1 E09
Xe-35	3,1 E10	1,2 E12	2,1 E11	1,9 E12	5,0 E10		1,1 E11	1,7 E10
Xe-37			1,2 E10					1,7 E09
Xe-38			5,4 E09		7,6 E08			

Radio-nuklid	Grohnde	Hamm-Uentrop	Philipps-burg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar 2
	Aktivität in Bq							
Ar-41			1,3 E11		1,3 E11	9,0 E10	1,4 E11	8,1 E10
Kr-85m			3,9 E08		5,1 E08	7,8 E07		
Kr-85			1,3 E11			2,0 E11		1,4 E11
Kr-87						1,9 E08		3,4 E08
Kr-88						1,2 E08		6,0 E08
Kr-89						2,9 E08		
Xe-131m			3,8 E09			2,3 E10		5,5 E10
Xe-33m			3,1 E09			1,3 E09		9,3 E08
Xe-33	1,2 E11		1,2 E11		5,8 E11	1,6 E10		4,4 E09
Xe-35m			2,0 E08			1,1 E07		5,7 E07
Xe-35	3,7 E10		2,4 E10		4,2 E10	2,5 E09	1,2 E08	1,9 E09
Xe-37						7,1 E08		5,5 E08
Xe-38						2,0 E08		

Wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze oder die Messung war nicht erforderlich

Tabelle 1.2-3 Ableitung radioaktiver Aerosole mit der Abluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2001 in Becquerel (Jod-131: Tabelle 1.2-1)
(Discharges of radioactive aerosols with exhaust air from nuclear power plants in the year 2001, expressed in becquerel - iodine-131: Table 1)

Radio-nuklid	Kahl	Rheins-berg	Gund-remmin-gen A	Lingen	Obrig-heim	Wür-gassen	Stade	Greifs-wald	Biblis A
Aktivität in Bq									
Cr-51									
Mn-54							2,3 E04		
Fe-59									
Co-57									
Co-58					7,8 E04		3,2 E05		
Co-60	4,4 E04	2,1 E05	6,6 E04	8,4 E02	2,2 E06	3,0 E06	1,0 E06	1,6 E07	2,6 E04
Zn-65									
Sr-89									
Sr-90	5,8 E02	4,8 E04							
Zr-95									
Nb-95							2,4 E04		
Ru-103									
Ru-106									
Ag-110m					3,0 E04	8,0 E03	7,0 E04		
Sn-113									
Sb-124							9,6 E04		4,6 E04
Sb-125									
Te-123m									1,3 E06
Cs-134					2,9 E03				
Cs-137	5,9 E04	2,0 E05		2,7 E03	1,5 E04	1,8 E06	9,2 E04	7,3 E06	
Ba-140									
La-140									
Ce-141									
Ce-144									
Eu-152		6,6 E03							
Eu-154									
Pu-238/ Am-241									
Pu-239/ Pu-240									
Pu-241									
Cm-242									
Cm-244									

Wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze oder die Messung war nicht erforderlich

Fortsetzung Tabelle 1.2-3

Radio- nuklid	Biblis B	Neckar 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unterwaser	Philippsburg 1	Grafenrheinfeld	Krüm- mel	Gundremmingen B,C
	Aktivität in Bq								
Cr-51		3,3 E05	6,0 E05			1,3 E06			
Mn-54		1,6 E04	1,6 E06			7,7 E05		1,1 E06	
Fe-59		2,8 E04	2,0 E05			2,1 E04		2,0 E04	
Co-57									
Co-58		8,7 E04	7,4 E05			1,4 E05	1,4 E04	2,5 E04	
Co-60	7,0 E04	7,3 E05	3,8 E06		6,9 E05	3,4 E06	1,9 E06	7,4 E06	
Zn-65			2,8 E05			5,5 E06		1,4 E06	
Sr-89			2,4 E05			1,2 E05		1,3 E06	
Sr-90								4,0 E04	
Zr-95		1,4 E05							
Nb-95		2,4 E05				8,6 E03	1,3 E04		
Ru-103							2,9 E03		
Ru-106			6,2 E04		1,8 E05				
Ag-110m		4,6 E05					5,0 E03		
Sn-113		3,3 E04							
Sb-124		3,6 E04	2,3 E04					7,7 E05	
Sb-125									
Te-123m	2,5 E05						1,1 E04		
Cs-134						3,9 E04			
Cs-137			6,1 E05			3,7 E05		5,2 E04	
Ba-140						3,2 E04	1,2 E04	1,2 E06	
La-140								6,2 E05	
Ce-141						4,7 E04	3,5 E03		
Ce-144									
Eu-152									
Eu-154									
Pu-238/ Am-241									
Pu-239/ Pu-240									
Pu-241									
Cm-242									
Cm-244									

Wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze oder die Messung war nicht erforderlich

Fortsetzung Tabelle 1.2-3

Radio-nuklid	Grohnde	Hamm-Uentrop	Philipps-burg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar 2
	Aktivität in Bq							
Cr-51			2,7 E04				7,6 E04	
Mn-54							7,6 E03	
Fe-59								
Co-57								
Co-58			2,3 E04		8,2 E04		2,2 E04	
Co-60			1,4 E05				1,2 E05	4,3 E04
Zn-65			1,4 E04					
Sr-89								
Sr-90								
Zr-95							2,3 E04	2,0 E04
Nb-95			1,7 E04		6,2 E04		4,8 E04	2,4 E04
Ru-103					3,7 E04			
Ru-106								
Ag-110m			1,8 E04					
Sn-113								
Sb-124			1,3 E04					
Sb-125								
Te-123m								
Cs-134								
Cs-137			3,8 E04					
Ba-140								
La-140								
Ce-141								
Ce-144								
Eu-152								
Eu-154								
Pu-238/ Am 241								
Pu-239/ Pu-240								
Pu-241								
Cm-242								
Cm-244								

Wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze oder die Messung war nicht erforderlich

Tabelle 1.2-4 Ableitung radioaktiver Edelgase und von Jod-131 mit der Abluft der Kernkraftwerke (alte Bundesländer, ohne Forschungszentren) in den Jahren 1988 bis 2001
(Discharges of radioactive noble gases and iodine-131 with exhaust air from nuclear power plants - old German Länder, excluding research centres in the years from 1988 to 2001)

Jahr	Edelgase	Jod-131
	Aktivität in Bq	Aktivität in Bq
1988	1,4 E14	7,8 E08
1989	8,4 E13	5,7 E08
1990	5,2 E13	2,7 E08
1991	3,2 E13	3,4 E08
1992	4,4 E13	5,2 E08
1993	2,8 E13	3,9 E08
1994	4,2 E13	8,0 E08
1995	9,8 E13	5,5 E08
1996	6,2 E13	3,4 E08
1997	3,8 E13	3,0 E08
1998	2,7 E13	1,8 E08
1999	1,9 E13	2,5 E08
2000	2,6 E13	2,2 E08
2001	1,5 E13	2,8 E08

Tabelle 1.2-5 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Forschungszentren im Jahr 2001
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from research centres in the year 2001)

Forschungszentrum	Edelgase (Bq)	Aerosole a) (Bq)	Jod-131 (Bq)	Jod-129 (Bq)	Kohlenstoff-14 (Bq)	Tritium (Bq)
Forschungszentrum Karlsruhe (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	5,5 E11	2,9 E06 ^{b)}	7,5 E06	2,9 E06	1,9 E10	1,5 E12
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	5,7 E11	2,7 E06	1,0 E08	-	2,8 E11	3,5 E12
Forschungszentrum Rossendorf	6,6 E09	1,7 E05	nn	nn	2,9 E09	3,0 E10
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht	7,0 E11	4,3 E05	1,8 E05	-	1,4 E09	2,7 E11
Hahn-Meitner-Institut Berlin (einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	2,3 E11	2,5 E04	4,6 E05	-	2,0 E09	6,3 E10

a) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne Jod-131, einschließlich Strontium und Alphastrahler

b) davon Alphastrahler: 1,8 E05 Bq

nn: nicht nachgewiesen (Aktivitätsableitung unter Nachweisgrenze)

Tabelle 1.2-6 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Forschungsreaktoren im Jahr 2001
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from research reactors in the year 2001)

Forschungsreaktor	Edelgase	Aerosole	Jod-131	Kohlenstoff-14	Tritium
	Aktivität in Bq				
Braunschweig	-	1,3 E04	-	8,3 E07	3,5 E08
Garching	nn	nn	nn	2,0 E07	8,4 E09
Hannover	-	-	-	-	-
Heidelberg	-	3,3 E03	1,1E02	-	4,7 E06
Mainz	8,7 E10	nn	nn	-	7,3 E06

- Messung / Angabe nicht erforderlich

Die Jahresableitungen von FRJ1, FRJ2, RFR, FRG1, FRG2 und BER II sind in den Ableitungen der Forschungszentren Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht und des Hahn-Meitner-Instituts Berlin enthalten (Tabelle 1.2-5). Der Forschungsreaktor Braunschweig wurde Ende 1995 endgültig abgeschaltet, der Forschungsreaktor Hannover Ende 1996, der Forschungsreaktor Heidelberg Ende November 1999 und der Forschungsreaktor Garching im Juni 2000.

Tabelle 1.2-7 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus dem Endlager Morsleben im Jahr 2001
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from the Morsleben final disposal facility in the year 2001)

Nuklid	Aktivität in Bq
Tritium	4,9 E10
Kohlenstoff-14	1,7 E09
langlebige Aerosole	1,7 E06
Radon-Folgeprodukte	1,2 E10

Tabelle 1.2-8 Ableitung radioaktiver Stoffe (α -Aktivität) mit der Abluft aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben im Jahr 2001
(Discharges of radioactive substances (α -activity) with exhaust air from processing facilities for nuclear fuels in the year 2001)

Betrieb	Abluft Bq
NUKEM GmbH (Hanau) a)	4,4 E05
SIEMENS AG Brennelementewerk Hanau	
Betriebsteil MOX-Verarbeitung a)	< 1,1 E04
Betriebsteil Uran-Verarbeitung a)	< 2,0 E05
ANF GmbH (Lingen)	< 1,5 E04
URENCO D (Gronau)	4,6 E04

a) Brennelementeproduktion eingestellt

1.3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen (Discharges of radioactive substances with waste water from nuclear facilities)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Angewandter Strahlenschutz, Berlin

In den Tabellen 1.3-1 bis 1.3-3 sind die von den Kernkraftwerken, Forschungszentren und Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2001 mit dem Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffe zusammengestellt. Aus dem Kontrollbereich des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurden 2001 insgesamt 8,5 m³ Abwasser abgeleitet (Tabelle 1.3-4).

Sämtliche Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken (Tabelle 1.3-1) liegen in der Größenordnung der Abgaben der Vorjahre und unterschreiten die entsprechenden Genehmigungswerte deutlich.

Für Druck- und Siedewasserreaktoren lagen die insgesamt abgegebenen Mengen an Spalt- und Aktivierungsprodukten bei jeweils 1,2 GBq. Die Tritiumabgaben lagen für die Druckwasserreaktoren bei 164 TBq und für die Siedewasserreaktoren bei 6,7 TBq.

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus den Kernforschungszentren (Tabelle 1.3-2) und den Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben (Tabelle 1.3-3) liegen bezüglich der einzelnen Radionuklidgruppen ebenfalls in der Größenordnung der Abgaben der letzten Jahre.

Tabelle 1.3-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2001 (Summenwerte, Tritium und Alphastrahler)
(Discharges of radioactive substances with waste water form nuclear power plants in the Federal Republic of Germany in the year 2001 - summation values, tritium and alpha sources)

Radionuklid	Spalt- und Aktivierungsprodukte (Bq)	Tritium (Bq)	Alpha-Strahler (Bq)
Kernkraftwerk	(außer Tritium)		
Siedewasserreaktoren			
Kahl a)	1,2 E07	2,9 E08	6,2 E04
Lingen a)	4,1 E06	2,4 E08	
Würgassen	5,1 E07	8,0 E08	
Brunsbüttel	2,8 E08	3,1 E11	
Isar 1	2,7 E08	8,4 E11	
Philippsburg 1	1,3 E08	6,5 E11	
Krümmel	2,6 E07	4,3 E11	
Gundremmingen	4,1 E08	4,4 E12	
Druckwasserreaktoren			
Obrigheim	1,1 E08	5,4 E12	4,3 E04
Stade	4,7 E07	5,1 E12	2,6 E05
Biblis Block A	9,6 E07	7,7 E12	
Biblis Block B	2,6 E08	1,1 E13	
Neckar 1	1,4 E06	9,5 E12	
Unterweser	1,0 E08	1,6 E13	
Grafenrheinfeld	2,9 E07	1,6 E13	
Grohnde	1,4 E07	1,3 E13	
Philippsburg 2	4,9 E08	1,3 E13	
Mülheim-Kärlich	1,1 E07	5,3 E09	
Brokdorf	1,4 E07	2,0 E13	
Isar 2	9,5 E04	2,0 E13	
Emsland	1,4 E05	1,8 E13	
Neckar 2	5,7 E05	9,5 E12	
Greifswald Block 1 bis 5 b)	1,3 E07	8,4 E09	
Rheinsberg b)	5,5 E06		5,8 E04

a) Anlage stillgelegt

b) Anlage seit 1990 außer Betrieb

Wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsableitung unterhalb der Nachweisgrenze.

Tabelle 1.3-2 Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren im Jahr 2001
(Discharges of radioactive substances with waste water from research centres in the year 2001)

Forschungszentrum	Spalt- und Aktivierungsprodukte (Bq) (außer Tritium)	Tritium (Bq)	Alphastrahler (Bq)
Forschungszentrum Karlsruhe (einschließlich Wiederaufbereitungsanlage)	1,9 E07	6,9 E11	
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	2,8 E08	4,4 E11	
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht a)			
Hahn-Meitner-Institut Berlin (einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	2,8 E05	5,8 E08	
FRM Forschungsreaktor München	1,2 E06	1,0 E09	2,2 E04
Forschungszentrum Rossendorf b)	4,1 E06	1,1 E10	9,9 E04

a) Zahlenwerte liegen dem BfS nicht vor

b) vormals ZfK Rossendorf

Wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze

Tabelle 1.3-3 Ableitungen radioaktiver Stoffe (α -Aktivität) mit dem Abwasser aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben im Jahr 2001
(Discharges of radioactive substances - alpha activity - with waste water from nuclear fuel production plants in the year 2001)

Betrieb	Alphastrahler (Bq)
NUKEM GmbH	1,4 E08
SIEMENS AG Brennelementwerk Hanau Betriebsteil MOX-Verarbeitung a) Betriebsteil Uran-Verarbeitung a)	5,5 E06
ANF GmbH (Lingen)	
URENCO (Gronau)	1,0 E04

a) Brennelementproduktion eingestellt

Wird kein Zahlenwert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze

Tabelle 1.3-4 Ableitungen radioaktiver Stoffe (α -Aktivität) mit dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben im Jahr 2001
(Discharges of radioactive substances (alpha activity) with waste water from the final repository Morsleben in the year 2001)

Radionuklid	Jahresaktivitätsabgabe (Bq)
Tritium	nn *)
Nuklidgemisch (außer Tritium)	7,1 E02

*) Nachweisgrenze 0,8 Bq/l

1.4 Überwachung der Umweltmedien in der Umgebung kerntechnischer Anlagen (Monitoring of environmental media from the surroundings of nuclear facilities)

1.4.1 Luft (Air)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenhygiene, Freiburg

Die Aktivitätskonzentrationen des gasförmigen Jod-131 haben sich mit den jeweils erreichten Nachweisgrenzen gegenüber dem Vorjahr nicht verändert. Lediglich an einer Messstelle des Forschungszentrums Jülich konnte wie in den vorangegangenen Jahren I-131 nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 1.4.1-1). Als Ursprung der Aktivität werden I-131-Applikationen im Institut für Medizin angenommen.

Durch die Änderung der REI im August 1993 ist die Ermittlung der Konzentrationen der langlebigen β -Aktivität in diesem Bereich nicht mehr vorgeschrieben, statt dessen werden Werte für die durch γ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentrationen einzelner Radionuklide bzw. die Nachweisgrenze für Kobalt-60 angegeben. Die Aktivitätskonzentrationen für Co-60 lagen 2001 an allen Messstellen unterhalb der jeweils erreichten Nachweisgrenzen (vgl. Tabelle 1.4.1-2).

Die nach der REI geforderten Nachweisgrenzen liegen für I-131 bei 2 mBq/m³, für Co-60 bei 0,4 mBq/m³. Diese Werte werden im Jahresmittel an allen Probennahmestellen (s. Tabellen 1.4.1-1 und 1.4.1-2) erreicht bzw. in den meisten Fällen sogar deutlich unterschritten.

Die Veränderungen der Jahresmittelwerte der γ -Dosisleistung (Tabelle 1.4.1-3) sind im Vergleich zum Vorjahr im Allgemeinen gering und entsprechen den natürlichen Schwankungen. An einigen Standorten führte die starke Gewittertätigkeit in den Sommermonaten zu einer Erhöhung der Monatsmittelwerte in diesem Zeitraum.

Tabelle 1.4.1-1 Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen des gasförmigen Jod-131
(Annual mean values for activity concentrations of gaseous iodine-131)
(in Millibecquerel pro Kubikmeter, Messwerte der Betreiber)

Probenahmestelle	N	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
		Jod-131 (mBq/m ³)							
HMI Berlin	2	-	<0,23	<0,22	< 0,20	<0,29	<0,31	<0,2	<0,31
KKW Brunsbüttel	2	-	<0,22	<0,26	< 0,22	-	-	[<0,2] ⁹	<0,2
KKW Brokdorf	2	<0,19	<0,46	<0,54	< 0,55	-	-	<0,54	<0,43
KKW Krümmel	3	<0,10	<0,10	<0,40	< 0,40	-	-	<0,36	<0,36
GKSS Geesthacht	1	<0,28	<0,28	<0,24	< 0,50	-	-	[<0,43] ⁶	<0,45
KKW Stade	1	-	<0,60	<0,53	< 0,42	[<0,38] ⁹	<0,37		
KKW Unterweser	2	<3,7	<2,0	[<2,0] ⁹	< 2,00	[<2,00] ⁹	<2,00	<2,00	[<2,00] ^{6,d}
KKW Grohnde	3	<0,82	<0,48	<0,43	< 0,45	<0,44	<0,47	-	[<0,69] ⁹
KKW Emsland	2	<0,15	[<0,38] ³	<0,43	< 0,33	<0,31	<0,37	-	[<0,31] ⁹
KKW Würgassen	3	<1,18	<1,43	*	*	*	*	*	*
KFA Jülich	3	<3,7	<2,0	0,63**	0,33 **	0,63**	0,25**	0,76**	0,72**
THTR Hamm-Uentrop	2	<0,89	[<0,38]*	*	*	*	*	*	*
KKW Biblis	2	<1,2	<1,2	<0,54	< 0,57	<0,50	<0,57	[<0,65] ⁹	[<0,76] ⁹
KKW Philippsburg	4	<0,61	<0,74	<0,68	< 0,65	<0,62	<0,60	<0,62	<0,64
KKW Obrigheim	3	<0,56	<0,68	<0,80	< 0,78	<0,80	<0,79	<0,85	<0,86
KKW Neckarwestheim	2	<0,54	<0,74	<0,77	< 0,72	<0,68	<0,64	<0,60	<0,59
KfK Karlsruhe	3	-	-	-	-	-	-	-	-
KKI Niederaichbach	3	<0,19	<0,14	<0,35	< 0,36	<0,31	-	-	-
KKG Grafenrheinfeld	3	<0,25	<0,21	<0,48	< 0,49	<0,42	-	-	-
KRB Gundremmingen II	3	<0,27	<0,33	<0,44	< 0,32	<0,32	-	-	-
KKW Greifswald	2	-	<0,38	<0,14	< 0,10	<0,08	<0,07	<0,27	[<0,76]*
VKTA Rossendorf	1	-	<0,22	<0,14	< 0,06	<0,06	<0,06	<0,1	[<0,06] ⁹
KKR Rheinsberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKW Mülheim-Kärlich	2	-	-	-	< 0,40	<0,36	<0,18	*	*

N Zahl der Messstationen

- keine Messwerte

[]ⁱ unvollständige Messreihe; mit i = Anzahl der Monate

* Messungen eingestellt

** Jahreswert von einer Messstelle, die Werte der anderen Messstellen lagen unterhalb der Nachweisgrenze

d zeitweiser Defekt bei Probenahme/Messung

Tabelle 1.4.1-2 Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen von Co-60
(Annual mean values for activity concentrations of Co-60)
(in Millibecquerel pro Kubikmeter, Messwerte der Betreiber)

Probenahmestelle	N	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
HMI Berlin	2	-	<0,02	<0,016	<0,02	<0,013	<0,016	<0,08	<0,02
KKW Brunsbüttel	2	-	<0,09	<0,02	<0,10	-	-	[<0,06] ⁶	<0,06
KKW Brokdorf	2	<0,19	<0,20	<0,24	<0,23	-	-	[0,19] ⁶	<0,19
KKW Krümmel	3	<0,02	<0,02	<0,06	<0,08	-	-	[<0,08] ⁶	<0,07
GKSS Geesthacht	1	<0,11	<0,09	<0,06	<0,16	-	-	[<0,19] ⁶	<0,18
KKW Stade	1	-	<0,31	<0,27	<0,25	[<0,22] ⁹	<0,21		
KKW Unterweser	2	<0,05	<0,4	[<0,4] ⁹	<0,40	[<0,4] ⁹	<0,40	<0,40	[<0,40] ^{6,d}
KKW Grohnde	3	<0,21	<0,20	<0,12	<0,13	<0,12	<0,12	-	[<0,12] ⁹
KKW Emsland	2	<0,07	[<0,13] ³	<0,17	<0,16	<0,16	<0,18	-	[<0,18] ⁹
KKW Würgassen	2	<0,28	<0,30	<0,32	<0,15	<0,10	<0,10	<0,1	<0,10
KFA Jülich	3	<0,37	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
THTR Hamm-Uentrop	2	<0,02	<0,02	<0,014	<0,006	<0,04	<0,17	<0,11	<0,05
KKW Biblis	3	-	<0,008	<0,25	<0,20	<0,18	<0,19	[<0,21] ⁹	[<0,21] ⁹
KKW Philippsburg	4	<0,04	<0,04	<0,046	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
KKW Obrigheim	3	<0,09	<0,08	<0,076	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
KKW Neckarwestheim	2	<0,14	<0,14	<0,15	<0,15	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14
KfK Karlsruhe	3	<0,005	<0,007	<0,010	<0,006	<0,006	<0,008	<0,01	<0,01
KKI Niederaichbach	3	<0,013	<0,07	<0,19	<0,19	<0,19	-	-	-
KKG Grafenrheinfeld	3	<0,008	<0,05	<0,09	<0,10	<0,09	-	-	-
KRB Gundremmingen II	3	<0,008	<0,24	<0,25	<0,18	<0,20	-	-	-
KKW Greifswald	2	-	<0,44 [#]	<0,06	<0,07 [#]	<0,07 [#]	<0,13	<0,15	[<0,37] [*]
VKTA Rossendorf	3	-	<0,02	<0,06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	[<0,02] ⁹
KKR Rheinsberg	2	-	<0,02	<0,11	<0,11	<0,11	<0,14	<0,10	<0,09
KKW Mülheim-Kärlich	2	-	-	-	<0,30	<0,29	<0,18	<0,16	0,15

- keine Messwerte
- # Maximale Nachweisgrenze aus den 4 Quartalsberichten
- []ⁱ unvollständige Messreihe; mit i = Anzahl der Monate
- ^d zeitweiser Defekt bei Probenahme/Messung
- N Zahl der Messstationen
- * Messungen eingestellt

Tabelle 1.4.1-3 Umgebungsstrahlung bei Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren
(Ambient radiation from nuclear power plants and research reactors)
 (γ -Dosisleistung in nSv pro Stunde, Messwerte der Betreiber)

Probenahmestelle	N	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
		nSv/h							
HMI Berlin	2	-	83	79	72	73	70	71	71
KKW Brunsbüttel	2	93	83	[90] ⁹	72	75	78	75	85
KKW Brokdorf	2	62	65	62	62	60	61	61	60
KKW Krümmel	3	60	66	[68] ⁹	63	71	68	53	56
GKSS Geesthacht	1	78	80	80	84	[80] ⁹	84	84	84
KKW Stade	1	-	165	196	60 ^x	[50] ⁹	[85] ¹¹		
KKW Unterweser	2	50	54	[54] ⁹	90	[90] ⁹	83	87	[90] ⁶
KKW Grohnde	3	88	91	88	88	85	85	-	[88] ⁹
KKW Emsland	2	74	[75] ³	73	66	66	66	-	[65] ⁹
KKW Würgassen	3	102	105	104	*	*	*	*	*
KFA Jülich	12	55	63	59	55	64	64	61	59
THTR Hamm-Uentrop	2	74	83	92	92	90	90	89	88
KKW Biblis	3	80 - 125	73 - 128	93	85	88	88	[88] ⁹	[90] ⁹
KKW Philippsburg	4	99	99	112	109	105	105	105	100
KKW Obrigheim	3	73	73	78	75	73	72	70	70
KKW Neckarwestheim	2	53	54	58	61	58	56	56	56
KfK Karlsruhe	6	86	86	96	85	84	84	82	82
KKI Niederaichbach ^a	3	78	79	80	68	67	-	-	-
KKG Grafenrheinfeld ^a	3	86	117	118	97	109	-	-	-
KRB Gundremmingen II ^a	3	85	88	89	79	77	-	-	-
KKW Greifswald	20	-	71	54 - 81	70	72	71	71	77
VKTA Rossendorf	3	-	116	113	110	110	112	106	[109] ⁹
KKR Rheinsberg	4	-	-	110	105	101	100	99	99
KKW Mühlheim-Kärlich	2	-	-	-	-	-	-	110	114

- keine Messwerte

x Ersatzwert Sonde NLÖ unweit defekter Sonde

* Messungen eingestellt

** Netto-Gammadosisleistung künstlich

[]ⁱ unvollständige Messreihe; mit i = Anzahl der Monate

a teilweise Überwachung durch unabhängige Sachverständige

N Zahl der Messstationen

1.4.2 Boden, Bewuchs und Milch (Soil, vegetation and milk)

Bearbeitet vom Institut für Chemie und Technologie der Milch der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel

Hinsichtlich der radioökologischen Situation in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und den beobachteten Schwankungen der Messwerte in diesen Bereichen gelten die gleichen Ausführungen, die bereits in den Kapiteln I 3.2 und I 3.4.2 gemacht wurden. Auch in der Umgebung kerntechnischer Anlagen ist die Situation nach wie vor durch die zurückliegenden Depositionen nach den Kernwaffenversuchen der sechziger Jahre und nach dem Tschernobylunfall im Jahre 1986 geprägt.

Die Ergebnisse der Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind für Boden und Bewuchs in den Tabellen 1.4.2-1 und 1.4.2-2, für Milch in Tabelle 1.4.2-3 zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit anderen Orten in der Bundesrepublik keine Erhöhung der Radioaktivität erkennen.

**Tabelle 1.4.2-1: Radioaktivität des Bodens in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
(Radioactivity of the soil in the vicinity of nuclear power plants)**

Bundesland Kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM					
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert d) (Bereich)		
Baden-Württemberg	FZ Karlsruhe	Cs-137					
		1999	11	18,3	7	Pu-238	Pu-239/240
		2000	11	19,3 (4,8 - 64,0)	7	<0,12	<0,18
		2001	8	39,9 (6,8 - 100,0)	5	<0,18	<0,39
						<0,30	<0,82
						(<0,18 - 0,54)	(<0,25 - 1,7)
						Sr-90	
		1999	-		3	1,6	
		2000	-		3	2,6	
	2001	-		3	2,7 (1,8 - 3,8)		
	Kernkraftwerk Obrigheim	1999	8	12,0	-		
		2000	8	11,3	-		
		2001	6	14,2 (3,9 - 22,0)	-		
	Kernkraftwerk Neckarwestheim	1999	8	14,8	-		
		2000	8	10,3	-		
	2001	6	10,6 (2,8 - 19,0)	-			
Kernkraftwerk Philippsburg	1999	8	14,3	a)			
	2000	8	14,4	a)			
	2001	6	16,4 (7,4 - 28,0)	-			
Kernkraftwerk Beznau/Leibstadt Schweiz	1999	8	36,5	-			
	2000	8	32,9	-			
	2001	4	30,5 (23,0 - 48,0)	-			
Kernkraftwerk Fessenheim Frankreich	1999	4	22,1	-			
	2000	4	10,7	-			
	2001	2	9,7 (9,5; 9,9)	-			
TRIGA Heidelberg	1999	2	b) 17,0; 23,0	-			
	2000	2	b) 17,0; 18,0	-			
	2001	1	14,0	-			
Bayern							
Kernkraftwerk Kahl	1999	3	30,0	-			
	2000	a)		-			
	2001	a)		-			

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM						
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert d) (Bereich)			
Kernkraftwerk Gundremmingen	1999	12	54,5	-	Sr-90			
	2000	a)		-				
	2001	a)		-				
	Kernkraftwerk Isar	1999	12	49,1		-		
		2000	a)			-		
		2001	a)			-		
	Kernkraftwerk Grafrheinfeld	1999	8	6,4		-		
		2000	a)			-		
		2001	a)			-		
	Forschungsreaktor München	1999	2	b) 74,0; 110,0		-		
		2000	a)			-		
		2001	a)			-		
KWU Erlangen	1999	4	20,4	2	Pu-238	Pu-239/240		
		a)		a)	a)	0,12		
		a)		a)	a)			
	2000	-	-	2	U-235	U-238	Am-241	
		a)		a)	a)	b) 0,3; 0,6	b) 5,4; 8,4	b) <0,1; <0,14
	2001	-	-	a)				
		a)		a)				
	KWU Karlstein	1999	2	25,0	2	Pu-238	Pu-239/240	
			a)		a)	a)	b) <0,05; <0,1	b) <0,1; 0,19
			a)		a)	a)		
2000		-	-	2	U-235	U-238	Am-241	
a)	a)	a)		b) 0,2; 0,51	10,0 N=1	b) <0,05; <0,1		
2001	-	-	a)					
a)	a)							
SBWK Karlstein	1999	a)	Gesamt- α -Aktivität	-	Sr-90			
	2000	a)		-				
	2001	a)		-				
Berlin Forschungsreaktor BERII	1999	8	Cs-137	-				
	2000	8		18,6	-			
	2001	6		16,8	-			
Brandenburg Kernkraftwerk Rheinsberg	1999	8	13,8 (6,6 - 23,0)	-				
	2000	8		8,6	-			
	2001	8		11,1	-			
Hessen Kernkraftwerk Biblis	1999	8	10,0 (5,7 - 13,0)	-				
	2000	8		7,5	-			
	2001	8		9,1	-			
Nuklearbetriebe Hanau	1999	10	Gesamt- α -Aktivität Bq/kg Asche	-	Rest- β -Aktivität Bq/kg Asche	Pu-239/240 Bq/kg Asche		
	2000	9		715			a)	0,40
	2001	9		880	-	a)	0,35	
		a)			a)			

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM			
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert d) (Bereich)
Mecklenburg-Vorp.			Cs-137		U-235
Kernkraftwerk Greifswald	1999	26	9,7	18	0,9
	2000	29	10,8	18	0,9
	2001	27	10,0 (0,8 - 47,0)	18	0,9 (0,4 - 2,0)
Zwischenlager Nord	1999	42	<5,9	-	
	2000	42	<5,7	-	
	2001	42	4,8 (0,42 - 42,0)	-	
Niedersachsen					Sr-90
Kernkraftwerk Stade	1999	14	15,5	a)	
	2000	14	12,0	a)	
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Unterweser	1999	12	13,9	a)	
	2000	12	20,5 (2,9 - 46,0)	a)	
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Grohnde	1999	10	23,1	a)	
	2000	10	21,0	a)	
	2001			a)	
Kernkraftwerk Emsland	1999	10	18,2	a)	
	2000	10	26,3	a)	
	2001	a)		a)	
Zwischenlager Gorleben	1999	22	29,6	4	0,8
	2000	6	54,2	a)	
	2001	a)		a)	
FMRB Braunschweig	1999	8	25,4	a)	
	2000	8	36,7	a)	
	2001	6	22,3 (10,0 - 52,0)	a)	
Schacht Konrad II c)	1999	a)		a)	
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
			Uran µg/kg Asche		Bq/kg Asche
					U-234 U-235 U-238
Advanced Nuclear Fuels Lingen	1999	a)		a)	
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Nordrhein-Westf.			Cs-137		Sr-90 (Bq/kg TM)
KFA Jülich	1999	10	10,4	6	2,6
	2000	10	8,6	6	1,3
	2001	10	5,8 (2,8 - 9,5)	6	1,2 (0,5 - 2,9)
Kernkraftwerk Würgassen	1999	20	19,0	-	
	2000	20	18,8	-	
	2001	17	15,1 (6,9 - 43,0)	-	
Kernkraftwerk Uentrop	1999	8	24,5	a)	
	2000	8	18,7	a)	
	2001	8	18,3 (9,5 - 35,0)	a)	

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM			
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert d) (Bereich)
			Cs-137		Sr-90
Zwischenlager Ahaus	1999	5	16,4	5	0,8
	2000	5	10,3	5	0,9
	2001	5	10,9 (5,8- 16,9)	5	1,7 (0,6 - 2,8)
			U-238 TM		
UAG Gronau	1999	10	<0,1 (<0,1 - <0,1)	-	
	2000	10	<0,2 (<0,2 - <0,2)	-	
	2001	a)		-	
			Cs-137		
Rheinland-Pfalz Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich	1999	8	13,0	-	
	2000	8	11,3	-	
	2001	8	16,4 (4,8 - 34,4)	-	
Kernkraftwerk Cattenom Frankreich	1999	a)		a)	
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Sachsen Rossendorf	1999	16	11,4	-	
	2000	16	8,6	-	
	2001	4	11,0 (8,5 - 16,0)	-	
Sachsen-Anhalt Endlager Morsleben	1999	8	9,1	4	Sr-90
	2000	8	9,6	4	Gesamt-β-Aktiv.
	2001	8	9,1 (5,1 - 16,0)	4	<0,6 590 0,9 670 0,4 (0,3 - 0,5) 620 (530 - 720)
Schleswig-Holstein GKSS Geesthacht	1999	10	9,3	2	Sr-90
	2000	10	12,2	2	0,5
	2001	10	14,4 (8,1 - 22,0)	2	0,5 (0,4 - 0,5)
Kernkraftwerk Brunsbüttel	1999	8	37,3	2	2,6
	2000	8	31,8	2	b) 1,0; 3,4
	2001	8	32,8 (17,0 - 55,5)	2	b) 1,0; 3,5
Kernkraftwerk Krümmel	1999	12	8,8	6	0,9
	2000	12	8,6	6	0,9
	2001	13	8,0 (5,0 - 10,3)	7	0,8 (0,5 - 1,2)
Kernkraftwerk Brokdorf	1999	16	22,6	16	2,0
	2000	16	19,7	8	2,7
	2001	16	18,9 (5,1 - 38,0)	8	2,4 (0,8 - 4,3)

a) Daten lagen nicht vor

b) Mittelwertberechnung nicht sinnvoll

c) Im Genehmigungsverfahren befindliches Endlagerprojekt

d) Weicht die Anzahl einzelner Messungen in dieser Spalte vom angegebenen N ab, ist sie getrennt aufgeführt

- Messung / Angabe nicht erforderlich

Tabelle 1.4.2-2: Radioaktivität des Bewuchses in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
(Radioactivity of vegetation in the vicinity of nuclear power plants)

Bundesland kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM				
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert d) (Bereich)	
Baden-Württemb.			Cs-137		Pu-238	Pu-239/240
FZ Karlsruhe	1999	6	2,0	4	<0,06	<0,05
	2000	6	1,2	4	<0,06	<0,03
	2001	3	1,3 (0,4 - 2,4)	2	<0,17(<0,01-0,32)	<0,14(<0,004-<0,27)
					Sr-90	
Kernkraftwerk Obrigheim	1999	8	0,4	-		
	2000	8	<0,4	-		
	2001	6	<0,4 (0,3 - <0,5)	-		
Kernkraftwerk Neckarwestheim	1999	8	<0,8	-		
	2000	8	<0,5	-		
	2001	6	<0,3 (0,2 - <0,4)	-		
Kernkraftwerk Philippsburg	1999	8	1,0	a)		
	2000	8	2,2	a)		
	2001	6	2,4 (0,1 - 7,1)	a)		
			Cs-137			
Kernkraftwerk Beznau/Leibstadt Schweiz	1999	8	1,8	-		
	2000	8	1,7	-		
	2001	4	1,8 (0,4 - 3,8)	-		
Kernkraftwerk Fessenheim Frankreich	1999	4	2,5	-		
	2000	4	<0,5	-		
	2001	2	0,5 (0,3 - 0,7)	-		
TRIGA Heidelberg	1999	2	0,4	-		
	2000	2	0,2	-		
	2001	1	0,3	-		
Bayern						
Kernkraftwerk Kahl	1999	3	0,6	-		
	2000	a)		-		
	2001	a)		-		
Kernkraftwerk Gundremmingen	1999	12	<2,0	-		
	2000	a)		-		
	2001	a)		-		
Kernkraftwerk Isar	1999	12	<2,8	-		
	2000	a)		-		
	2001	a)		-		
Kernkraftwerk Grafenrheinfeld	1999	10	<0,6	-		
	2000	a)		-		
	2001	a)		-		
Forschungsreaktor München	1999	2	b) <1,0; 1,6	-		
	2000	a)		-		
	2001	a)		-		
			Cs-137		Pu-238	Pu-239/240
KWU Erlangen	1999	4	<3,3	2	a)	b) <0,03; <0,04
	2000	a)		a)		
	2001	a)		a)		

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM				
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert d) (Bereich)	
KWU Karlstein	1999	2	b) 0,3; 1,5	2	b) <0,005; <0,1	b) <0,1; 0,58
	2000	a)				
	2001	a)				
SBWK Karlstein	1999	a)	Gesamt- α -Aktivität	-	Sr-90	
	2000	a)				
	2001	a)				
Berlin			Cs-137			
Forschungsreaktor BERII	1999	8	<3,9	-		
	2000	7	<1,3	-		
	2001	6	<2,1 (<0,2 - 6,2)	-		
Brandenburg						
Kernkraftwerk Rheinsberg	1999	8	4,6	-		
	2000	8	4,4	-		
	2001	8	6,2 (0,7 - 16,0)	-		
Hessen						
Kernkraftwerk Biblis	1999	10	<0,5	a)		
	2000	9	<0,3	a)		
	2001	9	<0,4 (<0,1 - 0,9)	a)		
			Gesamt- α -Aktivität Bq/kg Asche		Rest- β -Aktivität Bq/kg Asche	Pu-239/240 Bq/kg Asche
Nuklearbetriebe Hanau	1999	3	180	1	a)	<0,05
	2000	6	220	2		b) <0,05; <0,73
	2001	a)		a)		
Mecklenburg-Vorp.			Cs-137			
Kernkraftwerk Greifswald	1999	21	<1,6	-		
	2000	20	<1,1	-		
	2001	20	<0,6 (<0,1 - 1,7)	-		
Zwischenlager Nord	1999	36	<1,4	-		
	2000	36	<1,2	-		
	2001	36	<1,0 (<0,1 - 11,0)	-		
Niedersachsen						
Kernkraftwerk Stade	1999	14	<1,4	-		
	2000	14	<1,1	-		
	2001	a)		-		
Kernkraftwerk Unterweser	1999	12	<1,7	a)		
	2000	12	<0,9	a)		
	2001	a)		a)		
Kernkraftwerk Grohnde	1999	10	<0,4	a)		
	2000	10	<1,0	a)		
	2001	a)		a)		
Kernkraftwerk Emsland	1999	10	2,3	-		
	2000	10	1,2	-		
	2001	a)		a)		
Zwischenlager Gorleben	1999	16	85,8	4	2,9	
	2000	a)		a)		
	2001	a)		a)		

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM				
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert d) (Bereich)	
			Cs-137		Sr-90	
FMRB	1999	6	8,8	-		
Braunschweig	2000	6	20,7	-		
	2001	4	3,0 (0,7 - 7,7)	-		
					Sr-90 Gesamt-α-Aktiv.	
Schacht Konrad II c)	1999	a)		a)		
	2000	a)		a)		
	2001	a)		a)		
Nordrhein-Westfalen				Sr-90		
KFA Jülich	1999	10	<0,4	-		
	2000	10	<0,4	-		
	2001	8	<0,6 (0,1 - 2,3)	-		
Kernkraftwerk Würgassen	1999	12	<0,4	-		
	2000	12	<0,5	-		
	2001	15	<0,9 (0,2 - 4,6)	4	0,32 (0,1 - 0,5)	
Kernkraftwerk Uentrop	1999	8	<1,0	-		
	2000	8	<2,7	-		
	2001	8	1,4 (0,2 - 2,9)	-		
Zwischenlager Ahaus	1999	10	6,0	9	2,1	
	2000	10	<1,8	9	2,1	
	2001	9	<1,5 (0,3 - 4,6)	8	0,4 (0,1 - 0,8)	
			Uran Bq/kg TM		Uran Bq/kg TM Fluor mg/kg TM	
UAG Gronau	1999	6	<1,0 U-238	12	<0,27	<1,3
	2000	4	<0,3 U-238	12	<0,34	1,7
	2001	a)	a)	12	<0,46 (<0,23 - 2,8)	<2,0 (<1,5 - 7,2)
Rheinland-Pfalz			Cs-137		Sr-90	
Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich	1999	7	<1,2	-		
	2000	8	<0,7	-		
	2001	8	<0,5 (<0,3 - 1,3)	-		
Kernkraftwerk Cattenom Frankreich	1999	a)		a)		
	2000	a)		a)		
	2001	a)		a)		
Sachsen-Anhalt					Gesamt-β-Aktivität	
Endlager Morsleben	1999	8	<0,5	4	1065	
	2000	8	<0,4	4	1070	
	2001	8	<0,7 (<0,3 - 1,7)	4	1180 (720 - 1600)	
Sachsen					Sr-90	
Rossendorf	1999	16	<6,3	-		
	2000	16	6,5	-		
	2001	4	14,8 (1,1 - 44,0)	-		
Schleswig-Holstein						
GKSS Geesthacht	1999	8	2,0	-		
	2000	8	2,8	-		
	2001	8	2,2 (0,7 - 3,1)	-		
Kernkraftwerk Brunsbüttel	1999	8	<0,4	a)		
	2000	8	<0,4	a)		
	2001	8	<0,3 (0,1 - 0,6)	a)		

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM			
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert d) (Bereich)
			Cs-137		Sr-90
Kernkraftwerk Krümmel	1999	8	0,9	6	3,0
	2000	8	0,5	6	2,7
	2001	9	<0,5 (<0,2 - 1,0)	7	2,0 (1,1 - 3,1)
Kernkraftwerk Brokdorf	1999	14	<1,2	a)	
	2000	14	<1,5	a)	
	2001	14	<0,6 (0,2 - 1,9)	a)	

- a) Daten lagen nicht vor
- b) Mittelwertberechnung nicht sinnvoll
- c) Im Genehmigungsverfahren befindliches Endlagerprojekt
- d) Weicht die Anzahl einzelner Messungen in dieser Spalte vom angegebenen N ab, ist sie getrennt aufgeführt
- Messung / Angabe nicht erforderlich

1.4.3 Oberflächenwasser und Sediment der Binnengewässer (*Surface water and sediment from inland waters*)

Bearbeitet von der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Der vorliegende Beitrag enthält die Ergebnisse der Radioaktivitätsmessungen an Wasser- und Sedimentproben aus dem aquatischen Nahbereich kerntechnischer Anlagen aus dem Jahr 2001 gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI). Die Auswertung der insgesamt 2625 (2000: 2313) Einzelwerte von 259 (2000: 232) Probenentnahmestellen in Tabelle 1.4.3-1 erfolgte entsprechend den Hinweisen in Teil I Kapitel 3.3.1.

Auswirkungen kerntechnischer Anlagen waren in Oberflächenwasser aus dem Nahbereich der jeweiligen Standorte allenfalls in Einzelfällen nachweisbar. Erhöhte Tritium-Gehalte (H-3) wurden in Stichproben gemessen, die unmittelbar an Auslaufbauwerken genommen wurden. Die Werte betragen hier im Einzelfall bis zu 10.000 Bq/l (Ems, KKW Emsland). In Folge der Durchmischung entlang der Fließstrecke gingen die H-3-Konzentrationen aber wieder zurück (siehe auch Teil I Tabelle 3.3.1-2). Die Nuklidgehalte anderer relevanter Spalt- und Aktivierungsprodukte unterschritten in der Regel die Nachweisgrenze der REI von 0,05 Bq/l oder waren wegen der Vorbelastung, insbesondere Strontium-90 (Sr-90) und Cäsium-137 (Cs-137) bis 0,01 Bq/l aus anderen Quellen - Kernwaffen-Fallout und Reaktorunfall in Tschernobyl -, praktisch nicht aufzeigbar. Einzelne Bestimmungen von Plutonium-238 (Pu-238) und Pu-239/240 an Wasserproben ließen wegen der niedrigen Werte (unter 0,0001 Bq/l) kaum Auswirkungen der jeweiligen Anlage im Vorfluter erkennen (Elbe/KKW Brunsbüttel).

In Sedimentproben aus dem Nahbereich kerntechnischer Anlagen lagen die mittleren Gehalte der anlagen-spezifischen Radionuklide überwiegend unterhalb der Nachweisgrenze der REI von 5 Bq/kg TM. In wenigen direkt an Auslaufbauwerken entnommenen Sedimentproben wurden geringfügig höhere mittlere Gehalte an Kobalt-60 (Co-60) gemessen: bis 34,5 Bq/kg TM in der Weser/KKW Würgassen. Auf Grund der vergleichsweise hohen Vorbelastung an Cs-137 waren Auswirkungen dieses Radionuklids von kerntechnischen Anlagen auch hier praktisch nicht aufzeigbar. Für Alpha-Strahler wurden etwas erhöhte Werte der Gesamt-Alpha-Aktivität (G_{α}) bis 600 Bq/kg TM im Mittel im Hirschkanal/Forschungszentrum Karlsruhe gemessen; hier konnte zudem Americium-241 (Am-241) bis 18 Bq/kg TM nachgewiesen werden. Vereinzelt durchgeführte Messungen von Pu-238 und Pu-239/240 ergaben Gehalte bis höchstens 0,14 bzw. 0,4 Bq/kg TM (Rheinniederungskanal/Forschungszentrum Karlsruhe, Elbe/KKW Brunsbüttel).

Zu bedenken ist, dass von den einzelnen kerntechnischen Anlagen mit den Abwässern abgegebene Radionuklide im Allgemeinen an Schwebstoff sorbiert über große Fließstrecken verfrachtet werden können, um in Stillwasserbereichen (Häfen, Stauhaltungen, Altarmen, Bühnenfeldern, Uferböschungen u. a.) zu sedimentieren. In Falle einer Nutzung oder bei u. U. erforderlichen Ausbaumaßnahmen (Schifffahrt) müssen solche Flussabschnitte mit zu den "ungünstigsten Einwirkungsstellen" gezählt werden.

Strahlenexposition

Die durch Ableitungen radioaktiver Abwässer aus kerntechnischen Anlagen verursachte Aufstockung der Gehalte an Spalt- und Aktivierungsprodukten in Oberflächenwasser ist aus strahlenhygienischer Sicht praktisch vernachlässigbar. Geringfügig erhöhte H-3-Gehalte traten als Folge von Ableitungen aus dem französischen KKW Cattenom in der Mosel auf mit Jahresmittelwerten bis 23 Bq/l (siehe Kapitel I Teil 3.3.1). Unter der Annahme, dass Oberflächenwasser dieses Flussabschnittes unaufbereitet als Trinkwasser genutzt würde, ergibt sich die auf dem "Trinkwasser-Pfad" für Erwachsene (> 17 a; 700 l/a Konsum) von H-3 resultierende effektive Dosis zu ca. 0,29 μ Sv/a. Hierdurch würde der Dosisgrenzwert von 300 μ Sv/a nach § 47 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) von 2001 zu 0,1 % ausgeschöpft werden.

Mittlere Gehalte an Co-60 von 34,5 Bq/kg TM konnten an Sedimentproben aus der Weser im Bereich "ungünstigster Einwirkungsstellen" gemessen werden. Für den Fall, dass derartige Sohlenmaterial gebaggert und an Land gelagert werden würde, lässt sich die auf dem sensitiven Expositionspfad "Aufenthalt auf Spül-feldern" zu erwartende zusätzliche externe effektive Dosis für Erwachsene (> 17 a) für Standardbedingungen zu ca. 11 μ Sv/a abschätzen. Sie liegt damit ebenfalls weit unter dem Dosisgrenzwert nach § 47 StrlSchV von 300 μ Sv/a.

Tabelle 1.4.3-1 Überwachung der Gewässer in der Umgebung kerntechnischer Anlagen gemäß der REI
(Monitoring of bodies of water in the surroundings of nuclear facilities in accordance with the REI)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Aktivitätskonzentration						
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte		
					Min.Wert	Max.Wert	2001	2000	
RHEIN / KKW Beznau und Leibstadt (Schweiz)									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Aare-Einmündung	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn	
		vor KKW Leibstadt	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn	
		nach KKW Leibstadt	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn	
	Co-60	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,013	<0,036	nn	nn	
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,023	<0,038	nn	nn	
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,020	<0,020	nn	nn	
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,010	<0,032	nn	nn	
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,022	<0,035	nn	nn	
		nach KKW Leibstadt	4	4			nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	nach KKW Leibstadt	1		0,41	0,41	0,41	0,60	
	Co-60	vor Aare-Einmündung	2	2	<0,55	<1,03	nn	-	
		nach KKW Leibstadt	2	2	<0,64	<0,81	nn	nn	
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	2		8,1	10,0	9,0	7,05	
		vor KKW Leibstadt	2		6,9	8,8	7,9	15,0	
	nach KKW Leibstadt	2		7,3	7,8	7,6	11,2		
RHEIN / KKW Fessenheim (Frankreich)									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Weil	12	12	<8,0	<8,0	nn	nn	
		Breisach	12	12	<8,0	<8,0	nn	<7,9	
	Co-60	Weil	12	12	<0,0072	<0,042	nn	nn	
		Breisach	12	12	<0,0090	<0,038	nn	nn	
	Cs-137	Weil	12	12	<0,0071	<0,035	nn	-	
		Breisach	12	12	<0,0078	<0,041	nn	-	
Sediment (Bq/kg TM)	Co 60	Grissheim, km 206,5	2	2	<0,63	<0,82	nn	-	
		Breisach, km 232,0	2	2	<0,91	<1,10	nn	-	
	Cs-137	Grissheim, km 206,5	2		3,9	3,9	3,9	3,25	
		Breisach, km 232,0	2		2,6	5,8	4,2	4,30	
RHEIN / Forschungszentrum Karlsruhe									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Rheinniederungskanal, vor Auslaufbauwerk	7	7	<8,0	<8,0	nn	nn	
		Rheinniederungskanal, nach Auslaufbauwerk	6	3	<8,0	63,0	<26,7	75	
	Co-60	Rheinniederungskanal, vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,018	<0,024	nn	nn	
		Rheinniederungskanal, nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,016	<0,026	nn	nn	
	Cs-137	Rheinniederungskanal, vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,015	<0,025	nn	nn	
		Rheinniederungskanal, nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,015	<0,025	nn	nn	
	Sediment (Bq/kg TM)	Gβ	Hirschkanal	4		1200	1300	1250	1600
		Cs-137	Rheinniederungskanal, vor Auslaufbauwerk	2		3,7	14,0	8,9	8,0
Rheinniederungskanal, nach Auslaufbauwerk			2		4,8	5,7	6,2	10,5	
Hirschkanal			4		220	530	353	498	
Pu-238		Rheinniederungskanal, 100 m unterhalb Auslaufbauwerk	3		0,0051	0,14	0,07	0,22	
Pu-239/240		Rheinniederungskanal, 100 m unterhalb Auslaufbauwerk	3		0,21	0,40	0,29	0,48	

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Aktivitätskonzentration					
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min.Wert	Max.Wert	2001	2000
RHEIN / KKW Philippsburg								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	12	12	<8,0	<8,0	nn	nn
		am Auslaufbauwerk	12	9	<8,0	19,0	<9,6	<10,2
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,012	<0,081	nn	nn
		am Auslaufbauwerk	4	4	<0,0086	<0,019	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0068	<0,013	nn	nn
		am Auslaufbauwerk	4	4	<0,0074	<0,015	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	vor Auslaufbauwerk	1		3,40	3,40	3,40	2,07
		am Auslaufbauwerk	3		2,60	6,60	4,13	4,03
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<1,10	<1,60	nn	0,57
		am Auslaufbauwerk	4		1,50	19,0	7,30	4,85
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4		14,0	21,0	16,3	15,3
		am Auslaufbauwerk	4		15,0	27,0	20,0	19,3
RHEIN / KKW Biblis								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	am Auslaufbauwerk	2	2	<6,0	<6,0	nn	<111
	Co-60	am Auslaufbauwerk	2	2	<0,050	<0,060	nn	nn
	Cs-137	am Auslaufbauwerk	2	2	<0,050	<0,060	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	1	1	<1,10	<1,10	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	1	1	<0,80	<0,80	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	1		6,00	6,00	6,00	9,3
		nach Auslaufbauwerk	1		13,0	13,0	13,0	15,5
RHEIN / KKW Mülheim-Kärlich (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 604,5	4		5,3	6,2	5,8	5,5
		nach Auslaufbauwerk, km 605,9	4		5,7	6,0	5,9	7,4
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 604,5	4	4	<0,010	<0,030	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 605,9	4	4	<0,010	<0,020	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 604,5	4	4	<0,010	<0,030	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 605,9	4	4	<0,010	<0,020	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 596,5	2	2	<0,32	<0,43	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 621,4	2		1,30	1,40	1,35	0,50
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 596,5	2		11,0	15,0	13,0	13,5
		bzw. 604,5 nach Auslaufbauwerk, km 621,4	2		13,0	15,0	14,0	12,0
NECKAR / KKW Neckarwestheim								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk I und II	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		am Auslaufbauwerk I und II	4		19,0	44,0	28,3	42,8
	Co-60	vor Auslaufbauwerk I und II	4	4	<0,013	<0,017	nn	-
		am Auslaufbauwerk I und II	4	4	<0,018	<0,029	nn	-
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk I und II	4	4	<0,013	<0,015	nn	nn
am Auslaufbauwerk I und II	4	4	<0,017	<0,028	nn	nn		
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2		6,2	6,7	6,5	5,10
		nach Auslaufbauwerk	3		4,6	5,7	5,3	4,50
NECKAR / KKW Obrigheim								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	4	3	<8,0	10,0	<8,5	9,7
		am Auslaufbauwerk	4		14,0	20,0	16,0	16,0
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,014	<0,023	nn	-
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,011	<0,011	nn	-
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	3	0,0087	0,0087	<0,016	nn
		am Auslaufbauwerk	4	4	<0,0010	<0,025	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	1	1	<0,93	<0,93	nn	nn
		am Auslaufbauwerk	2	2	<0,88	<0,97	nn	-

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Aktivitätskonzentration					
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min.Wert	Max.Wert	2001	2000
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk nach Auslaufbauwerk	2 2		0,81 10,0	1,30 15,0	1,06 12,5	0,59 6,65
MAIN / KKW Grafenrheinfeld								
Oberflächen- wasser (Bq/l) Sediment (Bq/kg TM)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 324,6 nach Auslaufbauwerk, km 323,6	a)					
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 324,6 nach Auslaufbauwerk, km 323,6	a)					
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 324,6 nach Auslaufbauwerk, km 323,6	a)					
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 324,6 nach Auslaufbauwerk, km 323,6	a)					
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 324,6 nach Auslaufbauwerk, km 323,6	a)					
KINZIG / DOPPELBIERGRABEN / Nuklearbetriebe Hanau-Wolfgang								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Ablauf Kläranlage Hanau	3	1	0,092	0,17	0,13	<0,12
	Sr-90	Kinzig, Hanau	3	3	<0,010	<0,010	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,011	<0,015	nn	nn
	U-234		4	1	<0,005	0,013	0,010	0,010
	U-235		4	4	<0,005	<0,005	nn	nn
	U-238		4	2	<0,005	0,006	<0,0054	0,0050
	Pu-238		4	4	<0,005	<0,005	nn	nnnn
	Pu-239/240		4	4	<0,005	<0,005	nn	
Sediment (Bq/kg GR) (GR = Glüh- rückstand)	Gα	Kinzig, vor Einleitung Doppelbiergraben Kinzig, nach Einleitung Doppelbiergraben Doppelbiergraben	a)					730 1100 3500
	Cs-137	Kinzig, Hanau	4		3,87	5,67	4,81	9,52
	U-234	Doppelbiergraben)	a)					1000
	U-235		a)					40,0
	U-238		a)					460
	Pu-238		a)					nn
	Pu-239/240		a)					0,42
MOSEL / KKW Cattenom								
Oberflächen- wasser (Bq/l)		keine Werte / s. a. Teil I Kapitel 3.3.1						
Sediment (Bq/kg TM)		keine Werte / s. a. Teil I Kapitel 3.3.1						
DONAU / KKW Gundremmingen								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk Staustufe Faimingen, km 2546,0	a)					
	Co-60	vor Auslaufbauwerk Staustufe Faimingen, km 2546,0	a)					
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk Staustufe Faimingen, km 2546,0	a)					
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk Staustufe Faimingen, km 2548,5	a)					

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Aktivitätskonzentration						
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte		
					Min.Wert	Max.Wert	2001	2000	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk Staufufe Faimingen, km 2548,5	a)						
ISAR / KKW Isar 1 und 2									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk 1 Staufufe Niederaichbach, km 60,0	a)						
	Co-60	vor Auslaufbauwerk 1 Staufufe Niederaichbach, km 60,0	a)						
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk 1 Staufufe Niederaichbach, km 60,0	a)						
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk1 Staufufe Niederaichbach, km 60,0	a)						
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk 1 Staufufe Niederaichbach, km 60,0	a)						
ISAR / Forschungsreaktor München									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Ismaninger Brücke, km 133,7 Grünecker Brücke, km 124,6	a)						
	Co-60	Ismaninger Brücke, km 133,7 Grünecker Brücke, km 124,6	a)						
	Cs-137	Ismaninger Brücke, km 133,7 Grünecker Brücke, km 124,6	a)						
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Ismaninger Brücke, km 133,7 Grünecker Brücke, km 124,6	a)						
	Cs-137	Ismaninger Brücke, km 133,7 Grünecker Brücke, km 124,6	a)						
EMS / KKW Emsland									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk am Auslaufbauwerk	4	4	<10,0	<10,0	nn	-	
			4	4	88,0	10000	3220	-	
	Co-60	vor Auslaufbauwerk am Auslaufbauwerk	4	4	0,0055	<0,010	nn	-	
			4	4	<0,0037	<0,0086	nn	-	
Cs-137	vor Auslaufbauwerk am Auslaufbauwerk	4	4	<0,0045	<0,011	nn	-		
		4	4	<0,0039	<0,0076	nn	-		
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 84,7 nach Auslaufbauwerk, km 106,3	4	4	<0,21	<0,23	nn	nn	
			4	4	<0,28	<0,69	nn	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 84,7 nach Auslaufbauwerk, km 106,3	4		11,0	12,0	12,0	9,9	
			4		44,0	53,0	61,0	55,8	
WESER / KKW Würgassen									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk am Auslaufbauwerk	4	4	<10,0	<10,0	nn	nn	
			4	4	<10,0	<10,0	nn	nn	
	Co-60	vor Auslaufbauwerk am Auslaufbauwerk	4	4	<0,05	<0,05	nn	nn	
			4	4	<0,05	<0,05	nn	nn	
Cs-137	vor Auslaufbauwerk am Auslaufbauwerk	4	4	<0,05	<0,05	nn	nn		
		4	4	<0,05	<0,05	nn	nn		
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Herstelle, km 47,2 am Auslaufbauwerk, km 49,6 Wehrden, km 60,2	2	2	<1,80	<2,80	nn	nn	
			2		29,0	42,0	34,5	35,5	
			2	2	<1,30	<2,50	nn	nn	
	Cs-137	Herstelle, km 47,2 am Auslaufbauwerk, km 49,6 Wehrden, km 60,2	2		18,0	20,0	19,0	20,0	
			2		35,0	42,0	38,5	38,5	
			2		13,0	13,0	13,0	26,0	

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Aktivitätskonzentration					
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min.Wert	Max.Wert	2001	2000
WESER / KKW Grohnde								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	4	4	<10,0	<10,0	nn	-
		am Auslaufbauwerk	4	1	<10,0	110	74,7	-
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0051	<0,011	nn	-
		am Auslaufbauwerk	4	4	<0,0055	<0,015	nn	-
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0051	<0,010	nn	-
am Auslaufbauwerk		4	4	<0,0052	<0,013	nn	-	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Grohnde, km 122	4	4	<0,32	<0,64	nn	nn
		Hameln, km 135	4	4	<0,34	<0,65	nn	nn
	Cs-137	Grohnde, km 122	4		16,0	18,0	17,0	17,3
		Hameln, km 135	4		18,0	20,0	19,0	20,0
UNTERWESER / KKW Unterweser								
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4		0,73	1,10	0,92	1,05
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4		0,46	0,77	0,57	0,94
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4		7,90	11,0	9,1	9,1
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4		4,70	12,0	8,6	12,0
RUR / Forschungszentrum Jülich								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Selhausen	4	4	<10,0	<10,0	nn	nn
		Jülich-Süd	4	4	<10,0	<10,0	nn	nn
	Co-60	Selhausen	4	4	<0,050	<0,050	nn	nn
		Jülich-Süd	4	4	<0,050	<0,050	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Selhausen	2	2	<3,10	<3,60	nn	nn
		Jülich-Süd	2	2	<3,60	<4,00	nn	nn
	Cs-137	Selhausen	2		21,0	20,0	20,5	21,0
		Jülich-Süd	2		23,0	28,0	25,5	28,0
GOORBACH / Urananreicherungsanlage Gronau								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Retentionsanlage unterhalb der Straßenkreuzung	4	3	<0,060	0,080	<0,065	0,065
			12	12	<0,060	<0,060	nn	<0,068
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Retentionsanlage	2	2	<2,0	<2,5	nn	nn
		Dinkel, nach Kläranlage Gronau	2	2	<2,9	<3,9	nn	nn
	Cs-137	Retentionsanlage	2		58,0	110	84	114
		Dinkel, nach Kläranlage Gronau	2		21,0	46,0	34,0	48,0
	Uran	Retentionsanlage unterhalb der Straßenkreuzung	1		0,79	0,79	0,79	3,17
			1		0,92	0,92	0,92	0,34
AHAUSER AA / MOORBACH / Brennelement-Zwischenlager Ahaus								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	G-α	Ahauser Aa	4	4	<0,20	<0,20	nn	nn
	Rβ		4	4	<0,11	<0,11	nn	nn
	H-3		4	4	<10,0	<10,0	nn	nn
	Co-60		4	4	<0,050	<0,050	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,050	<0,050	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Moorbach	4	4	<2,00	<5,00	nn	nn
		Ahauser Aa	4	4	<1,00	<5,00	nn	nn
	Cs-137	Moorbach	4		30,0	51,0	38,5	41,3
		Ahauser Aa	4		51,0	64,0	56,0	64,8
ELBE / Forschungszentrum Geesthacht								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	3	3	<10,0	<10,0	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	3	3	<10,0	<10,0	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	3	3	<0,035	<0,045	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	3	3	<0,026	<0,041	nn	nn

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Aktivitätskonzentration					
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min.Wert	Max.Wert	2001	2000
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6 nach Auslaufbauwerk, km 579,6	3	3	<0,029	<0,032	nn	nn
3			3	<0,028	<0,032	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6 nach Auslaufbauwerk, km 579,6	2	2	<0,78	<0,85	nn	nn
			2	2	<0,71	<0,84	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6 nach Auslaufbauwerk, km 579,6	2	2	0,93	1,20	1,07	<0,91
			2	2	<0,79	<1,10	nn	<0,82
ELBE / KKW Krümmel								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 568,9 nach Auslaufbauwerk, km 588,3	12	12	<6,5	<6,5	nn	nn
			12	12	<6,5	<6,5	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 568,9 nach Auslaufbauwerk, km 588,3	12	12	<0,0065	<0,013	nn	nn
			12	12	<0,0059	<0,012	nn	nn
			12	12	<0,0088	<0,015	nn	nn
Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 568,9 nach Auslaufbauwerk, km 588,3	12	12	<0,0075	<0,016	nn	nn	
		12	12	<0,0075	<0,016	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,8 nach Auslaufbauwerk, km 582,9	4	4	<0,94	<1,10	nn	nn
			4	4	<0,78	<1,10	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,8 nach Auslaufbauwerk, km 582,9	4	4	1,70	2,80	2,28	1,88
			4	4	0,52	1,20	0,81	0,57
ELBE / KKW Brokdorf								
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 678-682,5 nach Auslaufbauwerk, km 683,3-688,8	8	8	<0,88	<2,00	nn	nn
			6	6	<0,72	<1,10	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 678-682,5 nach Auslaufbauwerk, km 683,3-688,8	8	2	<0,98	5,80	4,20	4,25
			6	3	<0,91	4,10	<2,14	3,18
ELBE / KKW Stade								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 635 am Auslaufbauwerk	4	4	<10,0	<10,0	nn	nn
			4	3	<10,0	22,0	<13,0	<12,3
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 635 am Auslaufbauwerk	4	4	<0,0058	<0,014	nn	nn
			4	4	<0,0060	<0,016	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 635 am Auslaufbauwerk	4	4	<0,0050	<0,012	nn	nn
4			4	<0,0051	<0,013	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 654 nach Auslaufbauwerk, km 660	4	2	<0,24	0,41	<0,32	<0,33
			4	1	0,38	0,56	0,45	0,47
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 654 nach Auslaufbauwerk, km 660	4	4	2,9	7,0	5,6	7,7
			4	4	9,2	13,0	10,5	9,6
ELBE / KKW Brunsbüttel								
Oberflächenwas- ser (Bq/l)	H-3	Elbe, km 690	4	4	<5,2	<5,5	nn	<6,1
		Elbe, km 693	2	2	<5,2	<5,5	nn	nn
		Elbe, km 698	2	2	<5,2	<5,5	nn	nn
	Co-60	Elbe, km 690	4	4	<0,0095	<0,0010	nn	nn
		Elbe, km 693	2	2	<0,0088	<0,0091	nn	nn
		Elbe, km 698	2	2	<0,0085	<0,010	nn	nn
	Sr-90	Elbe, km 690	4	4	0,0046	0,0053	0,0050	0,0052
		Elbe, km 693	2	2	0,0049	0,0049	0,0049	0,0057
		Elbe, km 698	2	2	0,0048	0,0052	0,0050	0,0055

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Aktivitätskonzentration					
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min.Wert	Max.Wert	2001	2000
	Cs-137	Elbe, km 690	4	3	0,0073	0,0073	<0,0098	nn
		Elbe, km 693	2		0,010	0,011	,011	nn
		Elbe, km 698	2	2	<0,0093	<0,011	nn	<0,0078
	Pu-238	Elbe, km 690	1	1	<0,00009	<0,00009	nn	nn
	Pu-239/240	Elbe, km 690	1		0,00008	0,00008	0,00008	0,0004
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Auslaufbauwerk, 5 m oberhalb am Auslaufbauwerk	4	4	<0,79	<1,50	nn	nn
			2	2	<0,95	<1,10	nn	nn
		Auslaufbauwerk, 5 m unterhalb	4	4	<0,083	<1,20	nn	nn
	Cs-137	Auslaufbauwerk, 5 m oberhalb am Auslaufbauwerk	4	1	<0,84	3,60	2,20	2,18
			2		3,70	4,70	4,20	4,30
		Auslaufbauwerk, 5 m unterhalb	3		1,10	1,90	1,60	1,40
	Pu-238	Auslaufbauwerk, 5 m oberhalb am Auslaufbauwerk	1		0,0057	0,0057	0,0057	0,0049
			1		0,034	0,034	0,034	0,036
	Pu-239/240	Auslaufbauwerk, 5 m unterhalb	1		0,019	0,019	0,019	0,0049
		Auslaufbauwerk, 5 m oberhalb am Auslaufbauwerk	1		0,042	0,042	0,042	0,031
		1		0,18	0,18	0,18	0,20	
		Auslaufbauwerk, 5 m unterhalb	1		0,11	0,11	0,11	0,032
HAVEL / KKW Rheinsberg (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	3	3	<4,6	<7,0	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	3	3	<4,7	<6,3	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	3	3	<0,0017	<0,0022	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	3	3	<0,0014	<0,0019	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	3		0,0070	0,0090	0,0077	0,009
nach Auslaufbauwerk		3		0,0080	0,0091	0,0086	0,009	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2		0,10	0,20	0,15	0,20
		nach Auslaufbauwerk	2		0,20	0,30	0,25	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2		21,0	22,0	21,5	22,0
		nach Auslaufbauwerk	2		4,80	8,50	6,65	4,90
GREIFSWALDER BODDEN / KKW Greifswald (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	12	8	2,2	2,8	<3,3	3,8
		nach Auslaufbauwerk	12	7	2,2	4,9	<3,5	3,6
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	12	12	<0,0042	<0,0076	nn	<0,0067
		nach Auslaufbauwerk	12	12	<0,0052	<0,0072	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	12		0,011	0,032	0,023	0,031
		nach Auslaufbauwerk	12		0,018	0,043	0,031	0,032
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,14	<0,27	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,13	<0,38	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4		5,45	7,77	6,70	7,50
		nach Auslaufbauwerk	4	1	3,71	7,01	5,25	12,3
ALLER / Endlager Morsleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	4	4	<3,0	<3,0	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	3	3	<3,0	<3,0	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,0050	<0,0060	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,0050	<0,0060	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	3	3	<0,0050	<0,0060	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	3	3	<0,0050	<0,0060	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Schwanefeld	1	1	<0,17	<0,17	nn	nn
	Cs-137	Schwanefeld	1		8,5	8,5	8,5	7,40
ELBE/KALTER BACH/DITTERSBACH / Forschungszentrum Rossendorf								
Oberflächen- wasser Bq/l)	H-3	Dittersbach	2	2	<5,5	<5,7	nn	nn
		Kalter Bach	3		31,0	45,0	36,0	37,0
		Elbe, oberhalb Wesenitz	2	2	<5,5	<5,7	nn	nn
		Elbe, unterhalb Wesenitz	2	2	<5,5	<5,7	nn	nn
	Co-60	Kalter Bach	3		0,013	0,023	0,018	0,017

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Aktivitätskonzentration					
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min.Wert	Max.Wert	2001	2000
	Cs-137	Dittersbach	2	2	<0,0022	<0,0025	nn	nn
		Kalter Bach	3		0,010	0,027	0,016	<0,015
		Elbe, oberhalb Wesenitz	2	2	<0,0019	<0,0020	nn	nn
		Elbe, unterhalb Wesenitz	2	2	<0,0020	<0,0025	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Kalter Bach	1		1,80	1,80	1,80	2,50
	Cs-137	Dittersbach	2		8,50	9,60	9,10	4,20
		Kalter Bach	2		15,0	23,0	19,0	15,5
		Elbe, unterhalb der Wesenitz	2		1,70	11,0	6,4	3,40

a) Daten lagen nicht vor

1.4.4 Fische und Wasserpflanzen
(Fish and aquatic plants)

Bearbeitet von der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg

Der vorliegende Beitrag enthält Messergebnisse der Radioaktivität in Fischen und Wasserpflanzen, die im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen (nach REI) von den Messstellen der Länder und den Betreibern erhalten wurden. Im Berichtsjahr 2001 wurden für 23 kerntechnische Anlagen γ -spektrometrische Messungen (vor allem Cäsium-137) an 97 Fischfleischproben und 3 Wasserpflanzenproben, sowie für 2 Anlagen Strontium-90-Messungen an 16 Fischfleischproben durchgeführt. An einer Fischfleischprobe (Elbe, KKB) wurde auch die Bestimmung der sehr niedrigen Aktivitätskonzentration von Plutonium-239/240 durchgeführt. Hinsichtlich der Fischarten ergab sich, dass Proben von 21 Süßwasserfischarten, 6 Mischproben (Süßwasser), 5 marinen Arten aus Flussunterläufen bzw. Ästuaren sowie nicht arten-spezifizierte untersucht wurden. Die Wasserpflanzen wurden ebenfalls nicht spezifiziert. Die statistische Auswertung der Daten wurde wie im Teil I 3.4.3 beschrieben durchgeführt.

Die Radioaktivitätsdaten in Fischen und Wasserpflanzen sind in Tabelle 1.4.4-1 - nach Fließgewässer und überwachter Anlage sortiert - zusammengefasst. In Fließgewässern wurde Cäsium-134 im Fisch nicht mehr nachgewiesen. Für die niedrigen Cs-137-Gehalte in Fischen ist 2001 gegenüber dem Vorjahr bei einem anlagenweisen Vergleich im Rahmen der statistischen Streuung keine Veränderung zu verzeichnen. Die im Messprogramm für das außer Betrieb befindliche Kernkraftwerk Rheinsberg sowie das Hahn-Meitner-Institut erhaltenen höheren Cs-137-Gehalte im Fisch sind darauf zurückzuführen, dass die Proben nicht einem Fließgewässer, sondern aus Seen (Stechlinsee, Ellbogensee und Sacrower See) entnommen wurden, so dass die gefundenen Cäsium-Aktivitäten, auch Cs-134 im Falle des Stechlinsees und des Sacrower Sees, auf den Tschernobyl-Fallout zurückgehen. Bedingt durch den Ostsee-Einfluss im Greifswalder Bodden weisen die dort im Überwachungsprogramm des außer Betrieb befindlichen Kernkraftwerks Greifswald genommenen Proben ebenfalls höhere Cäsium-Gehalte auf.

Bei den wenigen in Tabelle 1.4.4-1 mit aufgenommenen Messdaten von Wasserpflanzen, die als Indikatoren für im Wasser vorhandene künstliche Radionuklide dienen, insbesondere aus Ableitungen kerntechnischer und klinischer Anlagen, sind keine Besonderheiten festzustellen

Tabelle 1.4.4-1 Spezifische Aktivität von Fischen und Wasserpflanzen 2001 (im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen)
(Specific activity in fish and aquatic plants in the year 2001 within the framework of ambient surveillance for nuclear plants)
(nn: Anzahl der Werte <NWG; Pu-239 steht für die Summe Pu-239 + Pu-240)

Fluss	Anlage	Radionuklid	N	nn	Min. Wert	Max. Wert	Medianwert
Fisch (Bq/kg) FM							
Donau	KRB II a) Gundremmingen						
Elbe	GKSS Geesthacht	Cs-137	6	0	0,25	0,40	0,36
	KKK Krümmel	Cs-137	4	0	0,26	0,33	0,29
	PKA a) Gorleben						
	KKS Stade	Cs-137	4	0	0,35	0,37	0,42
	KBR Brokdorf	Sr-90	6	6	<0,013	<0,02	<0,017
		Cs-137	6	0	0,28	0,68	0,32
	KKB Brunsbüttel	Sr-90	10	9	<0,0077	0,1	<0,0087
	Cs-137	14	0	0,21	0,72	0,26	
		Pu-239	1	1	<0,00026	<0,00026	<0,00026
Ems	KKE Emsland	Cs-137	8	0	0,19	2,4	0,92

(Fortsetzung Tabelle)

Fluss	Anlage	Radionuklid	N	nn	Min. Wert	Max. Wert	Medianwert
Greifswalder Bodden	Greifswald	Cs-137	6	0	0,16	13	1,2
Harttheich	Rosendorf a)						
Havel	HMI Berlin	Cs-137	1	0	3,4	3,4	3,4
Isar	KKI 1/2 Isar a)						
Main	KKG a) Grafenrheinfeld VAK a) Kahl						
Neckar	GKN Neckarwestheim	Cs-137	3	0	0,085	0,12	0,12
	KWO Obrigheim	Cs-137	4	2	0,058	0,062	0,058
Rhein	Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	2	0	0,32	0,42	0,37
	Biblis	Cs-137	4	0	0,12	0,20	0,14
	Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	6	0	0,11	0,35	0,17
	KKP Philippsburg	Cs-137	4	0	0,15	0,21	0,17
	Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	0	0,16	0,22	0,19
Rheinniederungskanal	KfK Karlsruhe	Cs-137	1	0	0,14	0,14	0,14
Rur	KFA Jülich	Cs-137	4	0	0,18	0,34	0,25
Sacrower See	HMI Berlin	Cs-134	1	0	0,18	0,18	0,18
		Cs-137	1	0	57	57	57
Stechlinsee	KKR Rheinsberg	Cs-134	2	1	<0,14	0,30	<0,22
		Cs-137	2	2	4,6	120	62
Ellbogensee	KKR Rheinsberg	Cs-137	2	0	9,1	12	11
Weser	KWG Grohnde KKU Unterweser	Cs-137	6	0	0,07	0,26	0,10
		Cs-137	5	0	0,18	0,45	0,24
Wasserpflanzen (Bq/kg) TM							
Ahauser Aa	Ahaus	Co-60	2	2	<0,5	<0,5	<0,5
		Cs-137	1	0	0,19	0,19	0,19
Moorbach	Ahaus	Co-60	1	1	<0,5	<0,5	<0,5
Isar	FRM a)						
	Garching a)						
	KKI 1/2 Isar						

a) Daten lagen nicht vor

1.4.5 Grundwasser und Trinkwasser (Groundwater and drinking water)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Institut für Angewandten Strahlenschutz, Berlin

Im Rahmen der Überwachung von Grund- und Trinkwasser nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind im Jahr 2001 von den amtlichen Messstellen der Länder Messwerte mitgeteilt worden, die in Tabelle 1.4.5-1 übersichtlich zusammengefasst sind. Aufgeführt sind die Anzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der Messwerte oberhalb der Nachweisgrenze, der Minimal- und der Maximalwert sowie der Median der Aktivitätskonzentration.

Grundwasser

Im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen wurden Messwerte von 151 Grundwasserentnahmestellen gemeldet.

Für Cäsium-137 liegen alle Messwerte unterhalb der angegebenen Nachweisgrenzen von 0,63 mBq/l bis 72 mBq/l. (2000: Drei Messwerte über der Nachweisgrenze, 2,6 bis 17 mBq/l). Der Median aller mitgeteilten Werte einschließlich derer unterhalb der Nachweisgrenze liegt bei < 25 mBq/l (2000: < 24 mBq/l).

Die Werte für die Strontium-90-Aktivitätskonzentrationen (53% der Messwerte über der Nachweisgrenze) liegen zwischen 0,90 mBq/l und 6,1 mBq/l (2000: 0,80 bis 16 mBq/l). Der Median aller Werte liegt bei < 1,6 mBq/l (2000: 2,8 mBq/l).

Die berichtete Gesamt- α -Aktivitätskonzentration liegt zwischen 0,034 Bq/l und 4,4 Bq/l (2000: 0,025 bis 4,9 Bq/l), mit einem Median sämtlicher Werte von 0,16 Bq/l (2000: < 0,20 Bq/l), wobei sämtliche Messwerte oberhalb 0,1 Bq/l im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Hanauer Nuklearbetriebe in Hessen ermittelt wurden. Erhöhte Werte wurden in Überwachungsbrunnen auf dem Werksgelände in unmittelbarer Nähe des Fertigungsgebäudes des SIEMENS-Brennelementwerkes Hanau (früher RBU I) erstmals nach Leckagen im Kühlwasserkreislauf im Jahr 1986 festgestellt. Sie treten ebenfalls lokal auf dem Betriebsgelände der Fa. NUKEM auf. Die Gesamt- α -Aktivitätswerte sind dort hauptsächlich auf Uranisotope zurückzuführen.

Die Rest- β -Aktivitätskonzentration wurde in 36 Proben gemessen. Alle Werte lagen unterhalb der gefundenen Nachweisgrenzen (2000: alle Werte unterhalb der Nachweisgrenze). Der Median aller Werte beträgt < 0,10 Bq/l (2000: < 0,10 Bq/l).

In 18% der untersuchten Wasserproben wurde Tritium im Konzentrationsbereich von 0,46 Bq/l bis 410 Bq/l nachgewiesen (2000: 0,53 Bq/l bis 410 Bq/l), der Median aller Werte einschließlich derer unterhalb der Nachweisgrenze liegt bei < 9,7 Bq/l (2000: < 9,0 Bq/l). Die Werte liegen damit teilweise deutlich über den derzeitigen Werten im Niederschlag, die zwischen 1 und 2 Bq/l liegen.

Die maximalen Tritiumkonzentrationen von bis zu 410 Bq/l (2000: bis 410 Bq/l) wurden - wie in den vergangenen Jahren - an Probenentnahmestellen für oberflächennahes Grundwasser auf dem Gelände des Freilagers für radioaktive Abfälle des Forschungszentrums Rossendorf gefunden. Bei diesen Stichproben wurden auch eine Kobalt-60-Kontamination von bis zu 0,44 Bq/l (2000: 0,35 Bq/l) ermittelt. Die erhöhten H-3- und Co-60-Werte im Grundwasser sind auf eine Kontamination des Untergrundes auf dem Betriebsgelände infolge von Leckagen an (inzwischen nicht mehr genutzten) Beton-Abklingbecken für kontaminierte Wässer zurückzuführen. Alle Proben außerhalb des Forschungsstandortes weisen H-3-Werte unterhalb der Nachweisgrenze von 5,0 Bq/l auf.

Die im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Schachanlage Asse festgestellten Radionuklide sind natürlichen Ursprungs oder im Fall von Sr-90 eine Folge des globalen Fallouts.

Trinkwasser

Im Jahr 2001 wurden im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen Messwerte von 37 Trinkwasser- und 17 Rohwasser-Entnahmestellen beprobt.

Für Cäsium-137 wurde wie 2000 kein Messwert oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenzen von 0,35 mBq/l bis 60 mBq/l ermittelt. Der Median aller Cs-137-Werte liegt bei < 20 mBq/l (2000: < 16 mBq/l).

Die Aktivitätskonzentrationen für Strontium-90 liegen zwischen 0,33 mBq/l und 13 mBq/l (2000: 0,25 bis 4,4 mBq/l), mit einem Median aller Werte von 2,5 mBq/l (2000: 2,0 mBq/l).

Die Werte für die Gesamt- α -Aktivitätskonzentrationen sind größtenteils natürlichen Ursprungs. Die gemessenen Werte über der Nachweisgrenze liegen zwischen 34 mBq/l und 100 mBq/l (2000: 10 mBq/l bis 130 mBq/l). Der Median sämtlicher Werte liegt bei 70 mBq/l (2000: 73 mBq/l).

In 26 Proben (von 89 gemessenen Proben) wurde Tritium in Konzentrationen zwischen 0,82 Bq/l und 78 Bq/l (2000: 0,8 bis 74 Bq/l) nachgewiesen, der Median aller Werte liegt bei < 8,0 Bq/l (2000: < 7,8 Bq/l). Die über den derzeitigen Werten im Niederschlag zwischen 1 und 2 Bq/l liegenden Werte sind auf den Eintrag von Oberflächenwasser (z. B. als Uferfiltrat) zu erklären, das durch H-3-Emissionen aus dem Abwasser kerntechnischer Anlagen belastet ist.

Alle Werte über 10 Bq/l stammen aus Einzelwasserversorgungen in der Nähe eines Altrheinarms, der in der Fließrichtung von Grund- und Oberflächenwasser des Forschungszentrums Karlsruhe liegt. Das Trinkwasser aus öffentlichen Wasserversorgungen in den Ortschaften beim Forschungszentrum weist lediglich Tritiumkonzentrationen von < 2,5 Bq/l auf. Selbst unter der Annahme, dass der gesamte Trinkwasserbedarf mit Wasser aus den Einzelwasserversorgungen gedeckt würde, ergäbe sich nur eine unwesentliche Erhöhung gegenüber der natürlichen Strahlenexposition für die betroffenen Personen.

Eine Strahlenexposition der Bevölkerung durch künstliche radioaktive Stoffe auf dem Wege über das Trinkwasser ist auf Grund der vorliegenden Daten gegenüber der natürlichen Strahlenexposition vernachlässigbar klein.

Tabelle 1.4.5-1 Umgebungsüberwachung von kerntechnischen Anlagen 2001
(Grundwasser und Trinkwasser)
(Surveillance of the surroundings of nuclear facilities in 2001
- groundwater and drinking water)

Land	Nuklid	Anzahl gesamt ^{b)}	Anzahl <NWG	Minimal- werte ^{a)}	Maximal- werte ^{a)}	Mittel- werte ^{a)}	Mediane
Grundwasser in Bq/l							
Bundesrepublik Deutschland	K-40	128	77	0,011	1,1		<0,38
	Co-60	398	377	0,01	0,44		<0,03
	Cs-137	254	254				<0,025
	H-3	419	342	0,46	410		<9,7
	Sr-90	17	8	0,0009	0,061	0,0019	<0,0016
	R-Beta	36	36				<0,1
	G-Alpha	82	29	0,034	4,4	0,85	0,16
Trinkwasser in Bq/l							
Bundesrepublik Deutschland	K-40	55	43	0,029	0,32		<0,38
	Co-60	70	70				<0,02
	Cs-137	69	69				<0,02
	H-3	89	63	0,82	78		<8,0
	Sr-90	29	17	0,00033	0,013		0,0025
	G-Alpha	5	0	0,034	0,1	0,071	0,07

- a) Liegen mehr als 50% der gemessenen Werte unterhalb der Nachweisgrenze, werden nur der Minimalwert- und der Maximalwert angegeben. Der arithmetische Mittelwert wurde aus den Messwerten ohne Berücksichtigung der Nachweisgrenzen errechnet.
- b) Gemäß REI-Messprogramm ist bei der g-Spektrometrie die Einhaltung der Nachweisgrenze nur für das Radionuklid Co-60 vorgeschrieben, d.h. für andere g-strahlende Radionuklide müssen die Nachweisgrenzen von der Messstelle nicht angegeben werden. Da nicht alle Messstellen die Nachweisgrenzen für Cs-137 und K-40 mitteilen, ist für diese Nuklide die Anzahl der gemeldeten Werte kleiner als bei Co-60.

1.4.6 Pflanzliche Nahrungsmittel (Foodstuffs of vegetable origin)

Bearbeitet vom Institut für Chemie und Technologie der Milch der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel

Hinsichtlich der radioökologischen Situation in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und den beobachteten Schwankungen der Messwerte in diesen Bereichen gelten die gleichen Ausführungen, die bereits in den Kapiteln I 3.2 und I 3.4.2 gemacht wurden. Auch in der Umgebung kerntechnischer Anlagen ist die Situation nach wie vor durch die zurückliegenden Depositionen nach den Kernwaffenversuchen der sechziger Jahre und nach dem Tschernobylunfall im Jahre 1986 geprägt.

Die Ergebnisse der Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind für Gemüse und Getreide in den Tabellen 1.4.6-1 und 1.4.6-2, für Obst in Tabelle 1.4.6-3 zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit anderen Orten in der Bundesrepublik keine Erhöhung der Radioaktivität erkennen.

Tabelle 1.4.6-1: Radioaktivität der pflanzlichen Nahrungsmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Gemüse
(Radioactivity of food of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: vegetables)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM			
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert b) (Bereich)
Baden-Württemberg			Cs-137		Sr-90
FZ Karlsruhe	1999	23	<0,10	8	0,21
	2000	19	<0,07	4	0,20
	2001	10	<0,04 (<0,02 - <0,09)	4	0,08 (0,03 - 0,15)
Kernkraftwerk Obrigheim	1999	17	<0,14	9	0,30
	2000	17	<0,13	9	0,16
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Neckarwestheim	1999	18	<0,14	11	0,13
	2000	15	<0,13	10	0,12
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Philippsburg	1999	8	<0,10	3	0,21
	2000	8	<0,07	5	0,08
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Beznau/Leibstadt Schweiz	1999	17	<0,13	9	0,32
	2000	12	<0,14	9	0,35
	2001	1	<0,09	a)	a)
Kernkraftwerk Fessenheim Frankreich	1999	15	<0,17	8	0,32
	2000	13	<0,14	6	0,16
	2001	a)		a)	
Bayern					
Kernkraftwerk Gundremmingen	1999	6	<0,23	6	0,12
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Isar	1999	1	<0,2	1	0,17
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM			
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert b) (Bereich)
			Cs-137		Sr-90
Kernkraftwerk Grafenrheinfeld	1999 2000 2001	4 a) a)	<0,1	4 a) a)	0,11
Berlin					
Forschungsreaktor BERII	1999 2000 2001	7 6 11	<0,15 <0,09 <0,18 (<0,06 - 0,48)	3 3 4	0,10 0,17 0,43 (0,08 - 0,8)
Brandenburg					
Kernkraftwerk Rheinsberg	1999 2000 2001	11 8 11	<0,15 <0,11 <0,13 (<0,09 - <0,2)	11 8 11	0,42 0,12 0,24 (0,05 - 0,83)
Hessen					
Kernkraftwerk Biblis	1999 2000 2001	12 5 4	<0,03 <0,05 <0,11 (<0,05 - <0,14)	12 a) 3	0,09 0,11 (0,08 - 0,13)
Nuklearbetriebe Hanau	1999 2000 2001			1 1 a)	Pu-238 Bq/kg Asche Pu-239/240 Bq/kg Asche
					<0,68 <0,68 <0,04 <0,04 a) a)
Mecklenburg-Vorp.					Sr-90
Kernkraftwerk Greifswald	1999 2000 2001	8 9 5	<0,07 <0,08 <0,06 (0,04 - <0,07)	8 9 5	0,24 0,25 0,27 (0,06 - 0,53)
Niedersachsen					
Kernkraftwerk Emsland	1999 2000 2001	7 7 a)	<0,11 <0,08	5 6 a)	0,28 0,14
Kernkraftwerk Grohnde	1999 2000 2001	7 a) a)	<0,08	6 a) a)	0,16
Kernkraftwerk Stade	1999 2000 2001	6 5 a)	<0,13 <0,09 a)	4 5 a)	<0,17 0,19 a)
Kernkraftwerk Unterweser	1999 2000 2001	6 2 a)	<0,12 <0,07	4 2 a)	0,21 0,08
Nordrhein-Westfalen					
KFA Jülich	1999 2000 2001	6 3 a)	<0,10 <0,08	7 3 5	0,15 0,25 <0,34 (<0,01 - 1,2)

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM				
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert b) (Bereich)	
UAG Gronau	1999	3	Fluor (mg/kg TM) 3,5 3,3 <3,1 (<1,5 - 5,9)	4 2 4	Uran (Bq/kg TM)	U-238 (Bq/kg TM)
	2000	2			<0,30	<0,5 (N=1)
	2001	4			<0,58 (<0,23 - 1,2)	<0,5 a)
		Cs-137		Sr-90		
Rheinland-Pfalz Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich	2000	1	<0,04			
	2001	a)				
Sachsen Rossendorf	1999	5	<0,73	1	0,14	
	2000	5	<0,10	a)	a)	
	2001	1	<0,09	1	0,19	
Sachsen-Anhalt Endlager Morsleben	1999	3	<0,12	2	0,26	
	2000	2	<0,15	1	0,16	
	2001	2	<0,21 (<0,17; <0,24)	1	0,36	
Schleswig-Holstein GKSS Geesthacht	2001	1	<0,09	1	0,13	
Kernkraftwerk Krümmel	2000	1	0,06	1	0,10	
	2001	2	<0,08 (<0,07; 0,08)	2	0,10 (0,04: 0,16)	

a) Daten lagen nicht vor

b) Weicht die Anzahl einzelner Messungen vom angegebenen N ab, ist sie getrennt aufgeführt

Tabelle 1.4.6-2: Radioaktivität der pflanzlichen Nahrungsmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Getreide
(Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: cereals)

Bundesland kerntechnische Anlage	Jahr	N	Aktivität Bq/kg FM			
			Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert b) (Bereich)	
Baden-Württemberg		Cs-137		Sr-90		
FZ Karlsruhe	1999	8	<0,08	4	0,32	
	2000	9	<0,11	3	0,36	
	2001	4	<0,07 (<0,06 - <0,07)	2	0,51 (0,50; 0,52)	
Kernkraftwerk Obrigheim	1999	6	<0,17	3	0,16	
	2000	6	<0,14	3	0,12	
	2001	a)		a)		
Kernkraftwerk Neckarwestheim	1999	6	<0,15	3	0,13	
	2000	6	<0,14	3	0,14	
	2001	a)		a)		
Kernkraftwerk Philippsburg	1999	2	<0,10	1	0,11	
	2000	4	<0,11	a)		
	2001	a)		a)		

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland kerntechnische Anlage	Jahr	N	Aktivität Bq/kg FM		
			Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert b) (Bereich)
			Cs137		Sr-90
Kernkraftwerk Beznau/Leibstadt Schweiz	1999 2000 2001	7 5 a)	<0,13 <0,13	4 3 a)	0,25 0,29
Kernkraftwerk Fessenheim Frankreich	1999 2000 2001	6 4 a)	<0,14 <0,17	5 3 a)	0,26 0,18
Bayern					
Kernkraftwerk Gundremmingen	1999 2000 2001	8 a) a)	<0,22	8 a) a)	0,08
Kernkraftwerk Isar	1999 2000 2001	5 a) a)	<0,2	5 a) a)	0,11
Kernkraftwerk Grafenrheinfeld	1999 1999 2001	2 a) a)	<0,10	2 a) a)	0,13
			Gesamt-α-Aktivität		
SBWK Karlstein	1999 2000 2001	a) a) a)		a) a) a)	
Berlin			Cs-137		
Forschungsreaktor BERII	1999 2000 2001	a) a) a)			
Hessen					
Kernkraftwerk Biblis	1999 2000 2001	9 9 9	<0,10 <0,06 <0,16 (<0,1 - <0,28)	9 a) 3	0,23 0,13 (0,07 - 0,19)
			Gesamt-α-Aktivität Bq/kg Asche		Pu-238 Bq/kg Asche
Nuklearbetriebe Hanau	1999 2000 2001			1 1 a)	<0,03 <0,03 <0,02
			Cs-137		Sr-90
Mecklenburg-Vorp.					
Kernkraftwerk Greifswald	1999 2000 2001	5 5 6	<0,12 <0,14 <0,15 (<0,11 - <0,18)	5 5 6	0,17 0,16 0,40 (0,17 - 0,71)
Niedersachsen					
Kernkraftwerk Emsland	1999 2000 2001	2 2 a)	0,16 <0,10	2 1 a)	0,23 0,58
Kernkraftwerk Grohnde	1999 2000 2001	1 7 a)	<0,10 <0,09	1 6 a)	0,58 0,16

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland kerntechnische Anlage	Jahr	N	Aktivität Bq/kg FM		
			Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert b) (Bereich)
			Cs-137		Sr-90
Kernkraftwerk Stade	1999	2	<0,15	2	0,03
	2000	1	<0,07	1	<0,13
	2001	a)	a)	a)	a)
Kernkraftwerk Unterweser	1999	1	<0,11	1	0,46
	2000	2	<0,10	2	<0,10
	2001	a)		a)	
Nordrhein-Westfalen Zwischenlager Ahaus	2000	1	<0,25	1	0,93
	2001	a)		a)	
KFA Jülich	1999	a)		a)	
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
			Fluor (mg/kg TM)		Uran (Bq/kg TM)
UAG Gronau	1999	18	<0,60	18	<0,23
	2000	18	<1,22	18	<0,23
	2001	18	<1,42 (<0,10 - <1,5)	18	<0,23 (<0,23 - <0,23)
			Cs-137		U-238 (Bq/kg TM)
Rheinland-Pfalz Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich	1999	1	< 0,09	1	0,27
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Sachsen-Anhalt Endlager Morsleben	1999	4	<0,13	1	0,16
	2000	4	<0,16	2	0,15
	2001	3	<0,17 (<0,13 - <0,19)	1	0,07
Schleswig-Holstein GKSS	2000	1	0,18	1	0,45
	2001	1	<0,17	1	0,24
Kernkraftwerk Brunsbüttel	2000	2	<0,13	2	0,09
	2001	2	<0,13 (<0,12 - <0,13)	2	0,10 (0,09 - 0,11)
Kernkraftwerk Krümmel	2000	2	<0,07	2	0,30
	2001	2	<0,09 (<0,05 - <0,13)	2	0,29 (0,27 - 0,31)

a) Daten lagen nicht vor

b) Weicht die Anzahl einzelner Messungen vom angegebenen N ab, ist sie getrennt aufgeführt

Tabelle 1.4.6-3: Radioaktivität der pflanzlichen Nahrungsmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Obst
(Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: fruit)

Bundesland kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg Frischmasse			
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert b) (Bereich)
Baden-Württemberg			Cs - 137		Sr - 90
FZ Karlsruhe	1999	4	<0,05	1	0,38
	2000	7	<0,08	2	0,76
	2001	2	0,02 (0,01 - 0,03)	a)	
Kernkraftwerk Obrigheim	1999	7	<0,13	3	0,10
	2000	8	<0,13	3	0,13
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Neckarwestheim	1999	6	<0,13	3	0,25
	2000	6	<0,11	3	0,32
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Philippensburg	1999	5	<0,07	2	0,21
	2000	6	<0,09	3	0,08
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Beznau/Leibstadt	1999	10	<0,13	2	0,06
	2000	8	<0,10	a)	
	2001	1	<0,10		
Kernkraftwerk Fessenheim Frankreich	1999	3	<0,12	2	0,15
	2000	3	<0,15	1	0,02
	2001	a)		a)	
Bayern					
Kernkraftwerk Gundremmingen	1999	1	<0,2	1	0,03
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Grafenrheinfeld	1999	2	<0,10	2)	0,05
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Berlin					
Forschungsreaktor BERII	1999	5	<0,10	2	0,07
	2000	8	<0,09	9	<0,06
	2001	9	<0,10 (<0,06 - 0,15)	5	0,11 (0,02 - 0,27)
Brandenburg					
Kernkraftwerk Rheinsberg	1999	1	<0,12	1	0,20
	2000	1	<0,12	1	0,10
	2001	1	<0,12	1	0,07
Hessen					
Kernkraftwerk Biblis	1999	3	<0,03	3	0,02
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg Frischmasse			
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert b) (Bereich)
Mecklenburg-Vorp.			Cs-137		Sr-90
Kernkraftwerk Greifswald	1999	14	<0,11	14	0,07
	2000	15	<0,06	13	0,06
	2001	15	<0,16 (<0,06 - 1,00)	14	0,12 (0,02 - 0,56)
Niedersachsen					
Kernkraftwerk Emsland	1999	1	<0,07	1	0,14
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Grohnde	1999	2	<0,05	1	0,02
	2000	1	<0,06	1	0,04
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Stade	1999	6	<0,06	2	0,04
	2000	2	<0,09	1	0,03
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Unterweser	1999	3	<0,06	3	0,12
	2000	1	<0,04	1	0,05
	2001	a)		a)	
Nordrhein-Westfalen					
KFA Jülich	2000	4	<0,10	4	0,36
	2001	a)		a)	
			Fluor (mg/kgTM)		Uran (Bq/kgTM)
UAG Gronau	1999	2	0,70	2	<0,23
	2000	2	2,20	2	<0,23
	2001	2	<1,50 (<1,5 - <1,5)	2	<0,23 (<0,23 - <0,23)
			Cs-137		U-238 (Bq/kgTM)
					<0,5 (N=7)
					<0,5 (N=4)
Rheinland-Pfalz					
Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich	1999	5	<0,03	5	0,03
	2000	8	<0,02	8	0,02
	2001	8	<0,03 (<0,02 - <0,04)	8	0,03 (0,02 - 0,05)
Sachsen					
Rosendorf	1999	1	<0,06	1	0,05
	2000	2	<0,11	1	0,01
	2001	1	<0,09	1	0,03
Sachsen-Anhalt					
Endlager Morsleben	1999	3	<0,11	1	0,08
	2000	4	<0,12	2	<0,05
	2001	4	<0,12 (<0,11 - <0,13)	2	<0,04 (<0,04 - <0,04)
Schleswig-Holstein					
Kernkraftwerk Krümmel	2000	3	<0,04	3	0,07
	2001	3	<0,03 (<0,02 - <0,05)	2	0,05 (0,04 - 0,06)

a) Daten lagen nicht vor

b) Weicht die Anzahl einzelner Messungen vom angegebenen N ab, ist sie getrennt aufgeführt

Tabelle 1.4.6-4: Radioaktivität der pflanzlichen Nahrungsmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Kartoffeln
(Radioactivity of food stuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: potatoes)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM			
		N	Mittelwert (Bereich) Cs-137	N	Mittelwert (Bereich) Sr-90
Baden-Württemberg					
FZ Karlsruhe	1999	5	<0,15	1	0,05
	2000	3	<0,03	3	<0,07
	2001	2	<0,03 (<0,03 - 0,04)	a)	
Kernkraftwerk Obrigheim	1999	3	<0,15	3	0,05
	2000	3	<0,13	3	0,03
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Neckarwestheim	1999	3	<0,12	3	0,03
	2000	3	<0,13	3	0,03
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Philippensburg	1999	2	<0,12	2	0,03
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Beznau/Leibstadt Schweiz	1999	4	<0,14	4	0,06
	2000	4	<0,09	4	0,05
	2001	a)		a)	
Kernkraftwerk Fessenheim Frankreich	1999	2	<0,11	1	<0,01
	2000	2	<0,08	2	0,06
	2001	a)		a)	
Bayern					
Kernkraftwerk Gundremmingen	1999	3	<0,20	3	0,08
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Berlin					
Forschungsreaktor BERII	1999	1	<0,08		
	2000	1	0,08	1	0,02
	2001	2	<0,07 (<0,05 - 0,09)	1	0,17
Brandenburg					
Kernkraftwerk Rheinsberg	1999	a)		a)	
	2000	a)		a)	
	2001	a)		a)	
Hessen					
Kernkraftwerk Biblis	1999	5	<0,08	5	0,05
	2000	1	<0,04	a)	
	2001	2	<0,04 (<0,04 - <0,04)	1	0,05
Mecklenburg-Vorp.					
Kernkraftwerk Greifswald	1999	2	<0,06	2	0,02
	2000	2	<0,12	2	0,02
	2001	2	<0,09 (<0,07 - <0,11)	2	0,01 (0,01 - 0,02)

(Fortsetzung Tabelle)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM			
		N	Mittelwert (Bereich) Cs-137	N	Mittelwert (Bereich) Sr-90
Nordrhein-Westfalen KFA Jülich	1999	a)		a)	
	2000	2	<0,01	2	0,03
	2001	a)		a)	
Rheinland-Pfalz Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich	1999	3	<0,03	3	0,08
	2000	a)		a)	
	2001	1	0,04	1	0,04

a) Daten lagen nicht vor

1.5 Strahlenexposition durch kerntechnische Anlagen (*Radiation exposures from nuclear facilities*)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenhygiene, Oberschleißheim und Fachbereich Angewandter Strahlenschutz, Berlin

Die für das Jahr 2001 ermittelten Daten über die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen sind in den Abschnitten II 1.2 bzw. 1.3 zusammengefasst. Sie dienen als Grundlage für die Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der einzelnen Anlagen. Diese Berechnung wurde entsprechend der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 der neuen Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen" durchgeführt.

Berechnete obere Werte der Strahlenexposition

Die in den Tabellen 1.5-1 bis 1.5-6 angegebenen Expositionswerte für die kerntechnischen Anlagen stellen obere Werte dar, da sie gemäß § 47 Abs. 2 StrlSchV für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen ermittelt wurden. Die Referenzperson ist eine fiktive Person, für die in der Strahlenschutzverordnung (Anlage VII, Teil A bis C) die zu berücksichtigenden Expositionspfade, Lebensgewohnheiten und übrigen Annahmen festgelegt sind mit dem Ziel, dass bei deren Anwendung die Strahlenexposition des Menschen nicht unterschätzt wird. Die ungünstigsten Einwirkungsstellen sind die Stellen in der Umgebung einer Anlage, bei denen auf Grund der Verteilung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umgebung durch Aufenthalt oder durch Verzehr dort erzeugter Lebensmittel die höchste Strahlenexposition der Referenzperson zu erwarten ist. Nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 Mikrosievert, die Schilddrüsendosis höchstens 900 Mikrosievert und die Knochenoberflächendosis höchstens 1800 Mikrosievert pro Jahr betragen.

Tabelle 1.5-1 enthält die Ergebnisse aus den Berechnungen der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahr 2001 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft. Angegeben ist die effektive Dosis für Erwachsene (Altersgruppe >17 Jahre) und Kleinkinder (Altersgruppe >1 bis ≤2 Jahre) sowie die Schilddrüsendosis für Kleinkinder. Für die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke ergeben sich nach der neuen Strahlenschutzverordnung im Mittel um ca. 25% höhere Werte der effektiven Dosis als nach der alten Strahlenschutzverordnung. Dies ist vorwiegend auf höhere für die Referenzperson angenommene Verzehrswerten zurückzuführen. Die Expositionswerte der übrigen vier Altersgruppen liegen hier in den meisten Fällen zwischen den Werten für Kleinkinder und Erwachsene. Tabelle 1.5-1 zeigt als größten Wert der effektiven Dosis für Erwachsene 5 µSv (rund 2% des Grenzwertes nach Strahlenschutzverordnung) und für Kleinkinder 9 µSv (3% des Dosisgrenzwertes) beim Kernkraftwerk Gundremmingen. Der größte Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 8 µSv (rund 1% des Dosisgrenzwertes) ebenfalls beim Kernkraftwerk Gundremmingen.

In Tabelle 1.5-2 sind die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder zusammengestellt. Hierbei wurden ungünstige Verzehrswerten und Lebensgewohnheiten angenommen, insbesondere für Erwachsene ein hoher Konsum an Flussfisch, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird, und für beide Personengruppen der Aufenthalt von 1000 Stunden am Flussufer oder auf Wiesen in Flussnähe. Der größte Wert der effektiven Dosis beträgt 1,6 µSv für Kleinkinder (entsprechend ca. 0,5 % des Grenzwertes) am Standort des Kernkraftwerkes Emsland.

Entsprechend der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung wurde die Strahlenexposition am Unterlauf der Flüsse näher betrachtet, wobei jeweils sämtliche Emittenten berücksichtigt wurden. Für das Mündungsgebiet des Neckar wurde eine effektive Dosis von etwa 1 µSv für Erwachsene und 2 µSv für Kleinkinder ermittelt; für den Unterlauf der Weser wurde für beide Personengruppen 0,3 µSv bzw. 0,5 µSv berechnet; an Rhein und Main liegen die effektiven Dosen bei 0,2 µSv bzw. 0,3 µSv und an der Donau bei 0,3 µSv bzw. 0,6 µSv. Zu diesen Werten trägt vor allem die äußere Bestrahlung auf Überschwemmungsgebieten bei, die im Wesentlichen durch Ablagerungen aus früheren Jahren bedingt ist.

Tabelle 1.5-1 Strahlenexposition im Jahr 2001 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft in Mikrosievert
(Radiation exposures in the surroundings of nuclear power plants in the year 2001 due to the discharge of radioactive substances with exhaust air, expressed in microsievert)

Kernkraftwerk	Oberer Wert a)		
	der effektiven Dosis (μSv)		der Schilddrüsendosis (μSv)
	für Erwachsene	für Kleinkinder	für Kleinkinder
Kahl	<0,1	<0,1	<0,1
Rheinsberg b)	<0,1	<0,1	<0,1
Lingen	<0,1	<0,1	<0,1
Obrigheim	3	5	5
Stade	0,3	0,5	0,5
Würgassen	0,1	0,2	0,2
Greifswald b)	<0,1	<0,1	<0,1
Biblis A, B	0,3	0,6	0,8
Neckar 1, 2	0,8	1	1
Brunsbüttel	1	2	2
Isar 1,2	2	4	4
Unterweser	0,3	0,5	0,5
Philippsburg 1, 2	4	7	7
Grafenrheinfeld	0,2	0,3	0,3
Krümmel	1	2	4
Gundremmingen A, B, C	5	9	8
Grohnde	0,2	0,3	0,3
Hamm-Uentrop	<0,1	<0,1	<0,1
Mülheim-Kärlich	<0,1	<0,1	<0,1
Brokdorf	0,3	0,6	0,5
Emsland	0,3	0,5	0,5

- a) Berechnet für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen
b) Die Strahlenexposition konnte für Expositionspfade, bei denen Radionuklide in den Vorjahren akkumuliert wurden, nur unvollständig berechnet werden, da bei diesen Kernkraftwerken Werte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus den Jahren vor 1990 (Greifswald) bzw. vor 1984 (Rheinsberg) nicht vorliegen

Tabelle 1.5-2 Strahlenexposition im Jahr 2001 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser
(*Radiation exposures in the surroundings of nuclear power plants in the year 2001 due to the discharge of radioactive substances with waste water*)

Kernkraftwerk	Oberer Wert der effektiven Dosis	
	für Erwachsene (µSv)	für Kleinkinder in (µSv)
Kahl	< 0,1	< 0,1
Gundremmingen A, B und C	0,2	0,2
Obrigheim	0,2	0,3
Stade	< 0,1	< 0,1
Würgassen	< 0,1	< 0,1
Biblis A und B	0,1	0,2
Neckar 1 und 2	0,4	0,7
Brunsbüttel	< 0,1	< 0,1
Isar 1 und 2	0,2	0,4
Unterweser	< 0,1	0,2
Philippsburg 1 und 2	0,1	0,2
Grafenrheinfeld	0,3	0,5
Krümmel	< 0,1	< 0,1
Grohnde	0,2	0,3
Mülheim-Kärlich	< 0,1	< 0,1
Brokdorf	< 0,1	< 0,1
Emsland	0,9	1,6
Rheinsberg a)	0,1	0,1
Greifswald a)	0,1	< 0,1

a) Bei der Berechnung der Strahlenexposition konnten für Expositionspfade, bei denen die effektive Dosis durch langjährige Ablagerungen von Radionukliden bedingt ist, nur die seit 1990 mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe berücksichtigt werden

Die in Tabelle 1.5-3 angegebenen Werte für die entsprechenden Strahlenexpositionen durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Forschungszentren stammen aus den Jahresberichten der Forschungszentren Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht und des Hahn-Meitner-Instituts Berlin. Die Tabelle weist für die effektive Dosis im Jahr 2001 als höchsten Wert 7 µSv (rund 2% des Grenzwertes) für Erwachsene und 12 µSv (4% des Grenzwertes) für Kleinkinder beim Forschungszentrum Jülich auf. Der höchste Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 13 µSv (rund 1% des Grenzwertes) ebenfalls beim Forschungszentrum Jülich. Für die Strahlenexposition über das Abwasser aus Forschungszentren ergeben sich aus den jährlichen Ableitungen radioaktiver Stoffe der Forschungszentren Karlsruhe, Rossendorf und Jülich obere Werte für die effektive Dosis im Jahr 2001 von 5, 3 bzw. 0,4 µSv

Tabelle 1.5-3 Strahlenexposition im Jahr 2001 in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft^{*)}
(*Radiation exposures in the surroundings of research centres in the year 2001 due to the discharge of radioactive substances with exhaust air*)

Forschungseinrichtung	Oberer Wert		
	der effektiven Dosis (µSv)		der Schilddrüsendosis (µSv)
	für Erwachsene	für Kleinkinder	für Kleinkinder
Forschungszentrum Karlsruhe (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage)	0,9	1,2	2,3
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR)	7	12	13
Forschungszentrum Rossendorf (FZR)	0,4	0,6	0,6
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht	0,2	0,6	0,6
Hahn-Meitner-Institut Berlin (einschl. Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	0,1	0,2	0,3

*) Entnommen den Jahresberichten 2001 der Forschungszentren Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht und des Hahn-Meitner-Instituts Berlin

In Tabelle 1.5.4 wird die Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe über das Abwasser aus den Forschungszentren Karlsruhe, Jülich, Rossendorf und Geesthacht angegeben. Im Jahr 2001 wurde mit 5,5 µSv der höchste Wert der effektiven Dosis für Erwachsene beim Forschungszentrum Rossendorf berechnet.

Tabelle 1.5-4 Strahlenexposition im Jahr 2001 in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser *)
(Radiation exposures in the surroundings of research centres in the year 2001 due to the discharge of radioactive substances with waste water)

Forschungseinrichtung	Oberer Wert
	der effektiven Dosis für Erwachsene (µSv)
Forschungszentrum Karlsruhe (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage)	0,4
Forschungszentrum Jülich (einschließl. Versuchsreaktor AVR)	0,8
Forschungszentrum Rossendorf	5,5
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht	a)

*) Entnommen den Jahresberichten 2001 der Forschungszentren Karlsruhe, Jülich und Rossendorf

a) Daten lagen nicht vor

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Hanau, Lingen und Gronau sind in Tabelle 1.5-5 nach der neuen Strahlenschutzverordnung berechneten oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder durch die Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft aufgeführt. Für Kleinkinder sind an Stelle der oberen Werte der Lungendosis nunmehr die oberen Werte der Knochenoberflächendosis angegeben, da sich bei den Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben nach der neuen Strahlenschutzverordnung für die Lunge kleinere Dosiswerte und für die Knochenoberfläche überwiegend größere Dosiswerte ergeben als nach der alten Strahlenschutzverordnung. Der höchste Wert der effektiven Dosis beträgt für Erwachsene 0,0001 mSv (rund 0,03% des Grenzwertes) und für Kleinkinder 0,0003 mSv (0,1% des Grenzwertes). Der höchste Wert der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder ist 0,006 mSv (rund 0,3% des Grenzwertes).

Tabelle 1.5-5 Strahlenexposition im Jahr 2001 in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft
(Radiation exposures in the surroundings of processing facilities for nuclear fuels in the year 2001 due to the discharge of radioactive substances with exhaust air)

Betrieb	Oberer Wert		
	der effektiven Dosis (µSv)		der Knochenoberfläche (µSv)
	für Erwachsene	für Kleinkinder	für Kleinkinder
NUKEM GmbH (Hanau)	0,1	0,3	6
SIEMENS AG			
Brennelementewerk Hanau			
Betriebsteil MOX-Verarbeitung	<0,1	<0,1	<0,2
Betriebsteil Uran-Verarbeitung	<0,1	<0,1	<0,1
ANF GmbH (Lingen)	<0,1	<0,1	<0,1
URENCO D (Gronau)	<0,1	<0,1	<0,1

Die durch die Ableitungen von Alphastrahlern mit dem Abwasser bedingten Werte der effektiven Dosis von Erwachsenen und Kleinkindern in der Umgebung Kernbrennstoff verarbeitender Betriebe sind in Tabelle 1.5-6 aufgeführt. Wie in den Vorjahren liegen die Werte bei jeweils weniger als 0,1 µSv.

Tabelle 1.5-6 Strahlenexposition im Jahr 2001 in der Umgebung Kernbrennstoff verarbeitender Betriebe durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser
(*Radiation exposures in the surroundings of processing facilities for nuclear fuels in the year 2001 due to the discharge of radioactive substances with waste water*)

Betrieb	Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder (μSv)
NUKEM GmbH Hanau (einschließlich HOBEG)	< 0,1
SIEMENS AG Brennelementwerk Hanau	
Betriebsteil MOX-Verarbeitung	< 0,1
Betriebsteil Uranverarbeitung	< 0,1
ANF GmbH (Lingen)	< 0,1
URENCO D (Gronau)	< 0,1

Die Strahlenexposition in Folge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft und mit dem Abwasser aus dem Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ist in Tabelle 1.5-7 aufgeführt. Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis für Erwachsene betrug 2001 0,4 μSv , für Kleinkinder 0,7 μSv ; dies sind ca. 0,1% bzw. 0,2% des Grenzwertes nach der Strahlenschutzverordnung. Aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wurden 2001 obere Werte der effektiven Dosis unterhalb von 0,1 μSv für Erwachsene und Kleinkinder berechnet.

Tabelle 1.5-7 Strahlenexposition im Jahr 2001 in der Umgebung des Endlagers Morsleben durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft und dem Abwasser
(*Radiation exposure in the surroundings of the Morsleben final repository in the year 2001 due to the discharge of radioactive substances with exhaust air and waste water*)

	Abluft		Abwasser
	Oberer Wert (μSv)		Oberer Wert (μSv)
	der effektiven Dosis	der Lungendosis	der effektiven Dosis
Erwachsene	0,4	0,7	< 0,1
Kleinkinder	0,7	1,3	< 0,1

Der Betrieb kerntechnischer Anlagen in Nachbarländern (Teil II 1.1, Tabelle 1.1-4) führte 2001 bei Berechnung nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 der neuen Strahlenschutzverordnung für die betroffene Bevölkerung auf Bundesgebiet zu oberen Werten der effektiven Dosis bis zu 10 μSv . Für die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes über sämtliche relevanten Expositionspfade errechnen sich obere Werte bis zu 30 μSv pro Jahr; den größten Beitrag zur Schilddrüsendosis liefert der Weide-Kuh-Milch-Pfad. Bei den im Rahmen der Umgebungsüberwachung durchgeführten Messungen des Radiojodgehaltes von Milchproben aus grenznahen Weidegebieten wurde Jod-131 im Jahr 2001 in Milch nicht nachgewiesen.

Bewertung

Die für 2001 aus den Jahresableitungen nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung berechneten Werte der Strahlenexposition haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten. Sie liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres und betragen in der Regel bei der effektiven Dosis und bei den einzelnen Organdosen weniger als 10% des jeweiligen Dosisgrenzwertes. Damit sind die oberen Werte der Strahlenexposition durch Ableitungen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen kleiner als die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland.

Der Beitrag der kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland sowie im angrenzenden Ausland zur mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland lag auch im Jahr 2001 deutlich unter 10 μSv pro Jahr.