

II KÜNSTLICHE UMWELTRADIOAKTIVITÄT

(ARTIFICIAL RADIOACTIVITY IN THE ENVIRONMENT)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, vom Deutschen Wetterdienst, der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, von der Bundesanstalt für Gewässerkunde, dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, vom Johann Heinrich von Thünen-Institut und vom Max-Rubner-Institut

1. Quellen künstlicher Radioaktivität (Sources of artificial radioactivity)

1.1 Kernwaffenversuche (Nuclear weapons tests)

Der allgemeine Pegel der Umweltradioaktivität durch Kernwaffenversuche ist seit Inkrafttreten des internationalen „Vertrages über die Einstellung von Kernwaffenversuchen in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser“ im Jahr 1963 ständig zurückgegangen. Dennoch sind langlebige Radionuklide wie Sr-90 und Cs-137 auch heute noch in der Umwelt vorhanden.

Die Strahlendosis durch die in großer Zahl bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts und letztmals im Jahr 1980 in der Atmosphäre durchgeführten Kernwaffenversuche ist weiterhin rückläufig. Sie betrug 2009 weniger als 0,01 mSv.

Nach langjährigen Bemühungen der internationalen Staatengemeinschaft wurde am 24. September 1996 der Vertrag über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, CTBT) zur Unterzeichnung aufgelegt. Damit soll die Weiterentwicklung dieser Waffen verhindert werden. Es handelt sich daher nicht um ein Umweltschutzabkommen, sondern um einen Vertrag gegen die Proliferation von Massenvernichtungswaffen. Die Vertragsorganisation mit Sitz in Wien (CTBTO) baut zurzeit mit Hilfe der Signatarstaaten ein weltweites Überwachungssystem mit einem Netz von 321 Messstationen (Internationales Messnetz, IMS) auf, 80 davon werden mit Radionuklidmesssystemen ausgerüstet sein, die die Atmosphäre überwachen. Die dabei eingesetzten Detektoren orientieren sich an der Aufgabe, in der Luft auch noch geringste Freisetzungen von Radionukliden aus unterirdischen Kernexplosionen nachzuweisen, auch wenn die freigesetzte Menge für die Strahlenbelastung sehr gering ist. Deswegen sind diese Detektoren auch sehr viel empfindlicher als typische Geräte für den Einsatz im Strahlenschutz.

Die einzige Radionuklidstation in Mitteleuropa befindet sich an der deutschen Station Schauinsland des BfS (Radionuklidstation 33, RN 33) oberhalb von Freiburg. Dort sind automatische Messsysteme für den Nachweis von schwebstoffpartikelgebundener Radioaktivität sowie auch für den Nachweis der radioaktiven Xenonisotope Xe-135, Xe-133m, Xe-133 und Xe-131m in Betrieb.

Die hohe Sensitivität der Messsysteme führt dazu, dass regelmäßig Spuren künstlicher Radionuklide nachgewiesen werden. Dabei kann es sich um Spuren von resuspendiertem Cs-137 aus altem Kernwaffenfallout oder der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl handeln oder auch um Radionuklide aus aktuellen Quellen ziviler Anwendungen, insbesondere von radiopharmazeutischen Produktionsanlagen.

Die mengenmäßig weitaus größten atmosphärischen Freisetzungen von Radionukliden aus zivilen Anlagen betreffen radioaktive Edelgase. Diese sind sehr flüchtig und daher schwer zurückzuhalten. Sie sind wegen dieser Eigenschaft einerseits schwierig zu messen und tragen andererseits auch nur sehr gering zur Strahlenbelastung bei. Das CTBT-Messnetz hingegen legt gerade auf radioaktive Edelgase einen besonderen Wert und ist auch in der Lage, die verschiedensten Emissionen weltweit zu beobachten. Überraschenderweise hat man mit Inbetriebnahme des Messnetzes festgestellt, dass der relative Beitrag von Kernkraftwerken nicht so dominant war wie angenommen. Weitaus größere Emissionen beobachtet man bei Produktionsanlagen für Mo-99, welches als Mutternuklid von Tc-99m in großem Maßstab für medizinische Diagnostik und Therapie benötigt wird. Dabei fällt auch radioaktives Xenon an, welches je nach Anlagentyp und Betriebsprozessen mit sehr unterschiedlicher Effizienz zurückgehalten wird.

Ein durch zivile Quellen geographisch und zeitlich sehr variabler Untergrund an Xe-133 sowie auch das sporadische Vorkommen anderer Xenonisotope erschwert die Detektion und insbesondere die Identifikation von möglichen Emissionen aus unterirdischen Kernwaffentests. Dies bedeutet, dass ein großes Interesse seitens der CTBTO und ihrer Mitgliedstaaten besteht, zur Verbesserung der Fähigkeiten des Verifikationssystems die Emissionen aus radiopharmazeutischen Produktionsanlagen zu reduzieren, auch wenn dies aus Gründen des Strahlenschutzes nicht erforderlich wäre.

Während man für das Jahr 2005 noch davon ausgehen musste, dass radiopharmazeutische Anlagen eine Größenordnung mehr Xe-133 (ca. 10.000 TBq/Jahr) freisetzen als alle Kernkraftwerke weltweit, beobachtet man für das Jahr 2009 einen deutlichen Rückgang. Die vorübergehende Stilllegung einer der größten und ältesten Produktionsanlagen für radiopharmazeutisches Mo-99 in Chalk River, Kanada, sowie bestimmte emissionsreduzierende Maßnahmen in anderen Anlagen haben dazu geführt, dass der mittlere globale Pegel von Radioxenon im Jahr 2009 deutlich unter dem der Vorjahre lag. Als Beispiel zeigt Abb. 1.1-1 den Verlauf der gemessenen Tagesmittelwerte der Xe-133-Aktivitätskonzentration an der Station Schauinsland für die Jahre 2004 bis 2009. Die maximale Xe-133-Aktivitätskonzentration im Jahr 2009 lag unter 50 mBq/m³ und damit fünfmal niedriger als der höchste bisher gemessene Wert von 260 mBq/m³ in 2005. Der Mittelwert sank von 5,3 mBq/m³ im Jahr 2005 auf 2,8 mBq/m³ im Jahr 2009. Die Auswirkungen der Emissionsreduzierungen in Nordamerika und Europa lassen sich auch an praktisch allen Messstationen der Nordhemisphäre in ähnlicher Form nachweisen.

Großes Medieninteresse löste der unterirdische Kernwaffentest der Demokratischen Volksrepublik Korea aus. Am 25. Mai 2009 registrierte das seismische Messnetz der CTBTO dort eine Explosion der Magnitude von 4,7 auf der Richterskala, was einer Sprengkraft von mehreren Kilotonnen TNT entspräche. Allerdings konnten keine Detektionen von Radioxenon diesem Ereignis zugeordnet werden und auch bei partikelgebundenen Radionukliden gab es keinen Hinweis auf eine Freisetzung nach diesem Test. Dies deutet auf ein sehr gutes Containment hin. Mit drei voll operationellen Stationen in der Region um das Ereignis und zwei weiteren Stationen mit Probennahmesystemen für Xenon war das

CTBT-Messnetz in der Region in bestimmungsgemäßem und lückenlosen Betrieb. Der fehlende Nachweis von Radioxenon legt den Schluss nahe, dass weniger als 10 TBq Xe-133 freigesetzt wurden. Dies ist weniger als ein tausendstel der Menge, die man auf Grund des seismischen Signales als insgesamt produzierte Menge annehmen konnte.

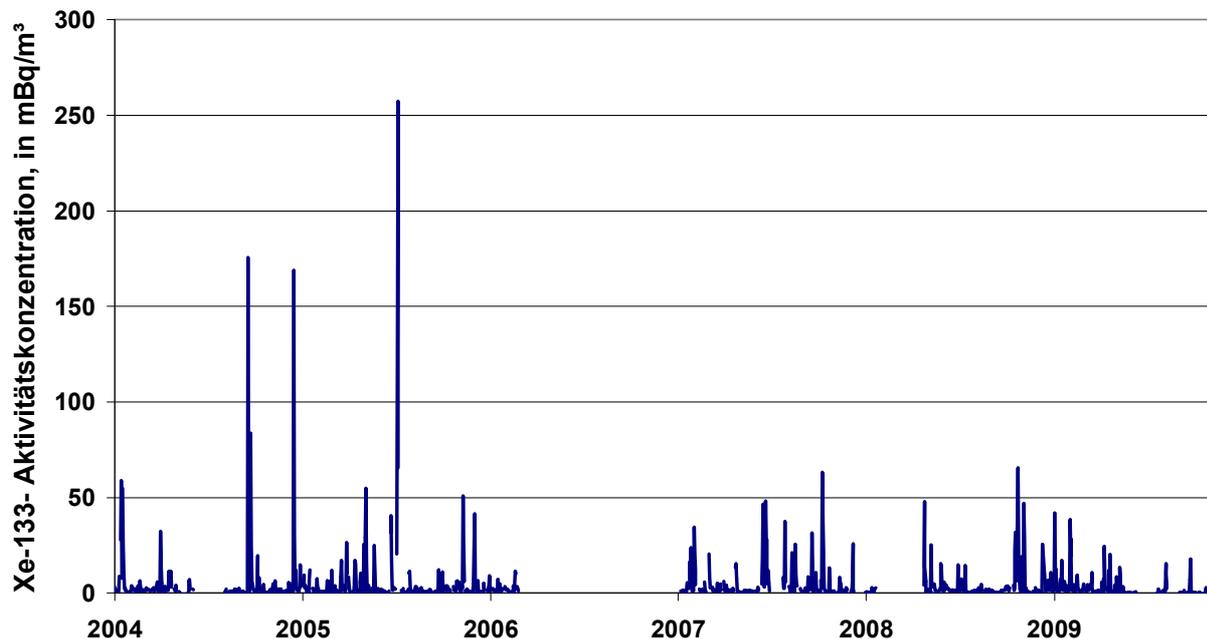


Abbildung 1.1-1 **Zeitreihe der Xe-133-Aktivitätskonzentration in den Jahren 2004 bis 2009 an der IMS-Station RN33 auf dem Schauinsland**
(Time series of Xe-133-activity concentration at IMS-station RN33 at Schauinsland mountain for the years 2004 to 2009)

1.2 Tschernobyl - Strahlenexposition durch den Reaktorunfall *(Chernobyl - radiation exposure from the accident)*

Im Jahr 2009 sind Grundnahrungsmittel wie Milch, Gemüse, Getreide, Obst und Fleisch durch radioaktives Cäsium aus dem Reaktorunfall nur noch geringfügig kontaminiert. Durch ein umfangreiches Messprogramm nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz, in dem jährlich mehrere tausend Lebensmittelproben auf ihren Aktivitätsgehalt untersucht werden, wird eine bundesweite Überwachung der Konzentration radioaktiver Nuklide in Lebensmitteln sichergestellt.

Die Messwerte der Aktivitätskonzentration von Cs-137 liegen wie im Vorjahr in den meisten Fällen unter 1 Bq pro Kilogramm Frischmasse bzw. pro Liter. Im Durchschnitt wird mit der Gesamtnahrung eine Aktivität von ca. 0,25 Bq Cs-137 pro Tag zugeführt, woraus eine Ingestionsdosis von 0,001 mSv pro Jahr resultiert (zum Vergleich 1986: 0,04 mSv). Diese ist gegenüber der mittleren Strahlenexposition von ca. 0,3 mSv pro Jahr durch Ingestion natürlich radioaktiver Stoffe (K-40, radioaktive Isotope von Uran und Thorium und deren Folgeprodukte) sehr klein.

In Lebensmitteln aus Waldgebieten und vereinzelt auch bei Fischen wurden weiterhin höhere Werte gemessen. Die spezifischen Cs-137-Aktivitäten reichen bis zu 157 Bq/kg bei Flussbarschen und 1.380 Bq/kg bei einigen Arten von Wildpilzen (Maronenröhrlinge, 47 Messungen).

Insbesondere Wildschweine aus den hochbelasteten Gebieten Süddeutschlands überschreiten auch weiterhin gelegentlich den Höchstwert von 600 Bq pro kg für Cs-137 und dürfen daher nicht vermarktet werden.

In Abbildung 1.2-1 werden Daten aus dem Integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS) dargestellt. Diese sind allerdings nicht repräsentativ für das jeweilige Bundesland.

In Bayern liegt der Mittelwert von 3 Messungen an Wildschweinen bei 7,5 Bq/kg, die Werte reichen bis 12,5 Bq/kg. Für Rehe liegt der Mittelwert von 27 Messungen bei 44 Bq/kg mit einem Höchstwert von 342 Bq/kg (vgl. „Tabelle 2.4.7-8 Wild, Inland und Einfuhr“ auf Seite 200). Hier und auch in allen anderen Bundesländern gab es 2009 keine Überschreitungen des Höchstwertes bei Rehfleisch.

In Baden-Württemberg überschreiten die maximal gemessenen Werte für Wildschweinfleisch den Höchstwert von 600 Bq/kg. Der Mittelwert liegt bei 294 Bq/kg (12 Messungen), der Maximalwert bei 1.720 Bq/kg. In Niedersachsen wur-

de ein Mittelwert von 66 Bq/kg und ein Maximalwert von 680 Bq/kg bei Wildschweinfleisch gemessen (35 Messungen). In allen anderen Bundesländern wurde der Höchstwert nicht überschritten. Werte bis 455 Bq/kg fanden sich in Schleswig-Holstein bei einem Mittelwert von 156 Bq/kg (3 Messungen) in Wildschweinfleisch.

Cs-137 wird von Wild über das Futter aufgenommen. Bei Schwarzwild spielen Hirschtrüffel eine besondere Rolle, da diese sehr viel höher belastet sind als Speisepilze und von Wildschweinen besonders gerne gefressen werden. Auch große, geschlossene Waldflächen führen zu höheren Aktivitäten, da die Tiere hier weniger auf landwirtschaftliche Flächen ausweichen können. Zuchttiere, die ausschließlich mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen gefüttert werden, zeigen dagegen nur sehr geringe Kontaminationen.

Der Verzehr von z. B. 500 g eines Lebensmittels mit einer spezifischen Cs-137-Aktivität von 1.000 Bq/kg führt bei Erwachsenen zu einer effektiven Dosis von 0,007 mSv. Das BfS rät grundsätzlich, jede Strahlenexposition so gering wie möglich zu halten. Die Strahlenexposition durch den Verzehr von Nahrungsmitteln lässt sich durch das individuelle Ernährungsverhalten reduzieren. Wer für sich persönlich die Strahlenbelastung so gering wie möglich halten möchte, sollte deshalb auf den Verzehr von vergleichsweise hoch kontaminierten Pilzen und Wildbret verzichten (www.bfs.de/de/ion/nahrungsmittel/pilze_wildbret.html und www.bfs.de/de/ion/nahrungsmittel/speisepilze.html).

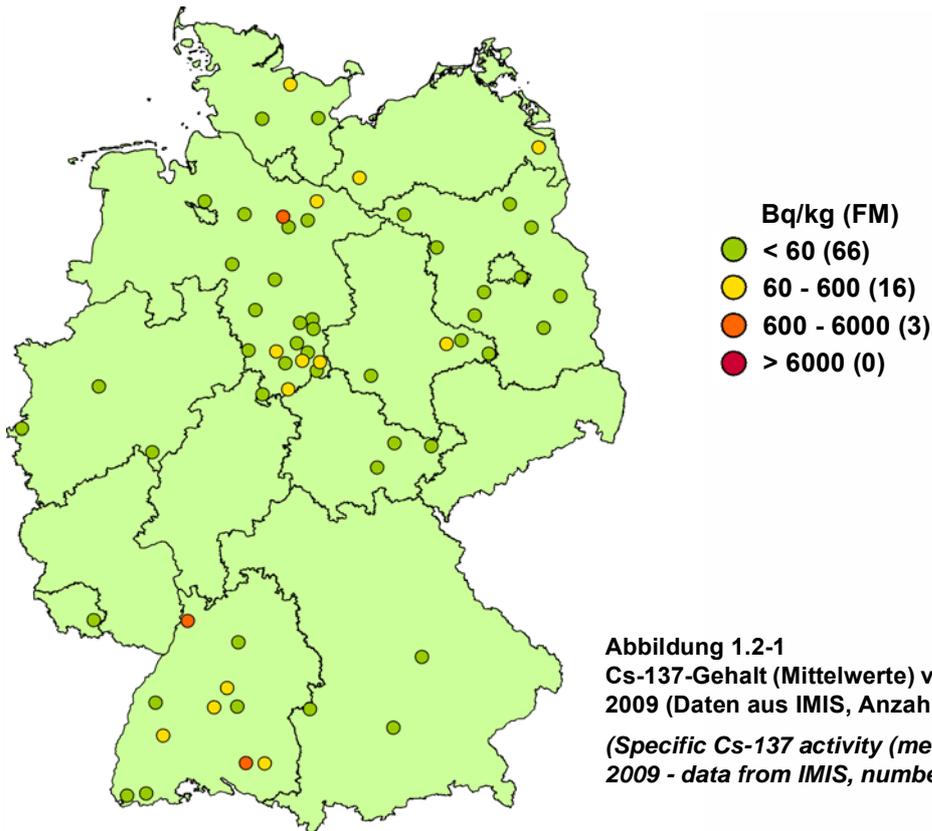


Abbildung 1.2-1
Cs-137-Gehalt (Mittelwerte) von Wildschweinen im Jahr 2009 (Daten aus IMIS, Anzahl der Werte in Klammern)
(*Specific Cs-137 activity (means) in wild boar - year 2009 - data from IMIS, number of values in brackets*)

1.3 Kerntechnische Anlagen (Nuclear facilities)

Allgemeine Angaben

In der Bundesrepublik Deutschland existierten im Jahr 2009 folgende kerntechnische Anlagen:

- 17 in Betrieb befindliche Kernkraftwerke (Tabelle 1.3-1) mit einer elektrischen Bruttoleistung von insgesamt 21.507 MW, einer Gesamtstromerzeugung von 134,9 TWh und einem Anteil von 22,6% an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung und von rund 27,2% an der Stromerzeugung der öffentlichen Versorgung im Jahr 2009. Die Kernkraftwerke Kahl, MZFR Karlsruhe, Rheinsberg, Gundremmingen A, AVR Jülich, Lingen, KNK Karlsruhe, Würgassen, Greifswald, Hamm-Uentrop, Mülheim-Kärlich, Stade und Obrigheim haben den Betrieb beendet.
- 4 Forschungsreaktoren (Tabelle 1.3-2) mit einer thermischen Leistung von insgesamt 35 MW.
- 2 Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe: ADVANCED NUCLEAR FUELS GmbH (ANF) Brennelement-Fertigungsanlage Lingen und URENCO D Urananreicherungsanlage Gronau.
- 17 Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente (Tabelle 1.3-3).
- Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM). Seit dem 25.09.1998 nimmt das ERAM keine radioaktiven Abfälle zur Endlagerung mehr an (Tabelle 1.3-4).
- Die Schachthanlage Asse. Daten zu Asse sind in Tabelle 1.3-5 dargestellt.

Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser der Kernkraftwerke, der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht, Berlin, Garching, sowie der Kernbrennstoff ver-

arbeitenden Betriebe, der Forschungsreaktoren, des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben und der Schachtanlage Asse für das Jahr 2009 sind in den Kapiteln 2.1.5 und 2.2.4 getrennt nach Fortluft und Abwasser angegeben. In den Aktivitätsableitungen der Forschungszentren sind die Emissionen der dort betriebenen Leistungs- und Forschungsreaktoren enthalten. Aus den für 2009 ermittelten Aktivitätsableitungswerten geht hervor, dass die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die jährlichen Emissionen in allen Fällen eingehalten wurden.

Die aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen berechneten Werte der Strahlenexposition der Bevölkerung sind in Kapitel 1.3.1 zusammengefasst. Weiterhin wird der Beitrag ausländischer kerntechnischer Anlagen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt. Im benachbarten Ausland waren 2009 in Grenznähe bis zu einer Entfernung von 30 km zur deutschen Grenze die in Tabelle 1.3-6 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 im Strahlenschutzbericht 2009 des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI veröffentlicht.

Bei den in Betrieb befindlichen zentralen Zwischenlagern für bestrahlte Brennelemente wie dem Transportbehälterlager (TBL) Ahaus, dem TBL Gorleben¹ sowie dem Zwischenlager Nord (Rubenow bei Greifswald) treten im Normalbetrieb keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf.

Dasselbe gilt auch für die in Betrieb befindlichen dezentralen Standort-Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten. Daher ist die hieraus resultierende Strahlenbelastung der Bevölkerung vernachlässigbar gering. Messbar ist je nach Lagerbelegung lediglich die Dosis bzw. Dosisleistung der Gamma- und Neutronenstrahlung in unmittelbarer Nähe dieser Anlagen. Bei Einrichtungen wie z. B. Abklingbecken für Brennelemente oder Anlagen zur Abfallkonditionierung, die sich innerhalb von Kernkraftwerken, Forschungszentren und sonstigen kerntechnischen Betrieben befinden und in deren Fortluftführung bzw. Fortluftplan und ggf. Abwasserbehandlung einbezogen sind, werden die Emissionen in den bilanzierten Ableitungen des jeweiligen Standortes erfasst und bei der Ermittlung der Strahlenexposition der Bevölkerung berücksichtigt.

**Tabelle 1.3-1 Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland
(Nuclear power plants in the Federal Republic of Germany)**

Standort kerntechnische Anlage	Bezeichnung	Typ ^a	elektr. Bruttoleistung (MW)	Bruttostromerzeugung 2009* (MWa)	Beginn / Ende des nuklearen Betriebes	Vorfluter
Kahl	VAK	SWR	16	0	1960/1985	Main
Karlsruhe	MZFR	D ₂ O-DWR	58	0	1965/1984	Rhein
Rheinsberg	KKR	WWER	70	0	1966/1990	Stechlinsee
Gundremmingen A	KRB-A	SWR	252	0	1966/1977	Donau
Jülich	AVR	HTR	15	0	1966/1988	Rur/Maas
Lingen	KWL	SWR	268	0	1968/1977	Ems
Obrigheim	KWO	DWR	357	0	1968/2005	Neckar
Karlsruhe	KNK II	NaR	20	0	1971/1991	Rhein
Würgassen	KWW	SWR	670	0	1971/1994	Weser
Stade	KKS	DWR	672	0	1972/2003	Elbe
Greifswald 1 - 5	KGR 1-5	WWER	je 440	0	1973/1990	Ostsee
Biblis A	KWB A	DWR	1.225	125	1974	Rhein
Biblis B	KWB B	DWR	1.300	184	1976	Rhein
Neckarwestheim 1	GKN 1	DWR	840	551	1976	Neckar
Brunsbüttel	KKB	SWR	806	0	1976	Elbe
Isar 1	KKI 1	SWR	912	808	1977	Isar
Unterweser	KKU	DWR	1.410	1.203	1978	Weser
Philippsburg 1	KKP 1	SWR	926	736	1979	Rhein
Grafenrheinfeld	KKG	DWR	1.345	1.262	1981	Main
Krümmel	KKK	SWR	1.402	40	1983	Elbe
Hamm-Uentrop	THTR-300	HTR	307	0	1983/1988	Lippe
Gundremmingen B	KRB-II-B	SWR	1.344	1.248	1984	Donau
Grohnde	KWG	DWR	1.430	1.313	1984	Weser
Gundremmingen C	KRB-II-C	SWR	1.344	1.230	1984	Donau

¹ Das TBL Gorleben ist zusätzlich für die Aufbewahrung hochradioaktiver Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken genehmigt

Standort kerntechnische Anlage	Bezeichnung	Typ ^a	elektr. Bruttoleistung (MW)	Bruttostromerzeugung 2009* (MWa)	Beginn / Ende des nuklearen Betriebes	Vorfluter
Philippsburg 2	KKP 2	DWR	1.458	1.322	1984	Rhein
Mülheim-Kärlich	KMK	DWR	1.302	0	1986/1988	Rhein
Brokdorf	KBR	DWR	1.480	1.376	1986	Elbe
Isar 2	KKI 2	DWR	1.485	1.384	1988	Isar
Emsland	KKE	DWR	1.400	1.305	1988	Ems
Neckarwestheim 2	GKN 2	DWR	1.400	1.315	1988	Neckar

^a SWR = Leichtwasser-Siedewasserreaktor; DWR = Leichtwasser-Druckwasserreaktor; D₂O-DWR = Schwerwasser-Druckwasserreaktor; HTR = gasgekühlter Hochtemperaturreaktor; NaR = natriumgekühlter Reaktor; WWER = Leichtwasser-Druckwasserreaktor sowjetischer Bauart

* Daten aus Atomwirtschaft, atw 2010, Kernkraftwerke in Deutschland Betriebsergebnisse 2009

Tabelle 1.3-2 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* (MW)	Beginn / Ende des nuklearen Betriebes
Garching	Technische Universität München, Forschungs-Neutronenquelle Heinz-Maier-Leibnitz	FRM I	4	1957/2000
		FRM II	20	2004
Rosendorf	Forschungszentrum Dresden-Rosendorf, Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rosendorf (VKTA)	RFR	10	1957/1991
Geesthacht	GKSS-Forschungszentrum	FRG 1	5	1958
		FRG 2	15	1963/1993
Karlsruhe	Forschungszentrum Karlsruhe (KIT)	FR 2	44	1961/1981
Jülich	Forschungszentrum Jülich	FRJ 1	10	1962/1985
		FRJ 2	23	1962/2006
Mainz	Johannes Gutenberg-Universität	FRMZ	0,1	1965
Braunschweig	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	FMRB	1	1967/1995
Neuherberg	Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (früher GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit)	FRN	1	1972/1982
Hannover	Medizinische Hochschule	FRH	0,25	1973/1996
Berlin	Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI)	BER II	10	1973
Heidelberg	Deutsches Krebsforschungszentrum	HD II	0,25	1978/1999

* im Dauerbetrieb

Tabelle 1.3-3 Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in der Bundesrepublik Deutschland
(*Interim storage facilities of spent nuclear fuels in the Federal Republic of Germany*)

Standort	Erteilung der Genehmigung nach AtG	Beginn des Betriebes	Stellplätze gesamt (Ende 2008 belegt)	Stellplätze gesamt (Ende 2009 belegt)
SZL Biblis	22.09.2003	18.05.2006	135 (41)	135 (41)
SZL Brokdorf	28.11.2003	05.03.2007	100 (6)	100 (12)
SZL Brunsbüttel	28.11.2003	05.02.2006	80 (6)	80 (6)
SZL Grafenrheinfeld	12.02.2003	27.02.2006	88 (10)	88 (13)
SZL Grohnde	20.12.2002	27.04.2006	100 (12)	100 (12)
SZL Gundremmingen	19.12.2003	25.08.2006	192 (17)	192 (25)
SZL Isar	22.09.2003	12.03.2007	152 (12)	152 (16)
SZL Krümmel	19.12.2003	14.11.2006	80 (14)	80 (17)
SZL Lingen	06.11.2002	10.12.2002	125 (24)	125 (28)
SZL Neckarwestheim	22.09.2003	06.12.2006	151 (27)	151 (32)
SZL Philippsburg	19.12.2003	19.03.2007	152 (26)	152 (31)
SZL Unterweser	22.09.2003	18.06.2007	80 (3)	80 (5)
AVR-Behälterlager Jülich	17.06.1993	23.08.1993	158 (149)	158 (152)
Nasslager Obrigheim	26.10.1998	Mitte 1999	980 (342)	980 (342)
TBL Ahaus	10.04.1987	06.1992	420 (329)	420 (329)
TBL Gorleben	05.09.1983	25.04.1995	420 (91)	420 (91)
ZLN Rubenow	05.11.1999	11.12.1999	80 (65)	80 (65)
SZL Obrigheim (beantragt)	Antragstellung 22.04.2005	-	15	15

SZL Standortzwischenlager

TBL Transportbehälterlager

ZLN Transportbehälterlager im Zwischenlager Nord Rubenow

AVR Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich

Tabelle 1.3-4 Endlager für radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland
(*Ultimate disposal facilities for radioactive waste in the Federal Republic of Germany*)

Standort	Betreiber	Bezeichnung	Beginn des Betriebes	Inventar (Stand 31.12.2009)	Inventar (Stand 31.12.2008)
Morsleben	Bundesamt für Strahlenschutz	ERAM	1971	36.964 m ³ / 3,8 E14 Bq	36.915 m ³ / 3,8 E14 Bq

Die Volumendifferenz zum Vorjahr ergibt sich aus der Einlagerung radioaktiver Betriebsabfälle, die im ERAM angefallen sind. Unter Berücksichtigung des Abklingverhaltens seit Beginn der Einlagerung ergibt sich für die Gesamtaktivität ein Wert von 1,07 E14 Bq (Vorjahr: 1,10 E14 Bq)

Tabelle 1.3-5 Schachanlage Asse
(*Asse mine*)

Standort	Betreiber	Bezeichnung	Beginn des Betriebes	Inventar (Stand 31.12.2009)	Inventar (Stand 31.12.2008)
Remlingen	Bundesamt für Strahlenschutz (bis 2009 Helmholtz Zentrum München)	Schachanlage Asse	1967	2,9 E15 Bq	2,5 E15 Bq

Die Änderung ergibt sich aus der Nacherhebung des Inventars durch das Helmholtz Zentrum München, nach welcher die Inventare bei einigen Radionukliden, insbesondere des Plutoniums und des Urans, gegenüber den früheren Annahmen des ehemaligen Betreibers höher sind.

**Tabelle 1.3-6 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	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

1.3.1 Strahlenexposition durch kerntechnische Anlagen (Radiation exposure from nuclear facilities)

Die für das Jahr 2009 ermittelten Daten über die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen sind in den Kapiteln 2.1.5 bzw. 2.2.4 zusammengefasst. Sie dienen als Grundlage für die Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der einzelnen Anlagen. Diese Berechnung wurde entsprechend des Entwurfs vom 13.05.2005 der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) (8/2004): Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen“ durchgeführt.

Berechnete obere Werte der Strahlenexposition

Die in den Tabellen 1.3.1-1 bis 1.3.1-6 angegebenen Expositionswerte für die kerntechnischen Anlagen stellen obere Werte dar, da sie gemäß § 47 Absatz 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 µSv, die Schilddrüsendosis höchstens 900 µSv und die Knochenoberflächendosis höchstens 1.800 µSv pro Jahr betragen.

Für die Zwecke der Berichterstattung werden hier nur die Dosen für die kritischen Gruppen und Organe angegeben. In Fällen, in denen die Strahlenbelastung von Säuglingen unter der von Kleinkindern liegt, wird diese nicht angegeben. Außerdem werden Organdosen nur für das am meisten betroffene Organ angegeben.

Tabelle 1.3.1-1 enthält die Ergebnisse aus der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahr 2009 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft. Angegeben ist die effektive Dosis für Erwachsene (Altersgruppe >17 Jahre) und Kleinkinder (Altersgruppe von >1 bis ≤2 Jahre) sowie die Schilddrüsendosis für Kleinkinder. Tabelle 1.3.1-1 zeigt als größten berechneten Wert der effektiven Dosis für Erwachsene 3 µSv (1% des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) beim Standort Gundremmingen, Isar und Philippsburg, sowie für Kleinkinder 5 µSv (unter 2% des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) bei denselben Standorten. Der größte berechnete Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 5 µSv (unter 1% des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) bei den Standorten Gundremmingen und Isar. Diese maximalen Werte haben sich gegenüber dem Vorjahr nur wenig geändert.

In Tabelle 1.3.1-2 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 Verzehr- und Lebensgewohnheiten angenommen, insbesondere für Erwachsene ein hoher Konsum an Flussfisch, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird, und für beide Personengruppen eine Aufenthaltszeit von 1.000 Stunden am Flussufer oder auf Wiesen in Flussnähe. Der größte berechnete Wert der effektiven Dosis und der Dosis für das kritische Organ (rotes Knochenmark) beträgt 1,4 µSv für Kleinkinder (entsprechen 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 wurden effektive Jahresdosen von etwa 0,9 µSv für Erwachsene und 1,5 µSv für Kleinkinder ermittelt; für die Weser wurden für beide Personengruppen 0,3 µSv bzw. 0,5 µSv berechnet; am Main liegen die effektiven Jahresdosen bei 0,3 µSv bzw. 0,5 µSv, am Rhein bei 0,1 µSv und an der Donau bei 0,4 bzw. 0,6 µSv. Diese Dosiswerte ergeben sich auch für das kritische Organ (rotes Knochenmark). Zu diesen Werten trägt vor allem die äußere Bestrahlung auf Überschwemmungsgebieten bei, die im Wesentlichen durch Ablagerungen aus früheren Jahren bedingt ist.

Die in Tabelle 1.3.1-3 angegebenen Werte für die entsprechenden Strahlenexpositionen durch die Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren stammen teilweise aus den Jahresberichten der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht und Berlin. Die Tabelle weist für die effektive Dosis im Jahr 2009 als höchsten Wert 1,9 μSv (unter 1% des Grenzwertes) für Erwachsene und 2,4 μSv (knapp 1% des Grenzwertes) für Kleinkinder beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) auf. Der höchste Wert der Schilddrüsenedosis für Kleinkinder ergibt sich mit 2,4 μSv (unter 1% des Grenzwertes) ebenfalls in Karlsruhe.

In Tabelle 1.3.1-4 wird die Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe über das Abwasser aus den Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich und Geesthacht angegeben.

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Lingen und Gronau sind in Tabelle 1.3.1-5 die für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder, sowie die oberen Werte der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft angegeben.

Die Hanauer Betriebe sind im Laufe des Jahres 2006 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen worden, die Berichterstattung über diese Anlagen wurde eingestellt.

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 1.3.1-6 aufgeführt. Wie in den Vorjahren liegen die Werte bei jeweils weniger als 0,1 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$.

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 1.3.1-7 aufgeführt. Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis für Erwachsene betrug 2009 0,12 μSv , für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 0,31 μSv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 0,82 μSv ; dies sind ca. 0,04%, 0,10% bzw. 0,27% des Grenzwertes nach der Strahlenschutzverordnung. Die Dosis des kritischen Organs (rotes Knochenmark) errechnete sich zu 0,23 μSv für Erwachsene, 0,84 μSv für Kleinkinder (Altersgruppe 1 - 2 Jahre) und 2,56 μSv für mit Muttermilch ernährte Säuglinge (ca. 0,08%, 0,28% bzw. 0,85% des Grenzwertes). Aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wurden 2009 obere Werte der effektiven Dosis unterhalb von 0,1 μSv für Erwachsene und Kleinkinder berechnet.

Am 4. September 2008 haben das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und das Niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (NMU) entschieden, die Schachanlage Asse II zukünftig verfahrensrechtlich wie ein Endlager zu behandeln. Danach war vorgesehen, dass dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) die Betreiberschaft der Asse zum 1. Januar 2009 vom Helmholtz Zentrum München (HMZ) übertragen wird. Das Bundeskabinett machte den Weg dafür mit einem Beschluss vom 5. November 2008 frei. Zum 1. Januar 2009 erfolgte der Wechsel der Betreiberschaft.

Mit dem Wechsel der Betreiberschaft und der verfahrensrechtlichen Behandlung als Endlager für radioaktive Abfälle wurde auch das Berechnungsverfahren für die potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser dem für kerntechnische Anlagen üblichen Verfahren angepasst. Daraus resultiert, dass die errechnete potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage im Jahr 2009 gegenüber dem Jahr 2008 durchweg höher ist, trotz der in etwa gleichgebliebenen Ableitung von radioaktiven Stoffen im Jahr 2009.

Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis betrug 2009 für Erwachsene 16 μSv , für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 22 μSv und für Säuglinge 26 μSv . Dies sind ca. 5,3%, 7,3% und 8,7% des Grenzwertes gemäß Strahlenschutzverordnung. Der relativ große Anteil der Dosis durch Radon (z. B. 12 μSv bei der effektiven Dosis bei Erwachsenen) führt zu einem höheren Wert der Strahlenexposition als bei den Kernkraftwerken. Die Dosis für das kritische Organ (rotes Knochenmark für Säuglinge unter einem Jahr und Kleinkinder im Alter von 1 bis 2 Jahren; Knochenoberfläche für Erwachsene) wurde mit 46 μSv für Säuglinge, 26 μSv für Kleinkinder und 64 μSv für Erwachsene ermittelt. Dies sind ca. 15,3%, 8,7% und 3,6% des zulässigen Grenzwertes, größtenteils bedingt durch Radon.

Die Strahlenbelastung in Folge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser ist in Tabelle 1.3.1-8 aufgeführt.

Bewertung

Die für 2009 aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe nach dem Entwurf der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV berechneten Werte der Strahlenexposition haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten. Sie liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres und betragen bei der effektiven Dosis und bei den einzelnen Organdosen weniger als 10% des jeweiligen Dosisgrenzwertes mit Ausnahme der Schachanlage Asse II, wo größtenteils bedingt durch Radon 15% des Organdosisgrenzwertes erreicht werden. Damit sind die oberen Werte der Strahlenexposition durch Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen deutlich 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 2009 deutlich unter 10 μSv pro Jahr.

Tabelle 1.3.1-1 Strahlenexposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
(Radiation exposures in the surroundings of nuclear power plants due to the discharge of radioactive substances with exhaust air)

Kerntechnische Anlagen	Oberer Wert ^a					
	der effektiven Dosis				der Schilddrüsensdosis	
	für Erwachsene in μSv		für Kleinkinder in μSv		für Kleinkinder in μSv	
	2009	2008	2009	2008	2009	2008
VAK Kahl	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KKR Rheinsberg ^b	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWL Lingen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWO Obrigheim	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	0,3
KKS Stade	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWW Würgassen	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
KGR Greifswald ^b	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWB Biblis A, B	0,8	0,3	1	0,5	1	0,4
GKN Neckarwestheim 1, 2	2	0,7	3	1	3	1
KKB Brunsbüttel	< 0,1	0,5	< 0,1	1	< 0,1	0,9
KKI Isar 1, 2	3	4	5	6	5	6
KKU Unterweser	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
KKP Philippsburg 1, 2	3	3	5	6	4	6
KKG Grafenrheinfeld	0,4	0,2	0,8	0,4	0,7	0,3
KKK Krümmel	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
KRB Gundremmingen A, B, C	3	2	5	4	5	4
KWG Grohnde	0,4	0,6	0,6	1	0,6	1
THTR-300 Hamm-Uentrop	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KMK Mülheim-Kärlich	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KBR Brokdorf	0,5	0,5	0,9	0,8	0,9	0,8
KKE Emsland	0,4	0,3	0,7	0,6	0,7	0,6

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 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus den Jahren vor 1990 (Greifswald) bzw. vor 1984 (Rheinsberg) nicht vorliegen

Tabelle 1.3.1-2 Strahlenexposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser
(Radiation exposures in the surroundings of nuclear power plants due to the discharge of radioactive substances with waste water)

Kerntechnische Anlagen	Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene in μSv		Oberer Wert der effektiven Dosis für Kleinkinder in μSv	
	2009	2008	2009	2008
	VAK Kahl	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KRB Gundremmingen A, B und C	0,4	0,3	0,3	0,3
KWO Obrigheim	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1
KKS Stade	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWW Würgassen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
KWB Biblis A und B	0,1	0,1	0,2	0,2
GKN Neckarwestheim 1 und 2	0,7	0,5	1,3	1,0
KKB Brunsbüttel	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KKI Isar 1 und 2	0,3	0,3	0,5	0,5
KKU Unterweser	0,1	0,1	0,2	0,2
KKP Philippsburg 1 und 2	0,1	0,1	0,2	0,2
KKG Grafenrheinfeld	0,5	0,3	0,8	0,5
KKK Krümmel	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Kerntechnische Anlagen	Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene in µSv		Oberer Wert der effektiven Dosis für Kleinkinder in µSv	
	2009	2008	2009	2008
	KWG Grohnde	0,3	0,2	0,5
KMK Mülheim-Kärlich	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KBR Brokdorf	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KKE Emsland	0,8	0,9	1,4	1,6
KKR Rheinsberg *	0,2	0,2	0,3	0,3
KGR Greifswald *	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

* 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

Tabelle 1.3.1-3 Strahlenexposition in der Umgebung von Forschungszentren durch die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
(Radiation exposures in the surroundings of research centres due to the discharge of radioactive substances with exhaust air)

Forschungseinrichtung	Oberer Wert					
	der effektiven Dosis in µSv				der Schilddrüsen-dosis in µSv	
	für Erwachsene		für Kleinkinder		für Kleinkinder	
	2009	2008	2009	2008	2009	2008
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) früher Forschungszentrum Karlsruhe (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage) *	1,9	2,3	2,4	2,9	2,4	3,2
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR) *	1,3	1,2	1,8	1,8	1,4	1,4
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD) Gesamtstandort *	0,8	0,7	1,7	1,0	1,0	1,0
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht *	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI), (einschl. Zentralstelle für radioaktive Abfälle)*	0,2	0,2	0,4	0,3	0,5	0,5
Garching, FRM I und FRM II	0,5	0,2	0,9	0,3	0,9	0,3

* Entnommen aus den Jahresberichten 2009 der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht und Berlin

Tabelle 1.3.1-4 Strahlenexposition in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser*
(Radiation exposures in the surroundings of research centres due to the discharge of radioactive substances with waste water)

Forschungseinrichtung	Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene in µSv	
	2009	2008
	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage)	< 0,1
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR)	1,2	1,9
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)		0,8
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht	< 0,1	<0,1

* Nach Angaben der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich und Dresden-Rossendorf

Tabelle 1.3.1-5 Strahlenexposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
(Radiation exposures in the surroundings of processing facilities for nuclear fuels due to the discharge of radioactive substances with exhaust air)

Betrieb	Oberer Wert					
	der effektiven Dosis in μSv				der Knochenoberfläche in μSv	
	für Erwachsene		für Kleinkinder		für Kleinkinder	
	2009	2008	2009	2008	2009	2008
ANF GmbH (Lingen)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
URENCO D (Gronau)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Tabelle 1.3.1- 6 Strahlenexposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser
(Radiation exposures in the surroundings of processing facilities for nuclear fuels due to the discharge of radioactive substances with waste water)

Betrieb	Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder in μSv	
	2009	2008
	ANF GmbH (Lingen)	< 0,1
URENCO D (Gronau)	< 0,1	< 0,1

Tabelle 1.3.1-7 Strahlenexposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser
(Radiation exposure in the surroundings of the Morsleben final repository due to the discharge of radioactive substances with exhaust air and waste water)

	Fortluft Oberer Wert in μSv				Abwasser Oberer Wert in μSv der effektiven Dosis	
	der effektiven Dosis		der Organdosis		2009	2008
	2009	2008	2009	2008		
	Erwachsene	0,12	0,2	0,23		
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)	0,31	0,4	0,84	0,9	< 0,1	< 0,1
mit Muttermilch ernährte Säuglinge	0,82	0,9	2,56	2,7	< 0,1	< 0,1

Tabelle 1.3.1-8 Strahlenexposition in der Umgebung der Schachanlage Asse durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser
(Radiation exposure in the surroundings of the Asse mine due to the discharge of radioactive substances with exhaust air and waste water)

	Fortluft Oberer Wert in μSv				Abwasser Oberer Wert in μSv der effektiven Dosis	
	der effektiven Dosis		der Organdosis **		2009	2008
	2009***	2008*	2009***	2008*		
	Erwachsene	16	6,0	64		
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)	22	9,1	26	15	‡	‡
Säuglinge (≤ 1 Jahr)	26	10	46	20	‡	‡

* Die angegebenen Messwerte beruhen auf Betreiberangaben, da die Schachanlage 2008 noch keine kerntechnische Anlage gemäß ATG war. Es erfolgte eine stichprobenartige Kontrolle der Messwerte durch das BfS

** Knochenoberfläche für Erwachsene, rotes Knochenmark für Säuglingen und Kleinkinder

*** Mit dem Betreiberwechsel und der verfahrensrechtlichen Behandlung als Endlager für radioaktive Abfälle wurde das Berechnungsverfahren für die potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung durch die Ableitung radioaktiver Stoffe dem für kerntechnische Anlagen üblichen Verfahren angepasst. Trotz der in etwa gleichgebliebenen Ableitung von radioaktiven Stoffen im Jahr 2009 ist daher die errechnete potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage gegenüber dem Jahr 2008 durchweg höher.

‡ Im Jahr 2009 wurden keine radioaktiven Stoffe mit dem Abwasser abgeleitet

2. Aktivitätsmessungen und Messnetze (Activity measurements and monitoring networks)

2.1 Luft und Niederschlag, Gamma-Ortsdosisleistung / Spurenanalyse (Air and precipitation, ambient gamma dose rate / trace analysis)

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), der Deutsche Wetterdienst (DWD) und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) sind mit der Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre gesetzlich beauftragt.

Die Messnetze des BfS und des DWD sind Bestandteile des Integrierten Mess- und Informationssystems zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS). Die geprüften Messergebnisse werden täglich der Zentralstelle des Bundes für IMIS (ZdB) bereitgestellt. Weitere Informationen zu den Radioaktivitätsmessnetzen von BfS und DWD sind in diesem Bericht in Teil A - II - 2.1 enthalten.

Messungen im Rahmen der Spurenanalyse dienen der Überwachung der Umweltradioaktivität auf dem Niveau sehr geringer Aktivitätskonzentrationen sowie der Beobachtung von Langzeittrends. Diese Messungen werden vom BfS, dem DWD, der PTB und dem Helmholtz Zentrum München durchgeführt. Die von DWD, BfS und PTB erhobenen Daten werden nicht nur für IMIS, sondern auch für die Berichterstattung gegenüber der EU bereitgestellt.

Im vorliegenden Bericht kann die Vielzahl sämtlicher Einzelmesswerte nicht dokumentiert werden. Die Abbildungen und die Tabellen stellen repräsentative Beispiele dar. Die Einzelwerte sind in der Leitstelle verfügbar.

Ergebnisse der Routinemessungen

Sowohl die Messwerte der Gamma (γ)-Ortsdosisleistung als auch die ermittelten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide in Luft und Niederschlag sind auch im Jahr 2009, verglichen mit denen des Vorjahres, weitgehend unverändert geblieben. Die Werte lagen in der Regel nur noch wenig über dem Pegel, der vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl gemessen wurde.

2.1.1 Radionuklide in der bodennahen Luft (Radionuclides in ground-level air)

Monitoring

Die Ergebnisse der kontinuierlich arbeitenden Luftmonitore wiesen im Berichtsjahr keine Werte oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze von typischerweise ca. 10 mBq/m³ Luft, bezogen auf Cs-137, auf.

Als über 17 Messstationen des DWD errechneter arithmetischer Mittelwert der langlebigen Gesamt- β -Aktivitätskonzentration der Luft resultierte für das Jahr 2009 ein Wert von 0,6 mBq/m³ (2008: 0,5 mBq/m³). Der Wert liegt innerhalb des Schwankungsbereichs der Aktivitätskonzentrationen der natürlichen Radionuklide in der Luft.

Edelgase

Auch im Jahr 2009 wurden am BfS Messungen des radioaktiven Xenons und des Kr-85 durchgeführt. Die Messwerte der Aktivitätskonzentrationen von Xe-133 an den sieben deutschen Probenentnahmestationen lagen, wie schon in den vergangenen Jahren, in der Regel zwischen 1 und 100 mBq/m³ Luft. Als Beispiel ist in Abbildung 2.1.1-1 die Zeitreihe der Aktivitätskonzentration des radioaktiven Xenonisotops Xe-133 in Freiburg dargestellt.

Nachdem der Grundpegel von Kr-85 über lange Zeit mit ca. 30 mBq/m³ Luft pro Jahr leicht angestiegen ist, ist nun ein Abflachen der Kurve zu beobachten (siehe Abbildung 2.1.1-2), das sich im Berichtsjahr fortgesetzt hat. Der jährliche Anstieg wurde dadurch hervorgerufen, dass die Freisetzungsrates von Kr-85 größer war als seine durch die Halbwertszeit von 10,76 Jahren bestimmte Zerfallsrate. Die aktuellen Messdaten spiegeln auch für 2009 den eher rückläufigen Trend der Kr-85-Emissionen aus Wiederaufarbeitungsanlagen wider. So wurde von dem Hauptemittenten, der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague, im Jahre 2009 eine Aktivität von $1,96 \cdot 10^{17}$ Bq Kr-85 in die Atmosphäre entlassen. Die bisher maximale jährliche Aktivität von $3,2 \cdot 10^{17}$ Bq wurde im Jahre 1998 emittiert.

Der Medianwert für den Probenentnahmeort Freiburg – repräsentativ für die 10 mitteleuropäischen Stationen – betrug im letzten Jahr 1,55 Bq/m³ Luft. Kurzzeitige Schwankungen, die ein Vielfaches des jährlichen Anstiegs des Grundpegels ausmachen können, sind auf Emissionen aus den europäischen Wiederaufbereitungsanlagen für Kernbrennstoffe (La Hague/Frankreich und Sellafield/England) zurückzuführen. Es bleibt abzuwarten, ob in den kommenden Jahren ein Anstieg des Grundpegels zu beobachten sein wird, da in Rokkasho (Japan) eine Wiederaufbereitungsanlage in Betrieb genommen wurde. Die Kapazität dieser Anlage wird bei voller Ausnutzung mit der von La Hague/Frankreich vergleichbar oder noch größer sein, so dass entsprechende Emissionen zu erwarten sind.

Die Summe der Beiträge von Kr-85 und Xe-133 zur Ortsdosisleistung liegt, auch unter Berücksichtigung der kurzzeitigen Erhöhungen, unter 30 nSv/a und ist gegenüber den durchschnittlichen Werten der Ortsdosisleistung in Deutschland sehr klein.

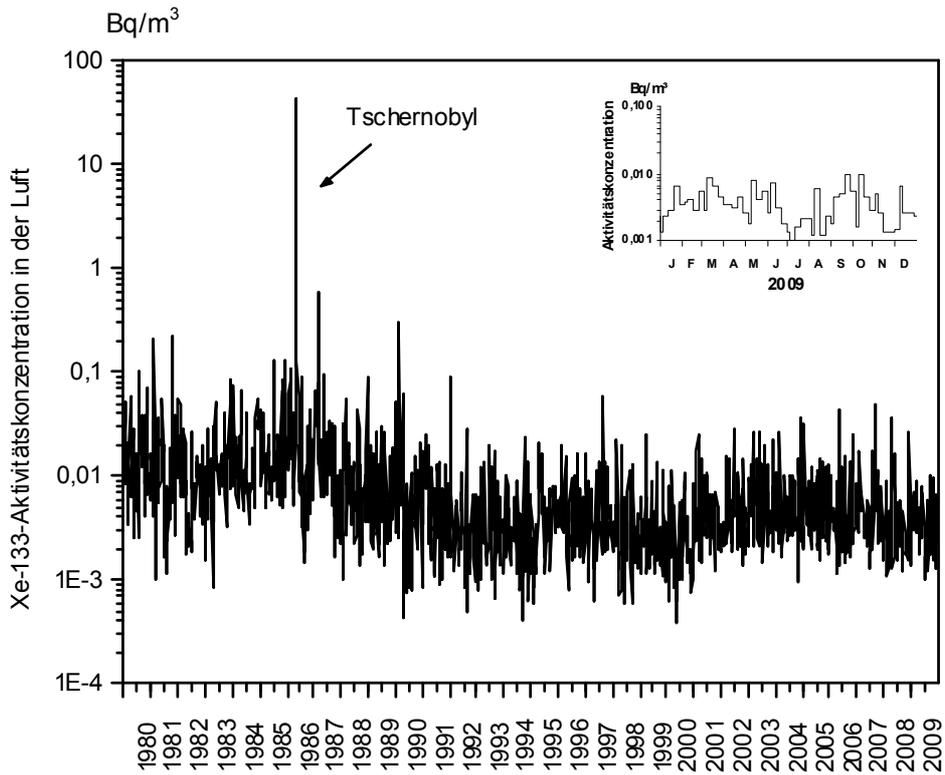


Abbildung 2.1.1-1 ^{133}Xe -Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg
(^{133}Xe -activity concentration in air close to ground level at the sampling location Freiburg)

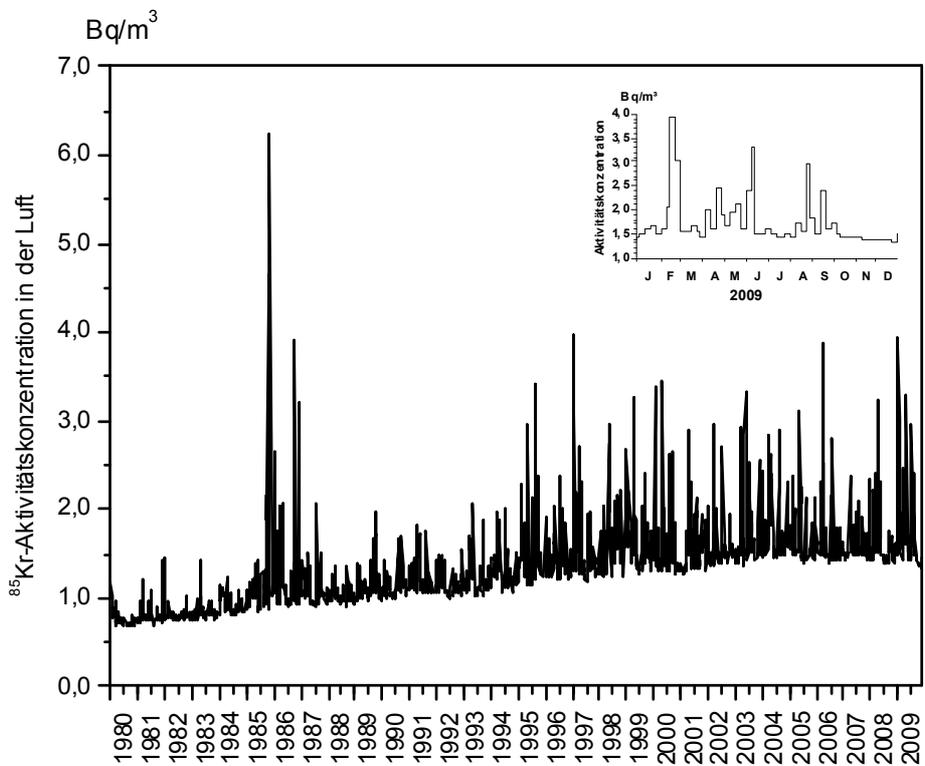


Abbildung 2.1.1-2 Aktivitätskonzentrationen von ^{85}Kr in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg
(Activity concentrations of ^{85}Kr in air close to ground level at the sampling location Freiburg)

Gammaskpektrometrie

Für spurenanalytische Messungen werden wöchentlich beaufschlagte Staubfilter zunächst γ -spektrometrisch ausgewertet. In Tabelle 2.1.1-1 werden exemplarisch die Messergebnisse des DWD für Aachen, Berlin, Offenbach und Schleswig dargestellt. Weiterhin sind die Ergebnisse des Helmholtz Zentrums München, des BfS (Schauinsland) und der PTB (Braunschweig) enthalten. Es handelt sich um Monatsmittelwerte und die daraus abgeleiteten Jahresmittelwerte.

Die Messergebnisse von Be-7 und Cs-137 an den Messstellen Offenbach und Berlin werden in Abbildung 2.1.1-3 grafisch dargestellt. Das Radionuklid Cs-137 ließ sich in Berlin mit Werten zwischen 0,2 und 0,7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft und in Offenbach mit Werten zwischen 0,1 und 1,1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, das kosmogene Be-7 in Berlin mit Werten zwischen 1,8 und 15,2 mBq/m^3 Luft und in Offenbach mit Werten zwischen 1,9 und 5,7 mBq/m^3 Luft nachweisen, das heißt, im üblichen Schwankungsbereich und vergleichbar mit Ergebnissen aus dem Jahr 2008. An allen Messstationen zeigten sich in den Monaten Mai, Juni und Juli deutlich höhere Werte für die Aktivitätskonzentration des Be-7 als in den übrigen Monaten. Dieser Effekt ist auf einen erhöhten Austausch von Luftmassen zwischen Stratosphäre und Troposphäre zurückzuführen und damit auf einen stärkeren Eintrag des Be-7 aus der oberen Atmosphäre in die bodennahe Luft.

An der Station Schauinsland des BfS lag der Jahresmittelwert der Aktivitätskonzentration von Cs-137 bei 0,35 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft (vgl. Abbildung 2.1.1-4, Tabelle 2.1.1-1d). Dieser Wert liegt im Rahmen der üblichen Schwankungen der Werte der vergangenen Jahre. Kurzfristige Erhöhungen der Aktivitätskonzentration von Cs-137 in der Luft treten vereinzelt, insbesondere bei Ostwind-Wetterlagen auf. Sie sind durch verstärkte Resuspension (z. B. bei langer Trockenheit) des Cäsiums aus höher belasteten Regionen in der Gegend um Tschernobyl erklärbar. Die Nachweisgrenze für Cs-137 liegt bei 0,2 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft. Außer Cs-137 wurden keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen. Die Messwerte für Be-7 in den Wochenproben lagen zwischen 2 und 10 mBq/m^3 Luft innerhalb des für diese Station üblichen Rahmens. Auf Grund der Lage der Station (1.200 m ü. N.N.) können hier höhere Werte für die Aktivitätskonzentration des kosmogenen Be-7 erreicht werden als bei niedriger gelegenen Stationen. Im November 2009 wurde an der Station Schauinsland ein neuer Hochvolumensammler installiert. Er soll nach einer halbjährigen Testphase im Parallelbetrieb den alten, seit 1989 betriebenen Sammler ablösen.

In Braunschweig liegen die Messergebnisse auch in diesem Berichtszeitraum im Bereich der Werte, die in den vorangegangenen Jahren beobachtet wurden (vgl. auch Abbildung 2.1.1-5). In der Abbildung sind das durch den Einfluss des Silvesterfeuerwerks 2008/2009 erhöhte Messergebnis und der im Frühjahr übliche Anstieg der Aktivitätskonzentration des K-40 durch Pollenflug erkennbar. Der Höchstwert der Aktivitätskonzentration des Cs-137 als Folge von Ostwind-Wetterlagen trat in der Kalenderwoche 51 mit 1,4 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft auf. Das Aktivitätsverhältnis $A(\text{Cs-137})/A(\text{K-40})$ steigt üblicherweise durch den Eintrag von Bodenstaub aus Osteuropa an, der stärker mit Cs-137 aus dem Tschernobyl-Unfall kontaminiert ist als der Boden in Norddeutschland. Derzeit ist unklar, ob diese Probe auch von Cs-137-haltiger Asche aus Heizungen beeinflusst wurde. Dies könnte der Fall sein, wenn in der näheren Umgebung der PTB Pellets verheizt wurden, die aus mit Cs-137 belasteten Hölzern hergestellt worden waren.

In der 35. Kalenderwoche wurden die Hochvolumen-Luftstaubsammler nach praktisch 10jährigem Dauerbetrieb erstmals einer umfangreichen Wartung unterzogen, so dass für diese Woche keine Messergebnisse vorliegen.

Tabelle 2.1.1-1 Einzelnuclid-Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft
(Activity concentrations of individual nuclides in ground-level air)

a) Messungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
 Probenentnahmestelle: Braunschweig

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$				
	Be-7	Na-22	K-40	Cs-137	Pb-210
2000	2855	0,35	9,7	0,50	283
2001	2609	0,32	8,3	0,41	273
2002	2530	0,3	9	0,7	310
2003 *	2730	0,4	10	0,62	344
2004 *	2650	0,3	10	0,35	252
2005 *	3300	0,3	10	0,43	434
2006 *	3810	0,5	11	0,58	438
2007 *	3641	0,4	9,1	0,40	309
2008 *	3604	0,4	9	0,32	280
2009 *	3270	0,3	8,6	0,34	287
Januar	2850	0,3	11	0,64	414
Februar	1330	0,1	4,3	0,32	216
März	2380	0,3	4,3	0,23	128
April	4300	0,6	12	0,55	355
Mai	4310	0,6	11	0,30	202
Juni	2920	0,4	6,5	0,15	174
Juli	3960	0,4	10	0,14	256
August	4670	0,4	16	0,32	345
September	4440	0,3	9,6	0,33	389
Oktober	2220	0,2	7,5	0,37	344
November	3260	0,2	5,4	0,20	330
Dezember	2600	0,2	5,6	0,52	292

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet

b) Messungen des Helmholtz Zentrum München, Institut für Strahlenschutz, München-Neuherberg
 Probenentnahmestelle: München-Neuherberg

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$				
	Be-7	Na-22	Cs-134	Cs-137	Pb-210
2000	3030	0,4	< 0,06	1,7	420
2001	2820	0,34	< 0,059	1,53	417
2002	3040	< 0,31	k. A.	1,44	475
2003	3250	< 0,30	< 0,07	1,61	476
2004 *	2590	< 0,28	< 0,07	0,96	352
2005 *	2970	< 0,40	< 0,07	1,03	494
2006 *	3010	< 0,29	< 0,07	1,06	431
2007 *	3010	< 0,32	k. A.	0,93	357
2008 *	3050	< 0,28	k. A.	0,87	328
2009	a	a	a	a	a

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet

a Daten liegen nicht vor

- c) Messungen des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach/Main
 Probenentnahmestellen: Schleswig, Offenbach/Main, Berlin und Aachen

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$							
	Schleswig		Offenbach am Main		Berlin		Aachen	
	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137
2000	2168	< 3,3	2892	< 2,9	2898	< 3,8	2735	< 1,6
2001	1930	< 3,4	2760	< 3,1	2870	< 3,7	2550	< 2,2
2002	2284	< 3,6	2769	1,3	2821	1,6	2803	< 2,6
2003	2233	< 3,7	1451	0,5	1387	0,8	1606	< 2,8
2004	2240	< 4,2	2870	0,4	2510	0,6	2870	< 2,8
2005 *	2320	< 4,4	3020	0,4	2840	0,6	3080	< 2,8
2006 *	2913	< 4,6	3910	0,5	3746	1,1	3932	< 3,4
2007 *	3021	< 3,3	3684	0,3	3312	0,6	3711	< 2,9
2008 *	2900	< 1,2	3950	0,3	3580	0,4	3890	< 2,5
2009 *	2710	< 0,9	3830	0,5	3730	0,6	3320	2,6
Januar	2590	< 0,7	2800	1,1	2770	0,7	2850	3,4
Februar	1380	< 0,6	1930	0,6	1810	0,5	1390	1,8
März	2190	< 0,6	3300	0,3	2630	0,4	2610	< 1,3
April	3840	< 1,0	4490	0,4	6120	0,8	4080	1,9
Mai	3160	< 0,7	5580	0,2	4590	0,4	4610	< 1,3
Juni	2490	< 0,6	5670	< 0,2	4250	< 0,2	4430	< 0,8
Juli	3580	< 0,9	5010	0,1	4520	0,2	4620	< 1
August	3350	< 1,1	4790	< 0,2	5170	0,3	4270	0,6
Sept.	3340	< 1,2	3620	0,2	4650	0,5	3200	< 1,6
Oktober	1880	< 1,0	3200	0,6	2520	0,5	3230	1,1
November	2420	< 1,2	3160	0,4	3300	0,4	2760	0,8
Dezember	2280	< 1,2	2410	0,5	2480	0,6	1730	0,9

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet

- d) Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz
 Probenentnahmestelle: Messstation Schauinsland

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	
	Be-7	Cs-137
2000	3494	0,43
2001	3767	0,45
2002	4540	0,6
2003 *	3870	0,44
2004 *	4050	< 0,35
2005 *	4960	< 0,4
2006 *	4960	0,40
2007 *	4770	0,34
2009 *	5080	0,35
Januar	4590	0,46
Februar	2550	0,21
März	3810	0,26
April	5370	0,47
Mai	6690	0,37
Juni	6460	0,23
Juli	6560	0,27
August	7030	0,37
September	5160	0,40
Oktober	5850	0,25
November	4210	0,27
Dezember	2640	0,66

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet

- e) Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz
Probenentnahmestellen: Freiburg, Schauinsland

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in mBq/m ³			
	Freiburg		Schauinsland	
	Kr-85	Xe-133	Kr-85	Xe-133
2000	1641	3,4	1692	5,6
2001	1573	5,4	1593	8,0
2002	1604	5,0	1695	5,7
2003 *	1700	7,5	1680	6,5
2004 *	1780	6,0	1790	5,9
2005 *	1690	5,6	1652	4,9
2006 *	1710	6,0	1660	6,5
2007 *	1590	9,3	1550	6,6
2008 *	1610	5,5	1570	5,0
2009 *	1760	3,9	1650	4,2
Januar	1510	3,2	980	< 2,3
Februar	2260	3,7	1890	6,1
März	1950	6,0	1769	6,7
April	1800	3,9	1735	8,7
Mai	1900	4,1	1848	2,9
Juni	2200	4,7	1998	3,2
Juli	1500	< 1,8	1467	1,8
August	1550	2,4	1622	2,7
September	2170	3,5	2132	2,6
Oktober	1530	7,1	1525	8,6
November	1400	3,5	1405	2,4
Dezember	1370	2,9	1396	2,8

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

Radiochemie

Im Labor des DWD in Offenbach wurden Luftfilter der Messstationen Berlin, München, Offenbach und Schleswig zur Bestimmung von Sr-90, Uran-, Plutonium- und Americium-Isotopen in Monatsmischproben radiochemisch analysiert. Für das schwebstoffgebundene U-234 wurden Aktivitätskonzentrationen im Bereich von 0,11 bis 0,44 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft ermittelt. Für U-238 wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,10 und 0,44 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft festgestellt. Diese Messwerte lagen im Bereich der natürlichen Schwankungen. Die Nachweisgrenze des Sr-90 wurde mit Werten zwischen 0,07 und 0,83 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft bestimmt. Die Messwerte für Sr-90 sind im Vergleich zu den Vorjahren erhöht. Die Erhöhung geht mit einer Änderung im Nachweisprozess einher, welche eingeführt wurde, um die Genauigkeit zu verbessern. Gemäß den Vorgaben des Routinemessprogramms werden für die Alphastrahler in der Luft Nachweisgrenzen von 0,1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und für Sr-90 1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ gefordert. Diese wurden eingehalten.

In der PTB konnten in 2009 keine plausiblen Pu-Messergebnisse ermittelt werden (s. u.). Die Messreihe der Uran-Isotope (Abbildung 2.1.1-7) zeigt auch das Aktivitätsverhältnis $A(\text{U-235})/A(\text{U-238})$, das im Berichtszeitraum im Rahmen der Messunsicherheiten immer im Bereich des zu erwartenden natürlichen Verhältnisses lag. Die Aktivitätskonzentrationen $a(\text{U-234})$ und $a(\text{U-238})$ lagen wie im Vorjahr zwischen 0,1 und 0,5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Die Aktivitätskonzentrationen $a(\text{U-235})$ liegen mit Messwerten zwischen 0,004 und 0,024 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ebenfalls im Bereich des Vorjahres. Das Aktivitätsverhältnis $A(\text{U-235})/A(\text{U-238})$ lag in allen Proben innerhalb der Messunsicherheiten bei dem für Natururan zu erwartenden Wert von 4,7%. Die Aktivitätskonzentration $a(\text{Sr-90})$ konnte im Berichtsjahr nicht in allen Monatsproben bestimmt werden, weil der radiochemische Trennungsgang noch nicht optimal an das in Luftstaubproben befindliche Aktivitätsniveau angepasst ist.

Die gemessenen Aktivitätskonzentrationen lagen mit 0,04 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft und 0,09 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft im üblichen Bereich.

Ziel der laufenden Arbeiten zur Optimierung eines radiochemischen Trennungsganges für Luftstaubaschen auf Basis der Ionenchromatographie ist die weitere Verringerung der radiochemischen Blindwerte. Der Trennungsgang funktioniert im Prinzip, jedoch sind die Beiträge der radiochemischen Blindwerte zu den Zählraten, insbesondere der Pu- und der Sr(Y)-Messpräparate noch relativ hoch. Sie liegen in der Größe der aus den Luftstaubproben zu erwartenden Zählraten von einigen 10^{-3} Impulsen pro Sekunde für Sr-90/Y-90 und Pu-(239+249). Die vom Pu-238 zu erwartenden Zählraten können - je nach Luftstaubmasse der Probe und der erreichten radiochemischen Ausbeute - im Bereich von 10^4 Impulsen pro Sekunde liegen.

Im radiochemischen Labor der Dienststelle Freiburg des BfS wurde im Laufe des Berichtsjahres mit dem Umbau zur Modernisierung begonnen, so dass ab Mai 2009 keine radiochemischen Arbeiten durchgeführt werden konnten. Die zwischenzeitlich angefallenen Proben werden nach Wiederinbetriebnahme des Labors analysiert.

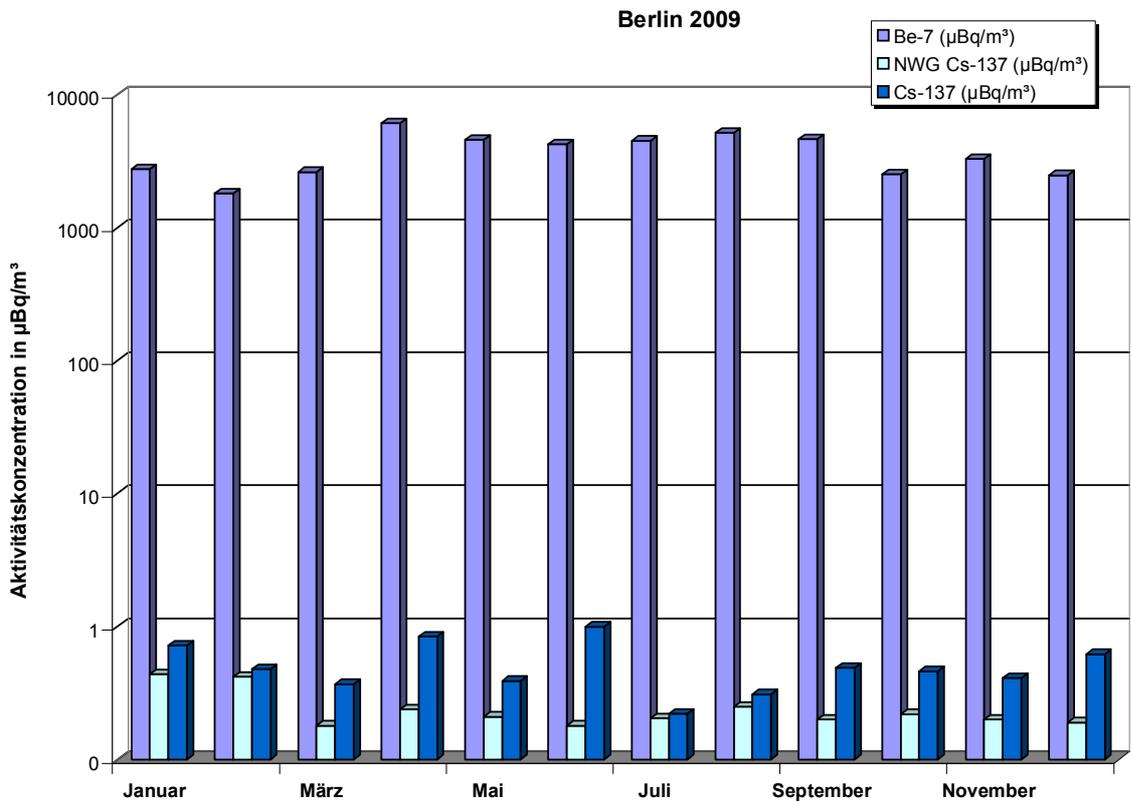
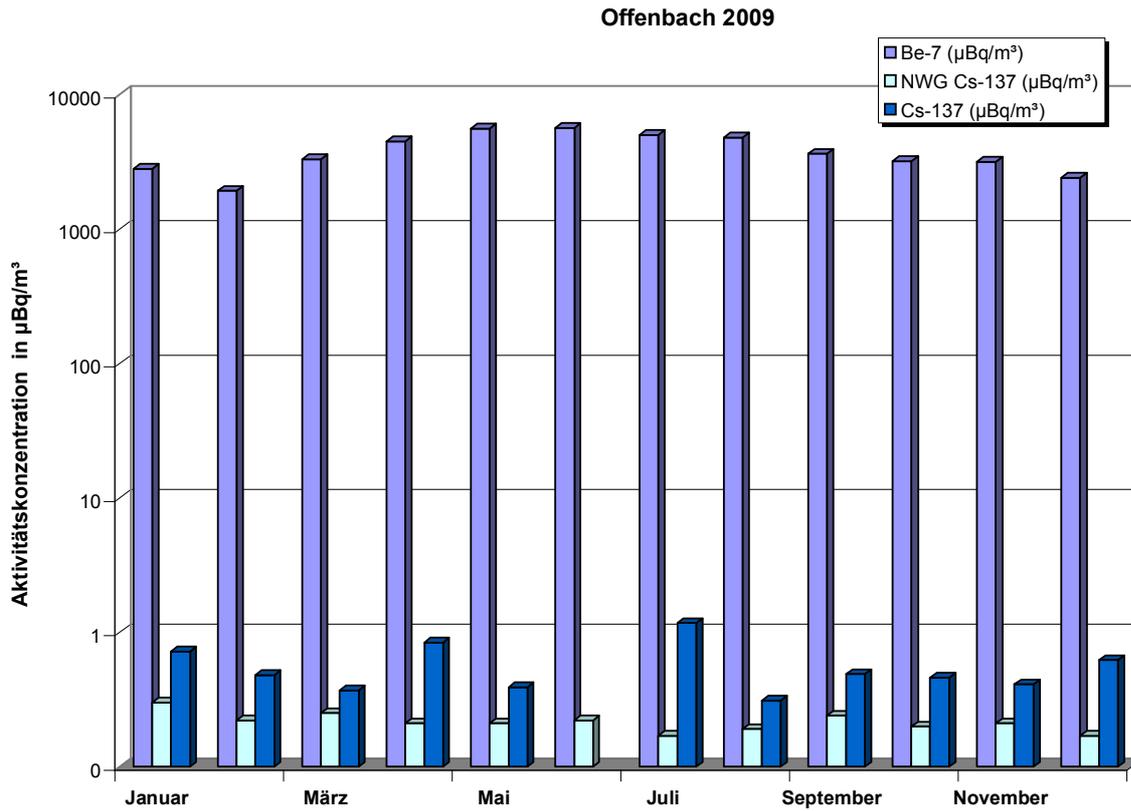


Abbildung 2.1.1-3 Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Be-7 in der bodennahen Luft im Jahr 2009 - DWD-Stationen Berlin und Offenbach
(Activity concentration of Cs-137 and Be-7 in air close to ground level in 2009 at the DWD stations in Berlin and Offenbach)

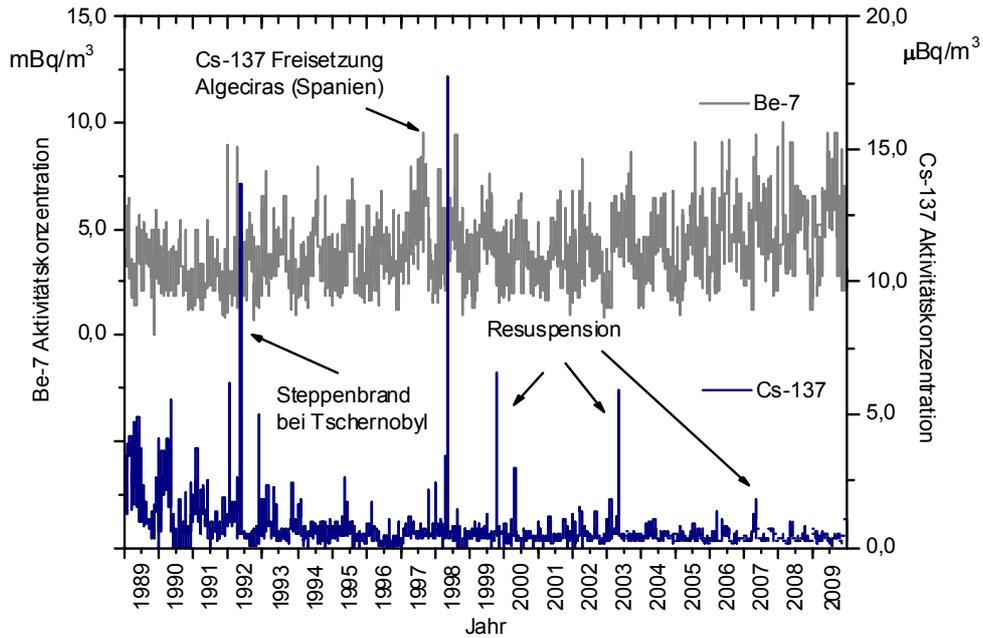


Abbildung 2.1.1-4: Aktivitätskonzentration von Cs-137 und Be-7 in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Schauinsland
(Activity concentration of Cs-137 and Be-7 in ground level air at Schauinsland measuring station)

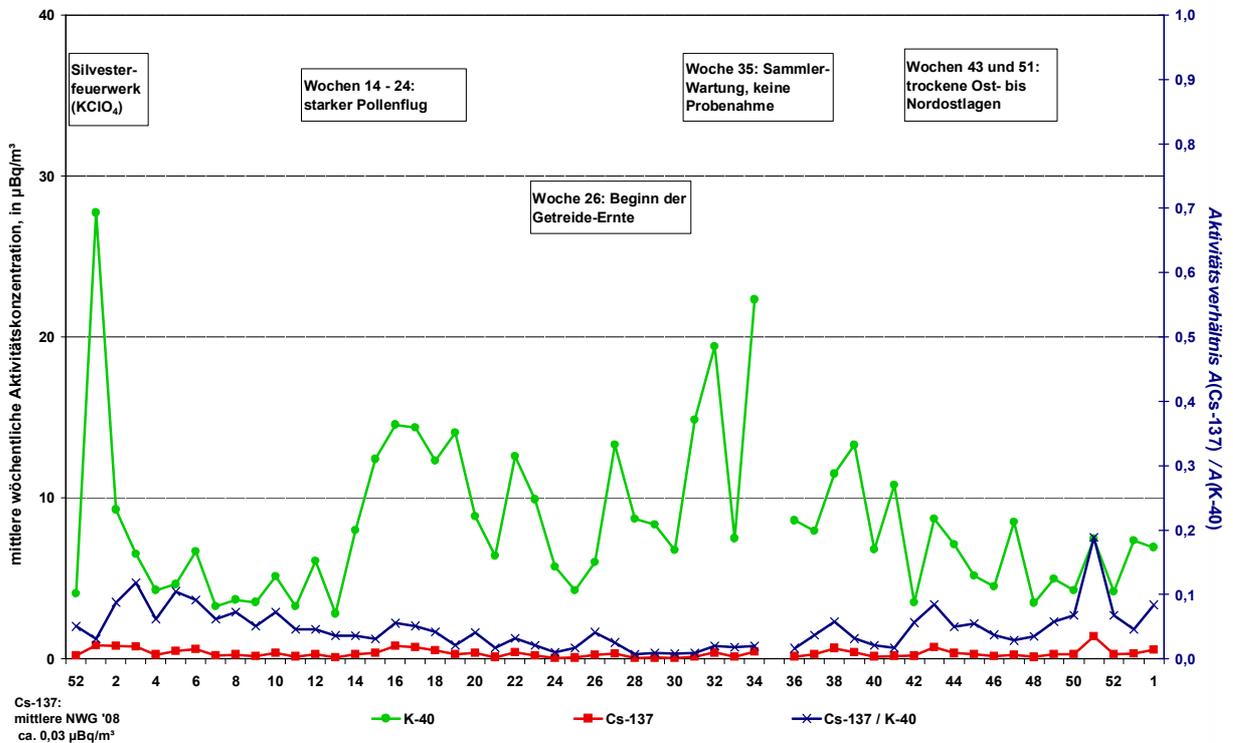


Abbildung 2.1.1-5: Aktivitätskonzentrationen und Aktivitätsverhältnis von K-40 und Cs-137 in der bodennahen Luft 2009 am Probenentnahmeort Braunschweig
(Activity concentrations and activity ratio of K-40 and Cs-137 in ground-level air at the sampling site Braunschweig in 2009)

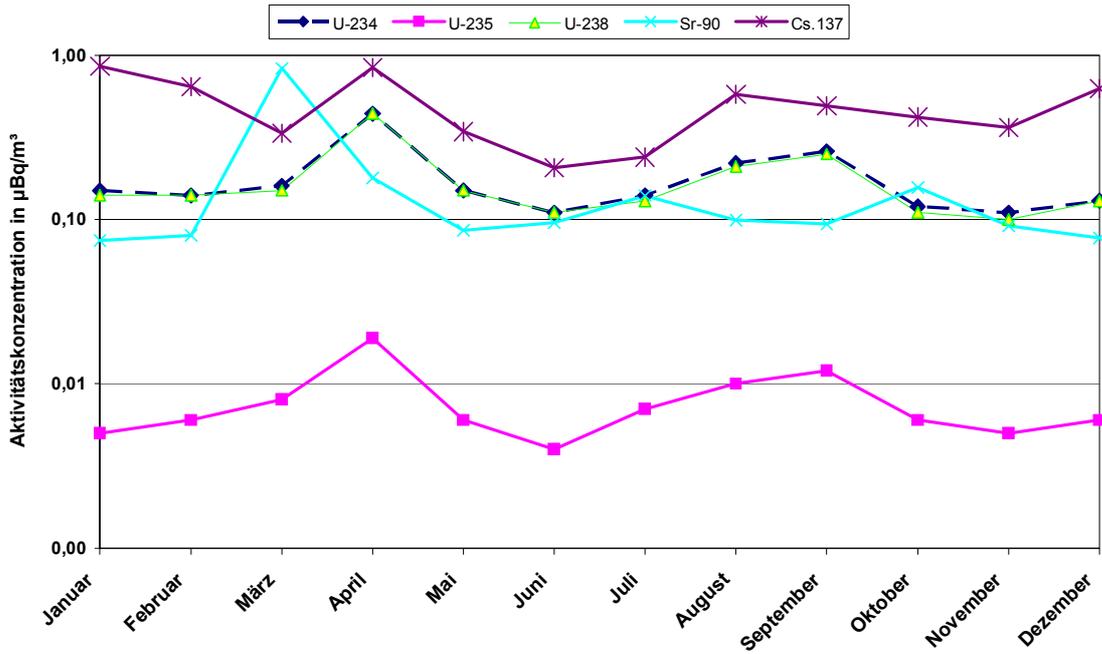


Abbildung 2.1.1-6 Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft für das Jahr 2009 am Probenentnahmeort Berlin
(Activity concentrations and activity ratio in ground-level air at the sampling site Berlin from 2009)

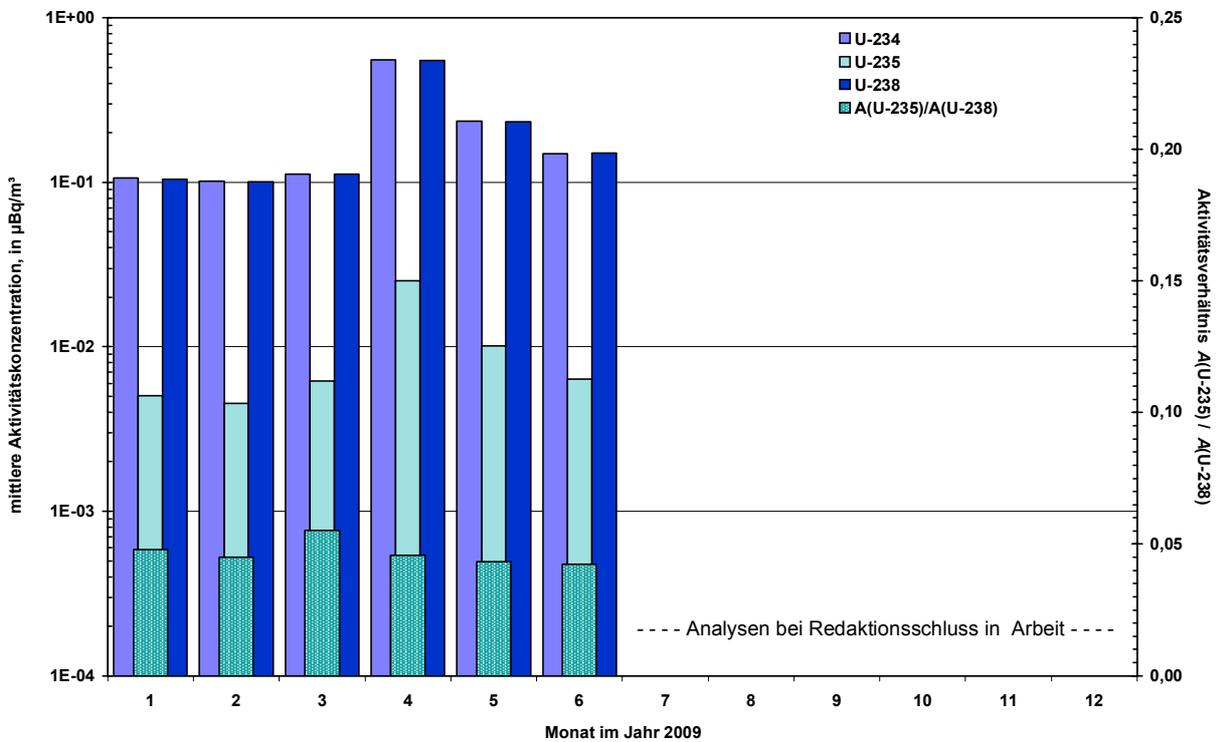


Abbildung 2.1.1-7 Aktivitätskonzentrationen und Aktivitätsverhältnis von Uran-Nukliden in der bodennahen Luft für das Jahr 2009 am Probenentnahmeort Braunschweig
(Activity concentrations and activity ratio of uranium nuclides in ground-level air at the sampling site Braunschweig from 2009)

2.1.2 Radioaktive Stoffe im Niederschlag (Gesamtdeposition) (*Total deposition of radionuclides*)

Gesamt- β -Aktivität

Zur Fortsetzung der langjährigen Messreihe wurde die Gesamt- β -Aktivität im Niederschlag (Gesamtdeposition) ermittelt. Der stationsspezifische Jahreswert der Deposition errechnet sich aus der Summe der Tagesproben. Für das Jahr 2009 resultiert ein über alle Mess- und Sammelstationen des DWD arithmetisch gemittelter Jahreswert für die Deposition von 65 Bq/m^2 (2008: 59 Bq/m^2).

Der Messwert liegt im Schwankungsbereich der Messunsicherheiten, so dass der erhöhte Wert gegenüber 2008 keinen Trend darstellt. Somit ist keine Veränderung zum Vorjahr nachweisbar. Die Messwerte bewegen sich im Niveau der Werte vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl, das heißt, im Bereich der natürlichen Schwankungen. Abbildung 2.1.2-1 zeigt den zeitlichen Verlauf der über alle Messstellen gemittelten Jahressummen der dem Boden durch Deposition zugeführten Gesamt- β -Aktivität von 1957 bis 2009 in Bq/m^2 . Die stationsspezifischen Depositionen im Berichtsjahr als Jahressummenwerte in Bq/m^2 zeigt Abbildung 2.1.2-2. Hier heben sich besonders die niederschlagsreichen Bergstationen hervor.

Gammaspktrometrie

Monatssammelproben von 40 Messstationen wurden γ -spektrometrisch analysiert. Die Nachweisgrenzen für die Aktivitätskonzentration von Cs-137 lagen zwischen 0,2 bis 20 mBq/l in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Niederschlagsmenge. Exemplarisch sind die Messwerte der Radionuklide Be-7 und Cs-137 für die Messstellen Aachen, Berlin, Offenbach und Schleswig in den Tabellen 2.1.2-1 a) und b) als Monatswerte und als aufsummierte Jahreswerte zusammengefasst. Diese Daten dienen als Vergleichsgrößen, um Veränderungen gegenüber den Vorjahren festzustellen. Die Werte waren im Jahr 2009 ähnlich denen im Jahr 2008. Die Abbildung 2.1.2-3 zeigt für die Messstationen Offenbach und Berlin die aus den Aktivitätskonzentrationen und der Niederschlagsmenge errechneten Werte für die monatliche Deposition von Be-7 und Cs-137. Für Cs-137 lagen die Nachweisgrenzen zwischen $0,04 \text{ Bq/m}^2$ und $0,14 \text{ Bq/m}^2$. Für das kosmogene Be-7 wurden Messwerte zwischen 0,6 und 120 Bq/m^2 (Offenbach) und Messwerte zwischen 0,9 und $49,3 \text{ Bq/m}^2$ (Berlin) anhand von Monatsproben ermittelt.

Radiochemie

Im Labor des DWD in Offenbach wurden Niederschlagsproben der Messstationen Berlin, München, Offenbach und Schleswig bezogen auf ein Sammelintervall von einem Monat analysiert. Es wurden Sr-90, H-3 sowie die Isotope von Uran, Plutonium und Americium bestimmt. Die erreichten Nachweisgrenzen betragen je nach Niederschlagsmenge für Sr-90 ca. 0,06 bis 0,56 mBq/l, für Pu-(239+240) und Am-241 Werte von 0,004 bis 0,24 mBq/l und für H-3 0,46 Bq/l nach elektrolytischer Anreicherung. Natürlich vorkommendes schwebstoffgebundenes U-234 und U-238 wurde ausgewaschen und im Niederschlag mit Werten von 0,02 mBq/l (Berlin, Juni 2009, 79,9 Liter Niederschlag) bis 1,1 mBq/l (Berlin, Januar 2009, 12,3 Liter Niederschlag) gemessen. In den Monaten mit erhöhten Aktivitätskonzentrationen in der Luft muss auch mit entsprechend höheren Werten im Niederschlag gerechnet werden. Die geforderten Nachweisgrenzen für Sr-90 mit 1 mBq/l und für Pu-(239+240) mit $0,02 \text{ mBq/l}$ wurden meist eingehalten. Die Nachweisgrenzen sind bei einer mittleren Niederschlagsmenge von 70 l/m^2 und Monat erreichbar.

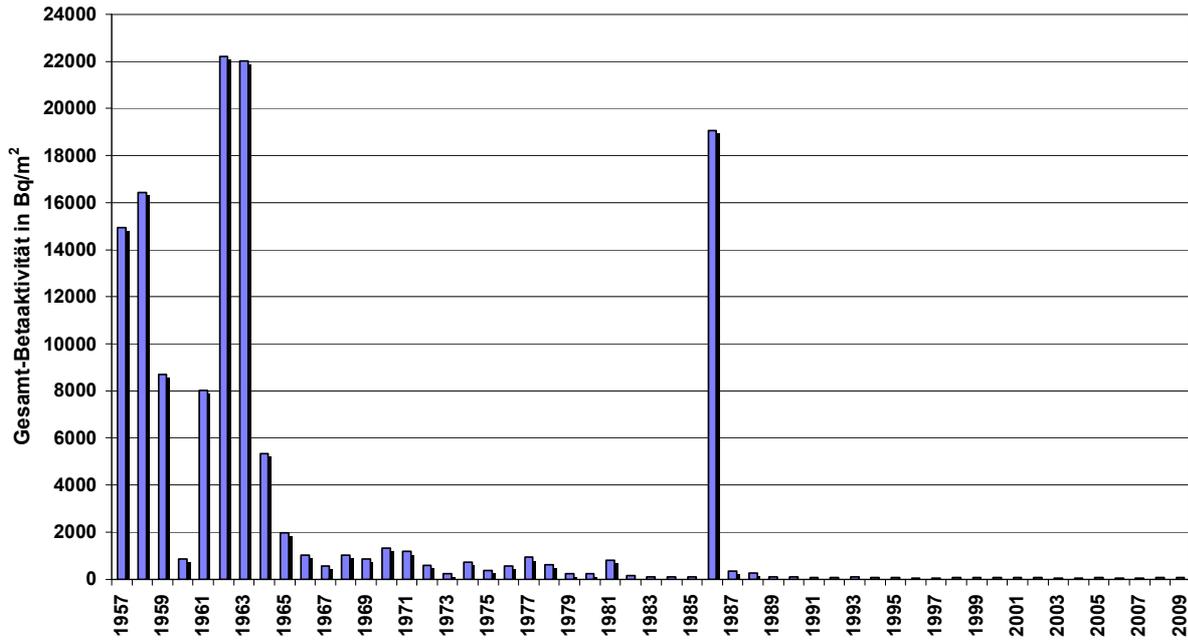


Abbildung 2.1.2-1 Langlebige Gesamt- β -Aktivität im Niederschlag – Jahresmittelwerte der Jahressummen an den DWD-Messstationen von 1957 bis 2009
 (Long-lived total β activity in precipitation – Annual mean value for the total annual levels determined at the DWD measuring stations, 1957 - 2009)

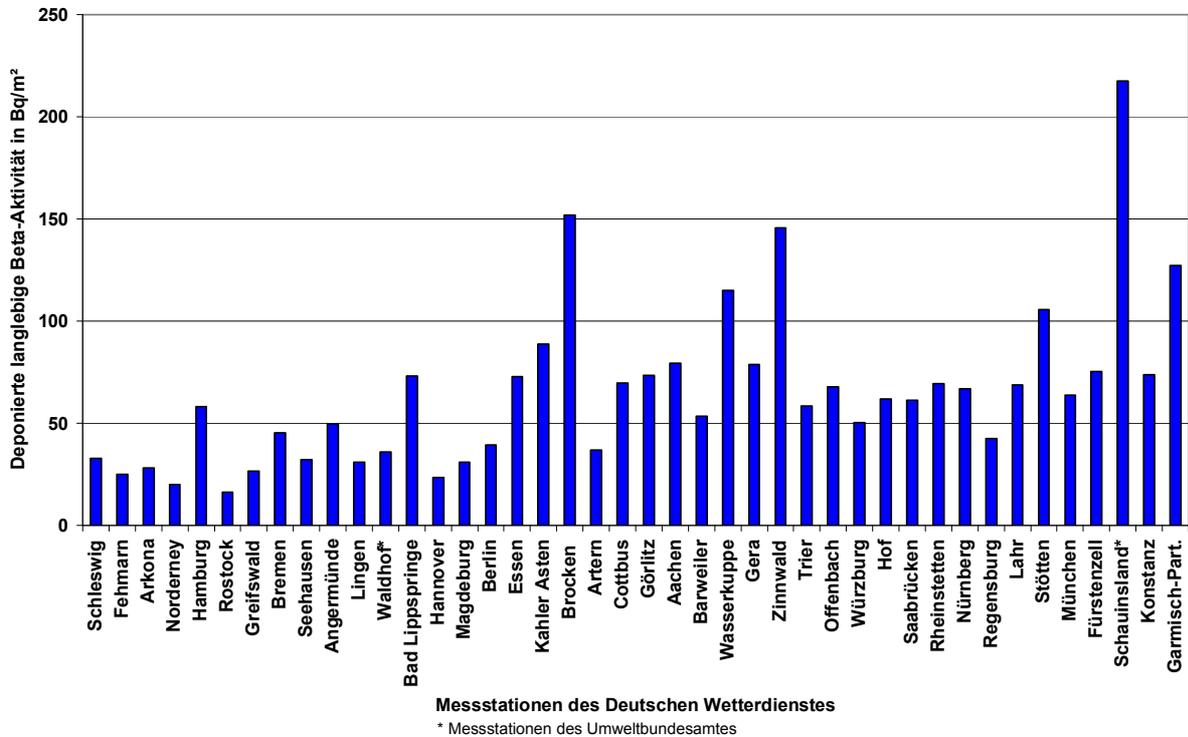


Abbildung 2.1.2-2 Dem Erdboden durch Niederschläge im Jahr 2009 zugeführte langlebige Gesamt- β -Aktivität – stationspezifische Jahressummen
 (Deposition of additional long-lived total β activity due to precipitation - station specific annual total values in the year 2009)

**Tabelle 2.1.2-1 Deposition von Einzelnucliden mit dem Niederschlag
(Deposition of individual nuclides with precipitation)**

a) Messungen des Deutschen Wetterdienstes

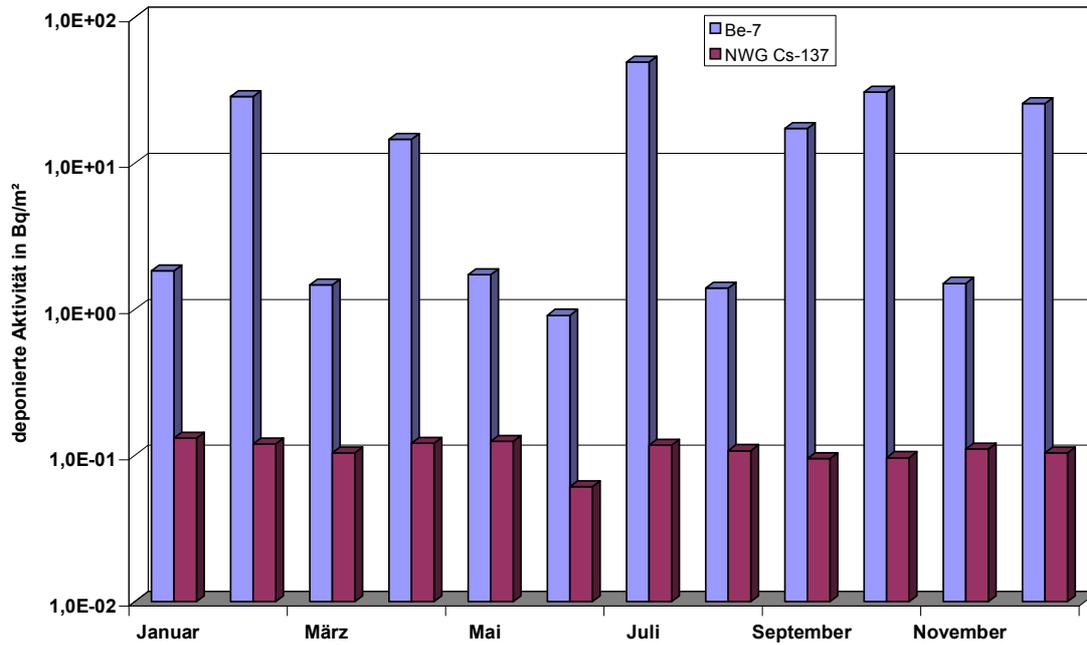
Zeitraum	Offenbach am Main			Berlin		
	l/m ²	Deposition in Bq/m ²		l/m ²	Deposition in Bq/m ²	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
2000	736,2	828	< 0,55	590,3	449	< 1,48
2001	826,1	725	< 0,84	596,2	501	< 1,70
2002	735,9	718	< 0,82	736,8	608	< 1,83
2003	239,9	162	< 0,56	212,9	74	< 0,77
2004	617,6	567	< 0,92	533,2	363	< 1,38
2005	559,2	639	< 0,46	590,2	308	< 1,37
2006	620,3	860	< 0,56	451,5	361	< 1,56
2007	677,3	458	< 0,57	846,5	191,95	< 1,45
2008	557,5	369	< 0,83	568,0	83,4	< 1,38
2009	782,5	190	< 0,85	631,2	175	< 1,30
Januar	35,1	< 1,1	< 0,06	17,8	< 1,8	< 0,13
Februar	59,8	< 1,3	< 0,08	48,1	28,7	< 0,12
März	57,0	< 1,0	< 0,07	41,7	1,5	< 0,10
April	31,9	59,7	< 0,09	3,6	< 14,7	< 0,12
Mai	82,8	1,4	< 0,04	87,9	1,7	< 0,13
Juni	98,6	< 0,81	< 0,05	95,5	< 0,91	< 0,06
Juli	92,7	< 1,18	< 0,06	69,8	< 49,3	< 0,12
August	77,2	120	< 0,14	28,0	< 1,4	< 0,11
September	37,3	< 0,6	< 0,05	29,7	< 17,3	< 0,10
Oktober	50,3	1,1	< 0,08	84,0	< 30,7	< 0,10
November	84,2	< 1,1	< 0,06	68,6	1,5	< 0,11
Dezember	75,6	< 1,3	< 0,07	56,5	< 25,7	< 0,10

b) Messungen des Deutschen Wetterdienstes

Zeitraum	Aachen			Schleswig		
	l/m ²	Deposition in Bq/m ²		l/m ²	Deposition in Bq/m ²	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
2000	946,3	1.028	< 1,06	736,3	619	< 1,08
2001	950,8	935	< 1,24	874,9	515	< 1,22
2002	945,0	1.019	< 1,08	1.083,3	771	0,81 - < 2,06
2003	467,6	286	< 0,68	377,4	304	< 0,64
2004	888,8	1.013	< 0,82	892,4	676	< 1,07
2005	716,4	787	< 0,84	763,1	669	< 1,08
2006	799,3	950	< 0,83	768,6	537	< 1,01
2007	950,1	735	< 0,9	1.004,7	319	< 0,99
2008	909,2	442	< 0,76	952,7	155,4	< 0,88
2009	578,9	632	< 0,74	822,9	331	< 0,9
Januar	25,4	< 1,0	< 0,06	19,1	< 1,0	< 0,08
Februar	52,4	< 1,0	< 0,07	31,5	< 38,5	< 0,08
März	62,4	< 84,4	< 0,03	49,2	1,0	< 0,08
April	41,7	1,2	< 0,07	5,9	9,2	< 0,07
Mai	43,1	< 68,2	< 0,07	43,2	< 1,1	< 0,07
Juni	56,3	< 122,0	< 0,08	55,8	< 40,6	< 0,07
Juli	60,5	89,0	< 0,09	87,5	< 61,9	< 0,07
August	34,8	< 42,7	< 0,07	53,6	< 1,1	< 0,08
September	19,3	1,0	< 0,07	31,5	< 25,8	< 0,08
Oktober	58,6	< 58,7	< 0,07	66,8	< 75,6	< 0,06
November	57,4	< 41,0	< 0,04	100,4	74,2	< 0,07
Dezember	67,0	123,0	< 0,03	59,6	1,3	< 0,07

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

Niederschlag Berlin 2009



Niederschlag Offenbach 2009

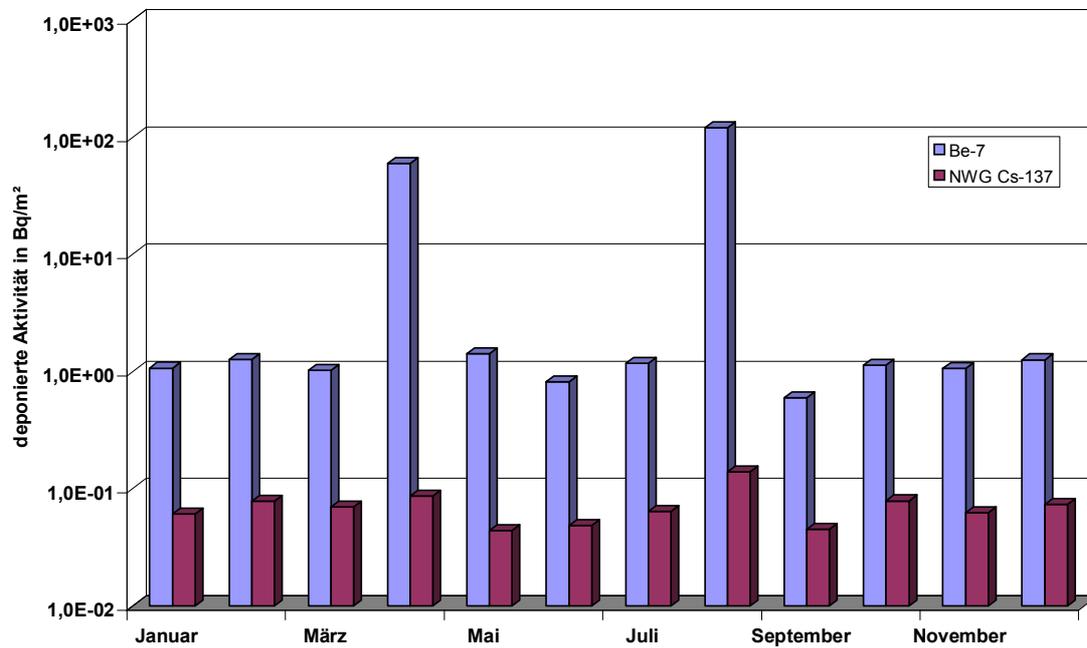


Abbildung 2.1.2-3 Deposition von Radionukliden mit dem Niederschlag im Jahr 2009
 DWD-Stationen Berlin und Offenbach
 (Deposition of radionuclides with precipitation in the year 2009 -
 DWD stations in Berlin and Offenbach)

2.1.3 Gamma-Ortsdosisleistung (Ambient gamma dose rate)

Die im Rahmen der kontinuierlichen Überwachung im ODL-Messnetz des BfS gemessenen Werte der γ -Ortsdosisleistung über Deutschland sind im Vergleich zum Vorjahr nahezu unverändert. Die geographischen Unterschiede sind Ausdruck des unterschiedlichen Gehaltes an natürlichen Radionukliden im Boden sowie der mit der Höhe zunehmenden kosmischen Strahlung. Typische Werte für die γ -Ortsdosisleistung in Norddeutschland liegen zwischen 60 und 105 nSv/h, entsprechend einer Jahresdosis von 0,5 bzw. 0,9 mSv, während in den Mittelgebirgen Spitzenwerte bis zu 230 nSv/h (Jahresdosis 2 mSv) beobachtet werden. Dabei beträgt der Anteil durch kosmische Strahlung in Meereshöhe ca. 40 nSv/h (Jahresdosis 0,3 mSv); dieser Wert verdoppelt sich etwa alle 1.500 Höhenmeter. Abbildung 2.1.3-1 gibt einen Überblick über die geographische Verteilung der externen Strahlenexposition bei einem angenommenen Aufenthalt von täglich 5 Stunden im Freien.

Die auf den Reaktorunfall von Tschernobyl zurück zu führenden künstlichen Beiträge zur γ -Ortsdosisleistung (praktisch ausschließlich von Cs-137) werden routinemäßig auch an den Sondenstandorten der ODL-Messstellen mit In-situ-Messfahrzeugen des Bundes und der Länder nuklidspezifisch ermittelt. Wegen der hohen Variabilität des natürlichen Untergrundes sind diese Gegenden in der Kartendarstellung praktisch nicht erkennbar. Mit Hilfe der im Ereignisfall durchzuführenden In-situ-Messungen lassen sich für eine eventuelle, frische Kontamination des Untergrundes/Bodens die Radionuklide und deren Aktivität schnell bestimmen.

Kurzzeitige, meist lokal auftretende Erhöhungen der γ -Ortsdosisleistung, die insbesondere bei starken Niederschlägen in den Sommermonaten zu beobachten sind, sind auf das Auswaschen von natürlichen Radon-Folgeprodukten aus der Luft zurückzuführen. Üblicherweise sind dabei nur wenige Messstellen betroffen und es stellen sich innerhalb weniger Stunden wieder die für die betroffenen Standorte typischen Werte ein.

Die Sonden und Messstellen im ODL-Messnetz unterliegen einem strengen Qualitätssicherungsverfahren wie z. B. wiederkehrende radiologische Sondenprüfung, elektrische Betriebsmittelprüfung und Standortdokumentation. Seit 2006 läuft eine umfangreiche, mehrjährige Modernisierung der Messdatenaufnahme, -verarbeitung und Datenfernübertragung im ODL-Messnetz. Im Zuge der Modernisierung wird auch der Datenumfang nebst zusätzlich gemessenen Qualitätsparametern in den Sonden erweitert. Hierzu bedarf es eines Umbaus der vorhandenen Sonden im ODL-Messnetz, der durch das vorhandene Fachpersonal selbst bewerkstelligt wird. Im Berichtsjahr wurden im Messnetz ca. 300 weitere Messstellen umgerüstet. Die Integration einer kleinen Anzahl von autarken Sonden ohne Strom- und festem Telekommunikationsanschluss in den operationellen Betrieb des ODL-Messnetzes konnte in 2009 ebenfalls fortgesetzt werden.

Gemäß BMU-Erlass wird seit dem zweiten Halbjahr 2007 die Messstellendichte im ODL-Messnetz reduziert. Die mit den Ländern abgestimmte Abbaumaßnahme von Messstellen ist zeitlich bis 2010 gestaffelt und sieht einen Abbau von insgesamt ca. 450 Messstellen vor. Durch die Ausdünnung des ODL-Messnetzes wird sich die Anzahl von ODL-Messstellen auf ca. 1.700 reduzieren.

2.1.4 Radioaktivität in Luft und Niederschlag in der Umgebung kerntechnischer Anlagen (Radioactivity in air and deposition in the surroundings of nuclear facilities)

Luft

Gemäß der REI (Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen) sind die Aktivitätskonzentrationen von gasförmigem I-131 und von schwebstoffpartikelgebundenen Radionukliden gammaspektrometrisch zu ermitteln. Die geforderten Nachweisgrenzen liegen für I-131 bei 5 mBq/m³ und bei den schwebstoffpartikelgebundenen Radionukliden, bezogen auf Co-60, bei 0,4 mBq/m³.

Für das gasförmige I-131 wurden nur Nachweisgrenzen gemessen. Damit hat sich gegenüber dem Vorjahr nichts verändert (Tabelle 2.1.4-1).

Die Aktivitätskonzentrationen der schwebstoffpartikelgebundenen Radionuklide lagen 2009, wie im Vorjahr, an allen Messstellen unterhalb der jeweils erreichten Nachweisgrenzen. Die Messergebnisse sind in Tabelle 2.1.4-2 für das Bezugsnuklid Co-60 zusammengefasst.

Die Veränderungen der Jahresmittelwerte der kontinuierlich gemessenen γ -Dosisleistung (Tabelle 2.1.4-3) sind im Vergleich zum Vorjahr im Allgemeinen gering und entsprechen den natürlichen Schwankungen. Durch den Austausch von Messsystemen treten bauart- und empfindlichkeitsbedingte Veränderungen des gemessenen Pegels der Umgebungsäquivalentdosisleistung auf.

Zum Einen können hierfür stark differierende Eigennulleffekte der Messgeräte oder die Überschätzung der kosmischen Komponente des Strahlungsfeldes der Grund sein oder andere bauartbedingte Einschränkungen der axialen oder radialen Empfindlichkeit des Messgerätes.

Im Falle des KKW Neckarwestheim zeigt hier der Austausch von Szintillationssonden durch Proportionalzählrohre im Jahre 2005 einen um einen Faktor von ca. 2 höheren Ortsdosisleistungswert.

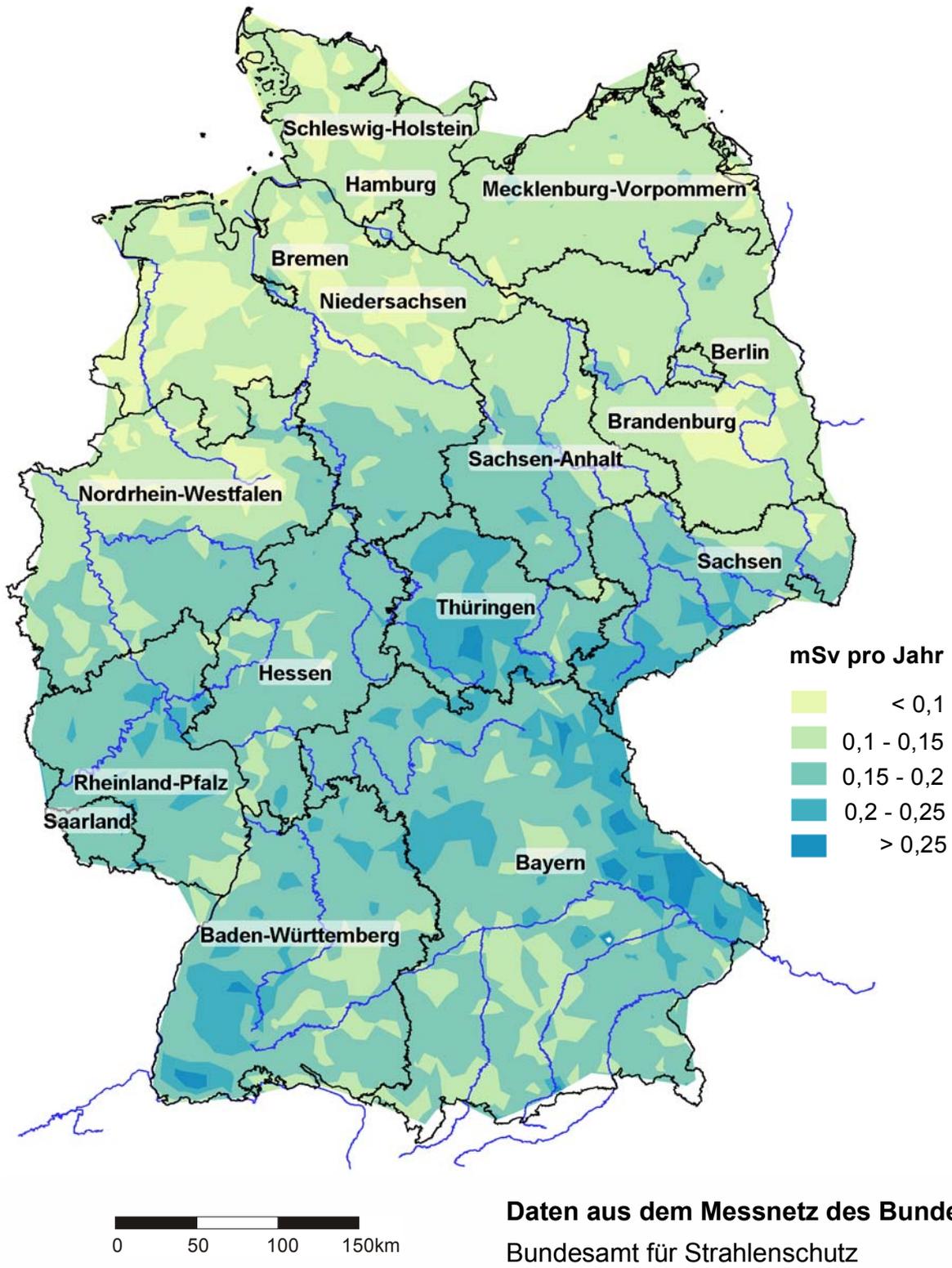


Abbildung 2.1.3-1 Externe Strahlenexposition im Jahr 2009 in Deutschland bei täglich 5 Stunden Aufenthalt im Freien
 (External radiation exposure 2009, spending 5 hours per day outdoors)

Niederschlag

Gemäß REI ist die Aktivitätskonzentration des Niederschlags gammaspektrometrisch zu ermitteln. Aus den Aktivitätskonzentrationen und den Niederschlagsmengen wird die Deposition berechnet. Aus den Monatsdepositionen in Becquerel pro Quadratmeter werden Jahresmittelwerte gebildet und berichtet. Als Nachweisgrenze für die Konzentrationsmessung bezogen auf Co-60 werden 0,05 Bq/l gefordert. Die Niederschlagsmenge pro Monat liegt im Durchschnitt je nach Jahreszeit und Standort zwischen 10 und 100 Liter pro Quadratmeter und Monat, so dass für die Deposition Nachweisgrenzen zwischen 0,5 Bq/m² und 5 Bq/m² resultieren können. Es liegen keine Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen vor. In Tabelle 2.1.4-4 sind die Nachweisgrenzen, bezogen auf Co-60, zusammengefasst. Höhere Messwerte erklären sich häufig aus der Resuspension von bereits deponierten schwebstoffgebundenen Radionukliden, deren Verfrachtung mit dem Wind und abschließender Deposition.

Tabelle 2.1.4-1 Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen des gasförmigen I-131
(Annual mean values for activity concentrations of gaseous I-131)

(in mBq/m³ Messwerte der Betreiber)

Probennahmestelle	N	I-131 (mBq/m ³)						
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BER Berlin	2	[< 0,22] ⁶	< 0,33	[< 0,32] ⁹	< 0,26	[< 0,40] ⁹	< 0,4	< 0,5
KKB Brunsbüttel	2	[< 0,21] ³	< 0,32	[< 0,29] ⁹	< 0,3	< 0,31	< 0,29	< 0,29
KBR Brokdorf	2	[< 0,35] ³	< 0,39	[< 0,36] ⁹	< 0,39	< 0,50	< 0,57	< 0,39
KKK Krümmel	3	[< 0,38] ³	< 0,37	[< 0,39] ⁹	< 0,36	< 0,35	< 0,33	< 0,31
GKSS Geesthacht	1	[< 0,24] ³	< 0,24	[< 0,24] ⁹	< 0,24	< 0,23	< 0,20	< 0,19
KKS Stade	1	[< 0,45] ⁶	[< 0,41] ⁹	[< 0,28] ⁹	*	*	*	*
KKU Unterweser	2	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
KWG Grohnde	3	< 0,58	< 0,59	< 0,61	< 0,65	< 0,80	< 0,82	< 1,7
KKE Emsland	2	< 0,32	< 0,3	< 0,32	< 0,33	< 0,30	< 0,32	< 0,35
KWW Würgassen	3	*	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	3	1,2**	< 2,0	0,36**	0,47**	0,11**	< 0,2	< 0,2
THTR Hamm-Uentrop	2	*	*	*	*	*	*	*
KWB Biblis	2	[< 0,74] ⁹	[< 0,56] ⁶	[< 0,7] ³	< 0,66	< 0,80	< 0,66	< 0,63
KKP Philippsburg	4	< 0,53	< 0,49	< 0,49	< 0,5	< 0,49	< 0,49	< 0,5
KWO Obrigheim	3	< 0,64	< 0,37	< 0,34	< 0,18	< 0,16	< 0,22	*
GKN Neckarwestheim	2	< 0,6	< 0,65	< 0,73	< 0,68	< 0,66	< 0,66	< 0,64
FZ Karlsruhe		*	*	*	-	-	-	-
KKI Isar	3	-	-	-	[< 0,29] ⁹	< 0,30	[< 0,29] ⁹	< 0,25
KKG Grafenrheinfeld	3	-	-	-	[< 0,5] ⁹	< 0,52	[< 0,54] ⁹	[< 0,48] ⁹
KRB Gundremmingen II	3	-	-	-	[< 0,27] ⁹	< 0,33	[< 0,26] ⁹	[< 0,34] ⁹
KGR Greifswald	2	*	*	*	*	*	*	*
VKTA Rossendorf	1	< 0,06	< 0,06	[< 0,35] ⁶	+	-	-	-
KKR Rheinsberg		*	*	*	-	-	-	-
KMK Mülheim-Kärlich	2	*	*	*	*	-	-	-

N Zahl der Messstationen

- keine Messwerte

[]ⁱ unvollständige Messreihe (i: Anzahl der Monate)

* Messungen eingestellt

+ keine Messung im bestimmungsgemäßen Betrieb

** Mittelwert aus 2 Messwerten im 3. Quartal einer Messstelle,

die Werte lagen sonst unterhalb der geforderten Nachweisgrenze von 2 mBq/m³

Tabelle 2.1.4-2 Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen von Co-60
(Annual mean values for activity concentrations of Co-60)
(in mBq/m³ Messwerte der Betreiber)

Probennahmestelle	N	Co-60 (mBq/m ³)						
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BER Berlin	2	[< 0,02] ³	< 0,02	[< 0,02] ⁹	< 0,02	[< 0,25] ⁹	< 0,3	< 0,29
KKB Brunsbüttel	2	[< 0,06] ³	< 0,06	[< 0,05] ⁹	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
KBR Brokdorf	2	[< 0,16] ³	< 0,18	[< 0,17] ⁹	< 0,18	< 0,18	< 0,21	< 0,18
KKK Krümmel	3	[< 0,07] ³	< 0,07	[< 0,06] ⁹	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,07
GKSS Geesthacht	1	[< 0,03] ³	< 0,06	[< 0,06] ⁹	< 0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04
KKS Stade	1	[< 0,28] ⁶	[< 0,18] ⁹	[< 0,15] ⁹	< 0,26	< 0,31	< 0,23	< 0,2
KKU Unterweser	2	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,4
KWG Grohnde	3	< 0,11	< 0,11	< 0,12	< 0,11	< 0,11	< 0,12	< 0,14
KKE Emsland	2	< 0,17	< 0,18	< 0,18	< 0,21	< 0,18	< 0,20	< 0,19
KWW Würgassen	2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,1
FZ Jülich	3	[< 0,40] ³	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,40	< 0,40	< 0,4
THTR Hamm-Uentrop	2	*	*	*	*	*	*	*
KWB Biblis	3	[< 0,22] ⁹	[< 0,17] ⁶	[< 0,18] ³	< 0,2	< 0,22	< 0,18	< 0,19
KKP Philippsburg	4	< 0,04	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
KWO Obrigheim	3	< 0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,06	< 0,05	< 0,04	< 0,04
GKN Neckarwestheim	2	< 0,14	< 0,14	< 0,15	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,12
FZ Karlsruhe	3	[< 0,01] ⁹	[< 0,01] ⁶	< 0,008	< 0,008	< 0,007	< 0,006	< 0,007
KKI Isar	3	-	-	-	[< 0,21] ⁹	< 0,22	[< 0,21] ⁹	< 0,21
KKG Grafenrheinfeld	3	-	-	-	[< 0,062] ⁹	< 0,064	[< 0,067] ⁹	[< 0,06] ⁹
KRB Gundremmingen II	3	-	-	-	[< 0,14] ⁶	< 0,18	[< 0,14] ⁹	[< 0,18] ⁹
KGR Greifswald	2	[< 0,03] ⁹	< 0,002	< 0,002	[< 0,002] ⁹	< 0,28	[< 0,25] ⁹	[< 0,08] ⁹
VKTA Rossendorf	3	< 0,02	< 0,002	[< 0,002] ⁶	< 0,002	< 0,016	< 0,01	< 0,013
KKR Rheinsberg	2	< 0,10	< 0,09	< 0,08	< 0,08	< 0,09	< 0,09	< 0,10
KMK Mülheim-Kärlich	2	< 0,20	< 0,15	[< 0,2] ⁶	< 0,14	< 0,12	< 0,18	< 0,19

N Zahl der Messstationen

- keine Messwerte

[]ⁱ unvollständige Messreihe (i: Anzahl der Monate)

* Messungen eingestellt

Tabelle 2.1.4-3 Umgebungsstrahlung bei Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren
(Ambient radiation from nuclear power plants and research reactors)

(γ -Ortsdosisleistung in nSv/h, Messwerte der Betreiber)

Probennahmestelle	N	γ -Ortsdosisleistung in nSv/h						
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BER Berlin	2	[70] ⁶	72	72	72	73	a	[73] ⁹
KKB Brunsbüttel	2	a	84	82	84	82	85	83
KBR Brokddorf	2	a	59	60	59	58	59	58
KKK Krümmel	3	a	59	57	58	61	57	53
GKSS Geesthacht	1	92 ^b	[82] ⁶	84	85	86	89	88
KKS Stade	1	[60] ^{6 y}	[59] ^{9 y}	87 ^{MT}	97	99	107	104
KKU Unterweser	2	89	93	94	98	101	102	104
KWG Grohnde	3	86	85	83	86	80	77	84
KKE Emsland	2	65	74	75	75	75	76	76
KWW Würgassen	3	*	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	12	57	56	62 ^{MT}	79	83	84	97 ^{MT}
THTR Hamm-Uentrop	2	86	85	85	86	88	100 ^l	103 ^l
KWB Biblis	3	[93] ⁹	94	[95] ³	96	103	106	106
KKP Philippsburg	4	[100] ⁹	103	106	105	99	100	100
KWO Obrigheim	2	105	103	101	102	115	120	120
GKN Neckarwestheim	2	[55] ⁹	53	119 ^{MT}	119	113	111	121
FZ Karlsruhe	6	[80] ³	[81] ⁶	83	83	83	83	84
KKI Isar ^c	3	a	a	a	99	97	[96] ⁹	[94] ⁹
KKG Grafenrheinfeld ^c	3	a	a	a	104	105	[104] ⁹	[105] ⁹
KRB Gundremmingen II ^c	3	a	a	a	65	64	[67] ⁹	[66] ⁹
KGR Greifswald	20	80	81	81	84 ^j	83 ^j	83 ^j	83 ^j
VKTA Rossendorf	3	[111] ⁶	112	111	[115] ⁹	[112] ^{6 k}	115 ^k	119 ^k
KKR Rheinsberg	4	98	94 ^z	87 ^z	84	90 ^z	85 ^z	99 ^z
KMK Mülheim-Kärlich	2	117	119	[125] ^{6MT}	127	125 ^{MT}	113	115

N Zahl der Messstationen

* Messungen eingestellt

[j] unvollständige Messreihe (i: Anzahl der Monate)

MT Austausch des Messsystems

a Daten liegen nicht vor

b zeitweise Messung mit ungeeichetem Leihgerät

c teilweise Überwachung durch unabhängige Sachverständige

j Anzahl der Messstationen auf 6 reduziert, gemäß überarbeitetem Umgebungsüberwachungsprogramm

k Anzahl der Messstationen auf 2 reduziert, gemäß überarbeitetem Immissionsüberwachungsprogramm

y Ersatzwert Sonde NLÖ unweit abgebauter Sonde

z Anzahl der Messstationen auf 2 reduziert (Bedingungen des Restbetriebes)

l leicht erhöhte ODL-Messwerte an einer Messstelle durch Bodenbearbeitung im Umfeld der Messstelle (Einbringung von Kalksteinschotter)

Tabelle 2.1.4-4 Deposition mit dem Niederschlag bezogen auf Co-60
(Deposition of radioactivity related to Co-60)

Probennahmestelle	N	Aktivität in Bq/m ² oder in Bq/l							
		2006	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009
		(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)
BER Berlin	1		[< 0,28] ⁹		[< 0,35] ⁹		< 1,4		[< 0,36] ⁹
KKB Brunsbüttel	2		< 1,3		< 0,8		< 0,87		< 0,8
KBR Brokddorf	2		< 1,5		< 1,6		< 1,6		< 1,5
KKK Krümmel	4		< 0,44		< 0,75		< 0,56		< 0,48
GKSS Geesthacht	2		< 1,5		< 2,1		< 1,6		< 1,4

Probennahmestelle	N	Aktivität in Bq/m ² oder in Bq/l							
		2006	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009
		(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)
KKS Stade	2		< 1,7		< 2,4		< 1,7		< 1,7
KKU Unterweser	2		< 0,8		< 1,4		< 0,61		< 0,52
KWG Grohnde	2		< 2,0		< 3,6		< 2,3		< 1,6
KKE Emsland	2		< 0,68		< 0,74		< 0,70		< 0,64
KWW Würgassen	2	< 0,05	+	< 0,006	+	< 0,007		< 0,006	
FZ Jülich	1	< 0,05	0,3(**)	< 0,05	+	< 0,05		< 0,05	
THTR Hamm-Uentrop	*		*		*		*		*
KWB Biblis	2		< 1,1		< 1,2		< 0,92		< 1,1
KKP Philippsburg	4		< 1,4		< 1,5		< 1,4		< 1,4
KWO Obrigheim	2		< 1,4		< 3,6		< 2,7		< 2,4
GKN Neckarwestheim	2	0,04	+		< 2,0		< 1,8		< 1,8
FZ Karlsruhe	3		< 2,8		< 2,6		< 2,6		< 2,7
KKI Isar	3		[< 2,7] ⁹		< 2,8		[< 2,8] ⁹		[< 2,9] ⁹
KKG Grafenrheinfeld	2		[< 0,52] ⁹		< 0,51		[< 0,51] ⁹		[< 0,59] ⁹
KRB Gundremmingen II	2		[< 3,3] ⁶		< 3,0		[< 2,0] ⁹		[< 2,3] ⁹
KGR Greifswald	2		< 1,8		< 2,5		[< 1,9] ⁹		< 1,8
VKTA Rossendorf	2		[< 0,38] ⁹		< 0,46		< 0,54		< 0,51
KKR Rheinsberg	2		< 0,19		< 0,18		< 0,20		< 0,2
KMK Mülheim-Kärlich	2		< 0,52		< 0,59		< 0,68		< 0,92

[^j] unvollständige Messreihe (i: Anzahl der Monate)

^d zeitweiser Defekt bei Probennahme/Messung

* Messungen eingestellt

** Cs-137

N Zahl der Messstationen

+ nur Konzentrationsangaben

2.1.5 Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus kerntechnischen Anlagen (Discharges of radioactive substances with exhaust air from nuclear facilities)

Die nuklidspezifisch nachgewiesenen Aktivitätsableitungen werden vom Betreiber vierteljährlich und jährlich dokumentiert und an die zuständige Aufsichtsbehörde übermittelt. Aus der lückenlosen Bilanzierung der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe wird die Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen ermittelt und die Einhaltung der Dosisgrenzwerte des § 47 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) überprüft. Auf die Bestimmung der Strahlenexposition aus den Emissionsdaten muss deshalb zurückgegriffen werden, weil die Aktivitätskonzentrationen und spezifischen Aktivitäten 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 2.1.5-1 bis 2.1.5-9).

Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft der Kernkraftwerke im Jahr 2009 sind in Tabelle 2.1.5-1 für die Radionuklidgruppen radioaktive Edelgase und an Schwebstoffen gebundene Radionuklide mit Halbwertszeiten größer als 8 Tage, sowie für die Radionuklide I-131, C-14 (als Kohlenstoffdioxid) und H-3 aufgeführt. Die Jahresaktivitätsableitungen von MZFR, KNK und AVR (siehe Tabelle 1.3-1) sind in den Ableitungswerten der Forschungszentren Karlsruhe und Jülich enthalten (Tabelle 2.1.5-5). Die einzelnen in einer Radionuklidgruppe 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 Radionuklidgemisches erforderlich. Die auf Grund von Einzelnuklidmessungen ermittelte Zusammensetzung der 2009 abgeleiteten radioaktiven Edelgase ist aus Tabelle 2.1.5-2 zu ersehen. Tabelle 2.1.5-3 enthält die nuklidspezifischen Aktivitätsableitungen der an Schwebstoffen gebundenen Radionuklide einschließlich der Betastrahler Sr-89 und Sr-90 sowie der Alphastrahler Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Cm-242 und Cm-244.

Tabelle 2.1.5-4 zeigt die zeitliche Entwicklung der jährlichen Gesamtaktivitätsableitungen für radioaktive Edelgase, an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden und I-131 mit der Fortluft und die Gesamt-Bruttostromerzeugung der Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland. Die Summe der Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Edelgase war 2009 mit $1,3 \cdot 10^{13}$ Becquerel (Bq) kleiner als 2008 mit $1,6 \cdot 10^{13}$ Bq, die Summe der Jahresaktivitätsableitungen von an Schwebstoffen gebundene Radionuklide war mit $6,8 \cdot 10^7$ Bq kleiner als im Vorjahr mit $1,1 \cdot 10^8$ Bq. Die Gesamtaktivitätsableitung von I-131 lag 2009 mit $6,6 \cdot 10^7$ Bq über dem Vorjahreswert von $5,7 \cdot 10^7$ Bq. Diese jährlichen Schwankungen sind abhängig von den Betriebsbedingungen der Kernkraftwerke.

In Tabelle 2.1.5-5 sind die Angaben über die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus den Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht, Berlin und den Forschungsreaktoren in Garching und Mainz im Jahr 2009 für die Radionuklidgruppen radioaktive Edelgase und an Schwebstoffen gebundene Radionuklide mit Halbwertszeiten größer als 8 Tage, inklusive Strontiumisotope und Alphastrahler, sowie für die Radionuklide I-131, C-14 (in allen chemischen Verbindungen) und H-3 zusammengefasst.

Bei den Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben werden die mit der Fortluft emittierten an Schwebstoffen gebundenen alphastrahlenden Radionuklide ermittelt (Tabelle 2.1.5-6). Die 2009 abgeleitete Gesamt-Alpha-Aktivität der Anlagen in Lingen und Gronau beträgt $<4,5 \cdot 10^4$ Becquerel.

Die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus dem Endlager Morsleben ist in Tabelle 2.1.5-7 zusammengestellt. Am Schacht Bartensleben, welcher Teil der Anlage „Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben“ (ERAM) und der genehmigte Emittent ist, werden jährlich etwa 1 Milliarde Kubikmeter Abwetter aus dem untertägigen Kontrollbereich über Stahlblech-Rohrleitungen (Abwetterlütten) nach Übertage gefördert und in die Umgebung abgegeben.

Die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachanlage Asse 2 ist für die Jahre 2008 und 2009 in den Tabellen 2.1.5-8 und 2.1.5-9 zusammengestellt. Seit dem Jahr 2009 wird bei der Schachanlage Asse 2 ein geändertes Bilanzierungsverfahren eingesetzt, das die gasförmigen Radionuklide H-3, C-14 und Rn-222 und die an Schwebstoffen gebundenen Radionuklide ausweist, jedoch nicht mehr explizit die kurzlebigen Radon-Folgeprodukte. Deshalb sind für einen Vergleich der Aktivitätsableitungen der Jahre 2008 und 2009 zwei Tabellen erstellt worden.

Die für das Jahr 2009 ermittelten Werte für die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 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 deutlich die jeweiligen Genehmigungswerte; dies zeigt beispielsweise für Kernkraftwerke der Vergleich zwischen den Werten der Tabelle 2.1.5-1 und üblichen Genehmigungswerten von ca. 10^{15} Bq für radioaktive Edelgase, ca. $3 \cdot 10^{10}$ Bq für an Schwebstoffen gebundene Radionuklide und ca. 10^{10} Bq für I-131.

Die im Rahmen der Emissionsüberwachung ermittelten jährlichen Aktivitätsableitungen 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 Jahresaktivitätsableitungen unter Berücksichtigung von meteorologischen, ökologischen und biologischen Parametern berechneten Jahresdosen sind in Teil B - II - 1.3.1 angegeben.

Aktivitätsableitungen aus Anlagen mit beendetem Betrieb werden bis zum Ablauf der atomrechtlichen Genehmigung berichtet. Die deutlich kleineren Aktivitätsableitungswerte werden vom restlichen radioaktiven Inventar sowie von Rückbau- und Dekontaminationsarbeiten verursacht.

C-14 wird in Tabelle 2.1.5-1 als chemische Verbindung Kohlenstoffdioxid angegeben, hauptsächlich deshalb, weil Kohlenstoffdioxid über Assimilation in die Nahrungskette gelangt und damit zu einer Ingestionsdosis führt. Besonders von Druckwasserreaktoren wird zusätzlich organisch gebundenes C-14 abgeleitet, dessen Dosisbeitrag aber vernachlässigbar ist. Die gesamte abgeleitete Aktivität von C-14 in allen chemischen Verbindungen über die Fortluft im Jahr 2009 beträgt an den in Tabelle 2.1.5-1 aufgeführten Standorten etwa $4,9 \cdot 10^{12}$ Bq.

Tabelle 2.1.5-1 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2009 (Discharges of radioactive substances with exhaust air from nuclear power plants in the year 2009)

Kernkraftwerk	Aktivitätsableitung in Bq				
	Radioaktive Edelgase	An Schwebstoffen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	C-14 (als Kohlenstoffdioxid)	H-3
VAK Kahl ^{b)}	-	2,7 E01	-	-	-
KKR Rheinsberg ^{c)}	-	1,7 E05	-	-	-
KRB Gundremmingen A ^{d)}	-	3,7 E04	-	-	5,4 E08
KWL Lingen ^{d)}	-	nn	-	nn	nn
KWO Obrigheim ^{h)}	-	1,5 E06	-	1,8 E09	3,1 E10
KKS Stade ^{g)}	-	2,7 E04	-	2,2 E08	6,2 E09
KWW Würgassen ^{e)}	-	2,9 E06	-	1,9 E09	2,4 E09
KGR Greifswald ^{c)}	-	8,6 E06	-	-	-
KWB Biblis A	2,8 E11	1,1 E05	8,1 E04	3,2 E10	7,2 E11
KWB Biblis B	1,8 E11	3,8 E04	3,8 E05	6,2 E10	7,9 E11
GKN Neckarwestheim 1	4,1 E11	7,1 E04	nn	5,0 E09	1,3 E11
KKB Brunsbüttel	nn	4,2 E07	nn	3,4 E09	6,1 E09
KKI Isar 1	8,5 E11	nn	3,0 E07	3,3 E11	7,7 E10
KKU Unterweser	3,2 E12	6,0 E05	nn	2,7 E10	2,0 E11
KKP Philippsburg 1	5,1 E11	5,4 E06	1,7 E07	4,0 E11	3,8 E10

Kernkraftwerk	Aktivitätsableitung in Bq				
	Radioaktive Edelgase	An Schwebstoffen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	C-14 (als Kohlenstoffdioxid)	H-3
KKG Grafenrheinfeld	1,3 E12	1,1 E06	nn	1,4 E11	2,3 E11
KKK Krümmel	2,7 E10	3,3 E06	9,5 E05	2,5 E10	5,5 E09
KRB Gundremmingen B, C	2,2 E12	nn	1,7 E07	7,9 E11	4,8 E11
KWG Grohnde	1,5 E12	1,1 E06	9,9 E05	5,1 E10	2,0 E11
THTR Hamm-Uentrop ^{f)}	-	nn	-	nn	1,3 E08
KKP Philippsburg 2	9,1E11	7,8 E05	nn	2,9 E10	1,9 E10
KMK Mülheim-Kärlich ^{f)}	nn	nn	-	6,3 E08	nn
KBR Brokdorf	2,9 E11	nn	nn	1,5 E11	3,1 E11
KKI Isar 2	3,4 E11	nn	nn	8,3 E10	2,4 E11
KKE Emsland	1,6 E11	nn	nn	2,2 E11	9,4 E11
GKN Neckarwestheim 2	5,8 E11	6,9 E04	9,6 E04	2,3 E11	2,0 E11

- a) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne I-131, einschließlich Sr-89, Sr-90 und Alphastrahler
 b) Betrieb beendet 1985
 c) Betrieb beendet 1990
 d) Betrieb beendet 1977
 e) Betrieb beendet 1994
 f) Betrieb beendet 1988
 g) Betrieb beendet 2003
 h) Betrieb beendet 2005
 - Messung / Angabe nicht erforderlich
 nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)

Tabelle 2.1.5-2 Aktivitätsableitung radioaktiver Edelgase mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2009 (Discharges of radioactive noble gases with exhaust air from nuclear power plants in the year 2009)

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Kahl/Rheinsberg	Gundremmingen A / Lingen	Obrigheim	Würgas-sen	Stade	Greifswald	Biblis A	Biblis B
Ar-41	-	-	-	-	-	-	3,6 E09	1,5 E10
Kr-85m	-	-	-	-	-	-	nn	1,3 E08
Kr-85	-	-	-	-	-	-	1,4 E11	1,4 E11
Kr-87	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Kr-88	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Kr-89	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Xe-131m	-	-	-	-	-	-	1,1 E09	1,0 E09
Xe-133m	-	-	-	-	-	-	nn	1,2 E08
Xe-133	-	-	-	-	-	-	1,2 E11	1,8 E10
Xe-135m	-	-	-	-	-	-	nn	1,8 E09
Xe-135	-	-	-	-	-	-	1,3 E10	3,5 E09
Xe-137	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Xe-138	-	-	-	-	-	-	nn	nn

Radionu-klid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Neckar-westheim 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unter-weser	Philippsburg 1	Grafen-rheinfeld	Krümmel	Gundrem-mingen B, C
Ar-41	3,8 E11	nn	1,7 E09	6,5 E11	2,2 E09	2,2 E11	5,2 E07	3,1 E11
Kr-85m	nn	nn	1,1 E09	nn	8,1 E08	nn	2,6 E08	1,9 E09
Kr-85	7,0 E09	nn	1,6 E11	2,1 E11	3,1 E10	5,3 E07	1,1 E10	5,1 E11
Kr-87	nn	nn	1,6 E09	nn	1,4 E09	nn	nn	1,5 E09
Kr-88	nn	nn	1,1 E11	nn	1,5 E09	nn	nn	2,5 E09
Kr-89	nn	nn	nn	nn	1,3 E09	nn	nn	7,6 E10
Xe-131m	3,0 E09	nn	3,8 E09	1,2 E12	1,0 E10	nn	nn	5,4 E10
Xe-133m	nn	nn	2,0 E08	nn	9,8 E08	3,5 E08	4,0 E08	1,2 E09
Xe-133	6,0 E09	nn	1,2 E11	nn	5,6 E10	1,1 E12	1,0 E10	1,4 E11
Xe-135m	nn	nn	2,6 E11	nn	1,8 E11	nn	1,1 E09	2,4 E11
Xe-135	1,3 E10	nn	1,2 E11	1,1 E12	1,3 E11	1,3E10	4,1 E09	1,9 E11

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Neckarwestheim 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unterweser	Philippsburg 1	Grafenrheinfeld	Krümmel	Gundremingen B, C
Xe-137	nn	nn	3,9 E10	nn	3,0 E10	nn	nn	5,1 E11
Xe-138	nn	nn	3,4 E10	nn	6,3 E10	nn	nn	1,8 E11

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm-Uentrop	Philippsburg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckarwestheim 2
Ar-41	5,7 E10	-	2,2 E11	-	1,3 E11	7,1 E10	1,6 E11	9,7 E10
Kr-85m	nn	-	4,6 E08	-	nn	nn	nn	nn
Kr-85	4,0 E11	-	1,7 E11	-	nn	2,6 E11	nn	2,9 E11
Kr-87	nn	-	8,3 E08	-	nn	1,1 E08	nn	5,7 E07
Kr-88	nn	-	2,2 E09	-	nn	8,7 E07	nn	1,4 E08
Kr-89	nn	-	1,8 E09	-	nn	5,0 E08	nn	nn
Xe-131m	1,4 E10	-	4,9 E11	-	nn	8,8 E09	nn	1,0 E10
Xe-133m	1,5 E09	-	5,5 E09	-	nn	3,4 E08	nn	2,2 E09
Xe-133	1,0 E12	-	4,8 E09	-	1,6 E11	1,5 E09	nn	1,8 E11
Xe-135m	nn	-	2,2 E08	-	nn	1,1 E07	nn	9,9 E07
Xe-135	4,3 E10	-	1,0 E09	-	3,5 E09	9,7 E08	nn	4,9 E09
Xe-137	nn	-	1,8 E09	-	nn	8,8 E07	nn	1,1 E08
Xe-138	nn	-	1,8 E09	-	nn	8,0 E08	nn	nn

- Messung / Angabe nicht erforderlich

nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)

Tabelle 2.1.5-3 Aktivitätsableitung von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2009 (I-131: Tabelle 2.1.5-1)
(Discharges of radioactive particulates with exhaust air from nuclear power plants in the year 2009 - I-131: Table 2.1.5-1)

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq								
	Kahl	Rheinsberg	Gundremingen A	Lingen	Obrigheim	Würgassen	Stade	Greifswald	Biblis A
Cr-51	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Mn-54	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Fe-59	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-57	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-58	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-60	nn	2,4 E04	nn	nn	1,3 E06	1,9 E06	1,0 E04	6,7 E06	nn
Zn-65	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-90	nn	nn	nn	nn	nn	1,2 E05	nn	nn	nn
Zr-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-103	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-106	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ag-110m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sn-113	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-124	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-125	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Te-123m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	1,0 E05
Cs-134	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-137	2,7 E01	6,7 E04	3,7 E04	nn	1,6 E05	9,3 E05	1,7 E04	1,9 E06	8,4 E03
Ba-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
La-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-141	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq								
	Kahl	Rheins-berg	Gundrem-mingen A	Lingen	Obrig-heim	Würgas-sen	Stade	Greifs-wald	Biblis A
Ce-144	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-152	nn	2,2 E04	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-154	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-155	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-238	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-(239+240)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Am-241	nn	nn	nn	nn	nn	9,5 E03	nn	nn	nn
Pu-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-242	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-244	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq								
	Biblis B	Neckar-westheim 1	Brunsbüt-tel	Isar 1	Unter-weser	Philipps-burg 1	Grafen-rheinfeld	Krüm-mel	Gundrem-mingen B, C
Cr-51	nn	nn	nn	nn	nn	1,2 E06	nn	nn	nn
Mn-54	nn	nn	5,7 E06	nn	nn	2,3 E05	nn	5,1 E05	nn
Fe-59	nn	nn	nn	nn	nn	1,1 E04	nn	nn	nn
Co-57	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-58	nn	nn	nn	nn	nn	4,8 E04	nn	4,3 E04	nn
Co-60	nn	7,1 E04	2,2 E07	nn	6,0 E05	1,4 E06	1,1 E06	2,6 E06	nn
Zn-65	nn	nn	1,2 E07	nn	nn	8,6 E05	nn	4,4 E04	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	5,8 E05	nn	5,0 E04	nn
Sr-90	nn	nn	nn	nn	nn	4,2 E04	nn	nn	nn
Zr-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-103	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-106	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ag-110m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sn-113	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-124	nn	nn	nn	nn	nn	1,9 E04	nn	nn	nn
Sb-125	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Te-123m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-134	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-137	3,8 E04	nn	2,1 E06	nn	nn	2,2 E05	nn	5,9 E04	nn
Ba-140	nn	nn	nn	nn	nn	5,4 E05	nn	nn	nn
La-140	nn	nn	nn	nn	nn	3,1 E05	nn	nn	nn
Ce-141	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-144	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-152	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-154	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-155	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-238	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-(239+240)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Am-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-242	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-244	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

- Messung / Angabe nicht erforderlich

nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm-Uentrop	Philippsburg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckarwestheim 2
Cr-51	nn	nn	2,8 E05	nn	nn	nn	nn	nn
Mn-54	nn	nn	9,9 E03	nn	nn	nn	nn	nn
Fe-59	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-57	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-58	nn	nn	4,8 E04	nn	nn	nn	nn	nn
Co-60	1,1 E06	nn	1,6 E05	nn	nn	nn	nn	6,9 E04
Zn-65	nn	nn	1,3 E04	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-90	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Zr-95	nn	nn	1,7 E04	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	nn	nn	4,4 E04	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-103	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-106	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ag-110m	nn	nn	2,0 E05	nn	nn	nn	nn	nn
Sn-113	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-124	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-125	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Te-123m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-134	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-137	nn	nn	4,2 E03	nn	nn	nn	nn	nn
Ba-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
La-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-141	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-144	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-152	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-154	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-155	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-238	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-(239+240)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Am-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-242	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-244	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

- Messung / Angabe nicht erforderlich

nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)

Tabelle 2.1.5-4 Aktivitätsableitung von radioaktiven Edelgasen, I-131 und an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden (ohne I-131, einschließlich Strontiumisotope und Alphastrahler) mit der Fortluft und Gesamt-Bruttostromerzeugung der Kernkraftwerke in den Jahren 1999 bis 2009 (*Discharges of radioactive noble gases, of I-131 and radioactive particulates (excluding I-131, including strontium and alpha sources) with exhaust air from nuclear power plants in the years from 1999 to 2009*)

Jahr	Aktivitätsableitung in Bq			Bruttostromerzeugung in MWa
	radioaktive Edelgase	I-131	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	
1999	1,9 E13	2,5 E08	1,4 E08	19.374
2000	2,6 E13	2,2 E08	1,1 E08	19.371
2001	1,5 E13	2,8 E08	7,4 E07	19.552
2002	1,8 E13	3,3 E08	5,7 E07	18.816

Jahr	Aktivitätsableitung in Bq			Bruttostrom- erzeugung in MWa
	radioaktive Edelgase	I-131	an Schwebstoffen gebundene Radio- nuklide	
2003	1,4 E13	1,4 E08	6,2 E07	18.847*
2004	2,8 E13	2,5 E08	8,3 E07	19.071*
2005	2,8 E13	1,7 E08	1,5 E08	18.612*
2006	1,7 E13	2,3 E08	1,3 E08	19.105*
2007	2,2 E13	1,9 E08	8,7 E07	16.043*
2008	1,6 E13	5,7 E07	1,1 E08	21.497*
2009	1,3 E13	6,6 E07	6,8 E07	21.507*

* Quelle: atw, International Journal for Nuclear Power, Betriebsergebnisse, Berlin

Tabelle 2.1.5-5 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren und Forschungsreaktoren von Universitäten im Jahr 2009
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from research centres and research reactors from universities in the year 2009)

Forschungszentrum	Aktivitätsableitung in Bq					
	Radioak- tive Edel- gase	an Schwebstof- fen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	I-129	C-14	H-3
Karlsruher Institut für Technolo- gie (KIT) (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	1,0 E12	2,7 E07 ^{b)}	7,2 E05	4,4 E05	1,6 E10	1,5 E12
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	5,4 E09	1,3 E07	5,8 E06	-	8,7 E10	4,3 E12
Forschungszentrum Dresden- Rossendorf (FZD)	1,8 E10	1,3 E05	nn	nn	1,0 E09	7,8 E10
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht	5,8 E11	2,5 E04	1,8 E05	-	5,9 E08	1,0 E11
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (bisher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI), (einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	4,6 E11	1,5 E04	7,0 E05	-	2,7 E09	7,2 E10
Garching, FRM I	-	nn	nn	-	4,6 E06	1,4 E09
Garching, FRM II	2,4 E11	nn	4,8 E04	-	9,6 E09	3,9 E11
Forschungsreaktor Mainz	1,5 E11	nn	nn	-	-	3,2 E06

a) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne I-131, einschließlich Strontiumisotope und Alphastrahler

b) davon Alphastrahler: 3,6 E05 Bq

- Messung / Angabe nicht erforderlich

nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)

Die Jahresaktivitätsableitungen der Forschungsreaktoren FRJ1, FRJ2, RFR, FRG1, FRG2 und BER II sind in den Ableitungen der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht und Berlin enthalten (Tabelle 2.1.5-5).

Tabelle 2.1.5-6 Aktivitätsableitung alphastrahlender radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben im Jahr 2009
(Discharges of alpha emitting radioactive substances with exhaust air from processing facilities for nuclear fuels in the year 2009)

Betrieb	Aktivitätsableitung in Bq	
	2009	2008
ANF GmbH (Lingen)	< 1,5 E04	<1,5 E04
URENCO D (Gronau)	3,0 E04	2,8 E04

< Messwert kleiner Erkennungsgrenze; der angegebene Wert entspricht der Erkennungsgrenze

Tabelle 2.1.5-7 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus dem Endlager Morsleben
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from the Morsleben final disposal facility)

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq	
	2009	2008
H-3	1,3 E10	1,3 E10
C-14	6,6 E08	6,9 E08
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	8,5 E05	1,7 E06
Radon-Folgeprodukte	6,0 E09	6,0 E09

Tabelle 2.1.5-8 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachanlage Asse nach altem Bilanzierungsverfahren
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from the Asse mine - old procedure)

Nuklid	Aktivitätsableitung in Bq	
	2009	2008
H-3	3,5 E10	3,7 E10
C-14	8,6 E08	1,0 E09
Pb-210	7,9 E05	1,0 E06
Rn-222 (Gas)	1,0 E11	9,4 E10
Radon-Folgeprodukte	*	4,7 E10

* Radon-Folgeprodukte sind nicht mehr explizit angegeben

Die angegebenen Messwerte für 2008 beruhen auf Betreiberangaben, da die Schachanlage im Jahr 2008 noch keine kerntechnische Anlage gemäß AtG war. Die Werte wurden vom BfS stichprobenartig überprüft

Tabelle 2.1.5-9 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachanlage Asse nach neuem Bilanzierungsverfahren
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from the Asse mine – new procedure)

Nuklid	Aktivitätsableitung in Bq	
	2009	2008
H-3	3,5 E10	3,7 E10
C-14	8,6 E08	1,0 E09
Rn-222 (Gas)	1,0 E11	9,4 E10
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	4,3 E05	4,7 E10 *

* Einschließlich kurzlebiger Radon-Folgeprodukte

Die angegebenen Messwerte für 2008 zur beruhen auf Betreiberangaben, da die Schachanlage im Jahr 2008 noch keine kerntechnische Anlage gemäß AtG war. Die Werte wurden vom BfS stichprobenartig überprüft.

2.2 Meerwasser und Binnengewässer

(Seawater and inland water)

2.2.1 Meerwasser, Schwebstoff, Sediment

(Seawater, suspended matter, sediment)

In diesem Kapitel wird der aktuelle Zustand von Nord- und Ostsee hinsichtlich der Kontamination durch künstliche Radionuklide beschrieben. Grundlage der Bewertung sind jährlich je eine Überwachungsfahrt in Nord- und Ostsee mit eigenen und gecharterten ausländischen Forschungsschiffen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) sowie zahlreiche Wasserproben, die regelmäßig auch von anderen Schiffen des Bundes an festgelegten Positionen entnommen werden. Damit ist sowohl eine Beschreibung der räumlichen Verteilung als auch des zeitlichen Trends der Kontamination möglich. Grundsätzlich werden die Radionuklide Cs-137 bzw. Cs-134, Sr-90, Pu-(239+240), Pu-238, Am-241 und Tritium untersucht.

Meerwasser in der Nordsee

Die Probennahme zur Überwachung der Nordsee erfolgte 2009 auf einer Fahrt im August. Zusätzlich wurden an den Positionen der früheren Feuerschiffe Borkumriff und Elbe 1 in der Deutschen Bucht Proben möglichst monatlich entnommen.

Die Zeitreihen der Aktivitätskonzentration von Cs-137 und Sr-90 an den beiden Stationen seit 1961 bzw. 1980 (Abbildung 2.2.1-1 und 2.2.1-2) lassen seit einigen Jahren nur noch sehr niedrige Werte erkennen. Der Grund dafür ist, dass aus den Wiederaufbereitungsanlagen Sellafield und La Hague nur noch sehr geringe Einleitungen dieser beiden Radionuklide zu verzeichnen sind. Zeitverzögert infolge des Reststroms innerhalb der europäischen Schelfmeere liegen die Konzentrationen nur noch sehr gering über den Kontaminationswerten des Oberflächenwassers des Atlantiks. Diese sind im Wesentlichen durch die Reste des Fallouts der oberirdischen Kernwaffentests der sechziger Jahre gekennzeichnet. Ein Eintrag von Cs-137 aus der Elbe ist nicht zu festzustellen, wie auch in Abbildung 2.2.1-3 zu erkennen ist. Der Fallout von Tschernobyl mit seinem charakteristischen Nuklidverhältnis Cs-134/Cs-137 war in der deutschen Bucht zwei bis drei Jahre nach dem Unfall nicht mehr zu messen. Cs-134 ist im Wasser der Nordsee ebenfalls nicht mehr nachweisbar (NWG ca. $0,2 \text{ Bq/m}^3$).

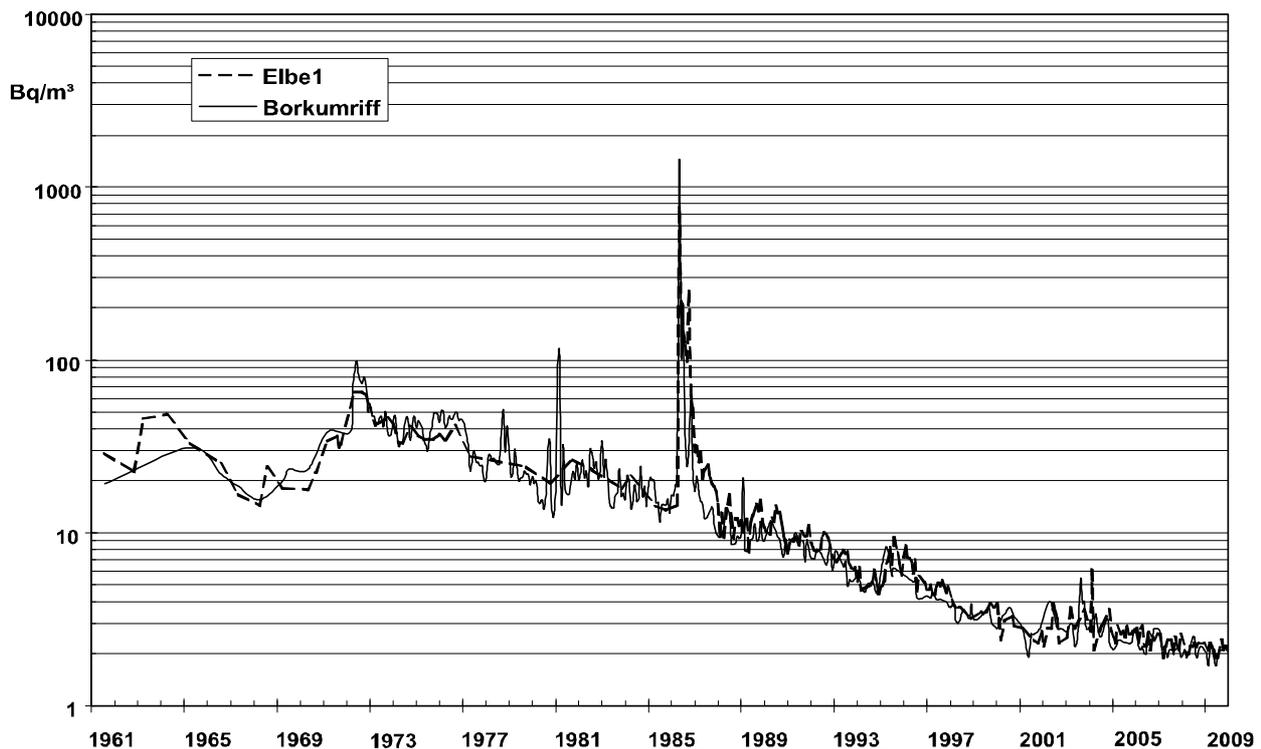


Abbildung 2.2.1-1 Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m^3) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1961

(Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m^3) at two positions in the German Bight since 1961)

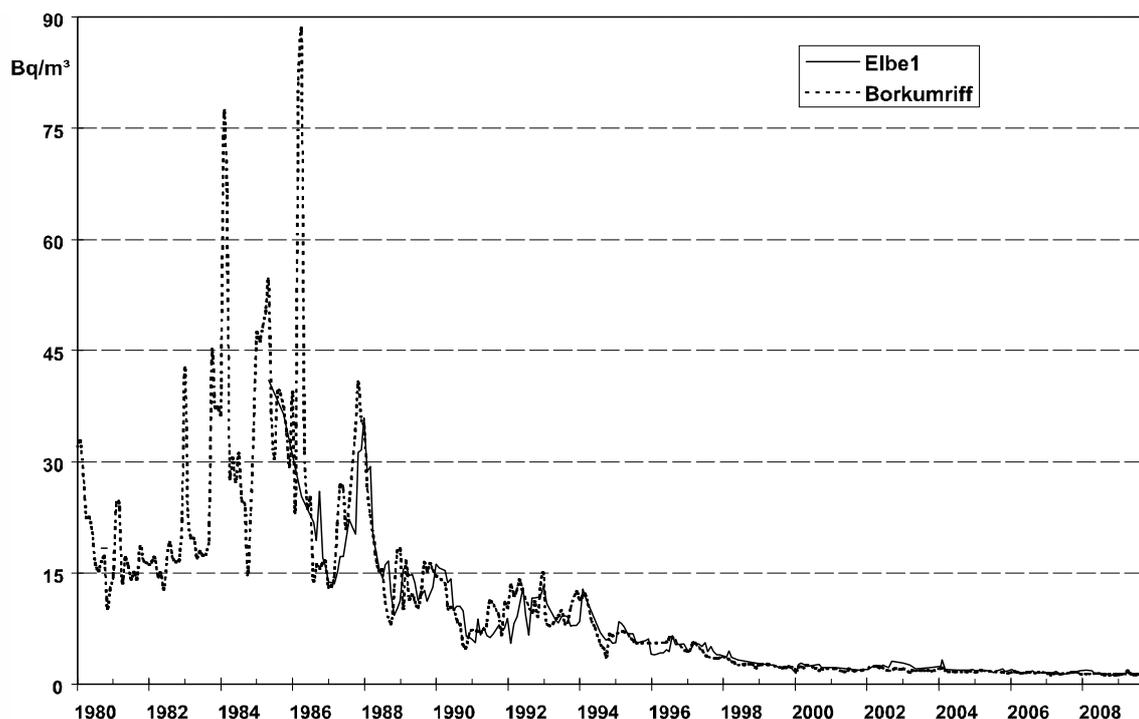


Abbildung 2.2.1-2 Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m^3) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1980

(Temporal trend of the activity concentration of Sr-90 (Bq/m^3) at two positions in the German Bight since 1980)

In der Abbildung 2.2.1-3 wird die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Cs-137 an der Wasseroberfläche der Nordsee vom Englischen Kanal bis auf Höhe der Shetlandinseln im August 2009 dargestellt. Die Konzentrationen überstreichen einen Bereich von $1,4 \text{ Bq/m}^3$ im Englischen Kanal bis zu $5,9 \text{ Bq/m}^3$ im Skagerrak. Die geringfügig höheren Konzentrationen an der Südküste Norwegens und an der englischen Ostküste sind auf den Eintrag aus der höher belasteten Ostsee bzw. auf Resuspension aus der Irischen See zurückzuführen. Im Vergleich zu früheren Jahren sind die Konzentrationen von Cs-137 sehr niedrig. Bemerkenswert ist, dass die Einleitungen von Cs-137 der WAA La Hague im Vergleich zu früheren Jahren nahezu vollständig gestoppt sind. Ein Eintrag aus der Elbe ist nicht zu erkennen.

Dies gilt nicht für Sr-90, wie in Abbildung 2.2.1-4 gut zu erkennen ist. Hier wird der höchste Wert mit $3,6 \text{ Bq/m}^3$ in der Elbe gefunden. Die geringen Einträge an Cs-137 aus der Elbe sind darauf zurückzuführen, dass Cs-137 im Vergleich zu Sr-90 an Tonmineralen der Böden stärker adsorbiert wird und deshalb über die Flüsse geringer eingetragen wird als Sr-90. Die Quelle des Sr-90 ist der Kernwaffenfallout. Auch wenn der Sr-90-Datensatz zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses noch nicht vollständig ist, lässt sich auch bei diesem Nuklid feststellen, dass die Einleitungen der Wiederaufarbeitungsanlagen nahezu nicht mehr feststellbar sind.

Anders sieht die Verteilung von H-3 aus, wie sie in Abbildung 2.2.1-5 dargestellt ist. Die Einleitungen der Anlage La Hague sind deutlich zu erkennen und markieren den sogenannten Europäischen Küstenstrom bis hin zur Norwegischen Küste. Da sowohl die Einleitungen der WAA Sellafield dieses Nuklids (ungefähr ein Zehntel der Einleitungen La Hagues) als auch der natürliche Hintergrund durch die Tritiumproduktion, verursacht durch die kosmische Strahlung in der Atmosphäre, vergleichsweise gering sind, ist dieses Nuklid in den letzten Jahren ein hervorragender Marker, um die von der Anlage La Hague kontaminierten Wassermassen zu charakterisieren. Nach den vorliegenden Erkenntnissen ist die Radiotoxizität von Tritium sehr gering. Die räumliche Verteilung entspricht im Wesentlichen derjenigen, die auch zuletzt im Jahr 2005 festgestellt wurde.

In den Abbildungen 2.2.1-6 bis 2.2.1-8 sind die Verteilungen von Transuranen in der Nordsee im Jahr 2009 dargestellt. Die relativ höchsten Aktivitätskonzentrationen finden sich an der schottischen Ostküste mit bis zu 32 mBq/m^3 für Pu-(239+240) und im Englischen Kanal mit bis zu 12 mBq/m^3 für Am-241. Dies entspricht auch in diesem Fall den Konzentrationsverteilungen, wie sie sich zuletzt im Jahr 2005 darstellten. Das Pu-238/Pu-(239+240)-Aktivitätsverhältnis der Anlage Sellafield war für viele Jahre sehr konstant bei 0,15 - 0,20 (siehe auch Abb. 2.2.1-16). Schon im Jahr 2005 war eine signifikante Änderung des Verhältnisses festzustellen. Gefunden wurden damals Werte vom 0,3 bis 0,4 an der Englischen Ostküste. Im Jahr 2009 wurden nun erstmals in der Geschichte der Radioaktivitätsüberwachung durch das BSH Verhältnisse um 0,8 in der zentralen Nordsee gemessen (siehe Abb. 2.2.1-7). Die Herkunft des Plutoniums mit diesem Aktivitätsverhältnis ist unklar. Historisch gab es vergleichbare Messwerte nur sehr lokal begrenzt in der Nähe der Anlage Dounreay an der Nordküste Schottlands. Dabei ist festzuhalten, dass es sich wie bei allen hier dargestellten Transuranelementen um extrem geringe Aktivitätskonzentrationen handelt, von denen keine Gefahr für Mensch oder Umwelt ausgeht. Zu ergänzen ist, dass die in den letzten Jahren erhöhten Transuranwerte in der Elbe deutlich zurückgegangen sind.

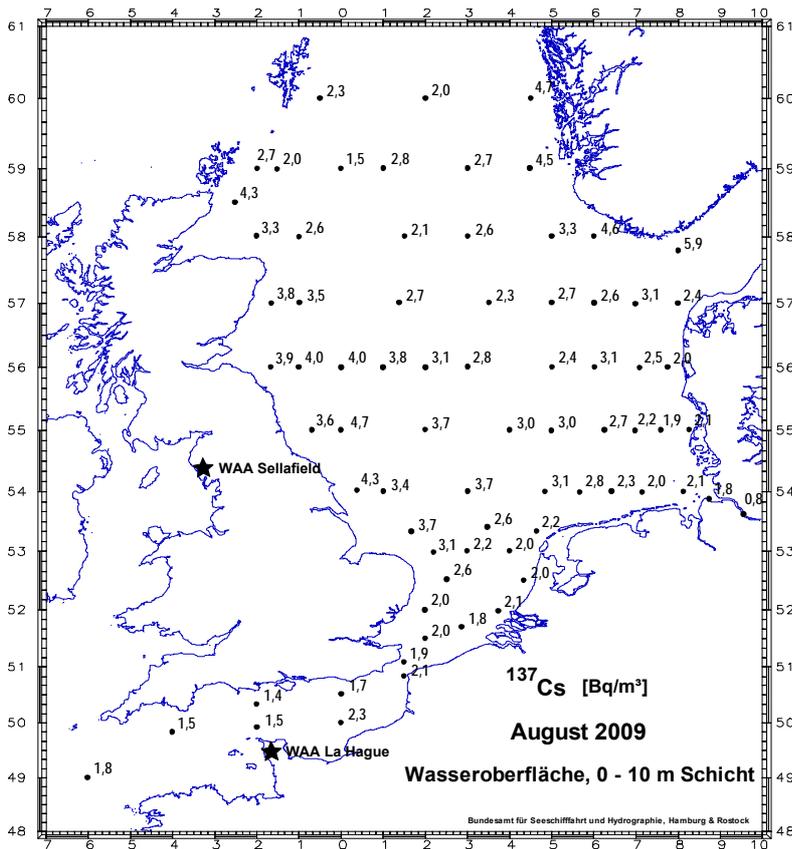


Abbildung 2.2.1-3

Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m^3) im Wasser der Nordsee im August 2009
(Distribution of Cs-137 (Bq/m^3) in seawater of the North Sea in August 2009)

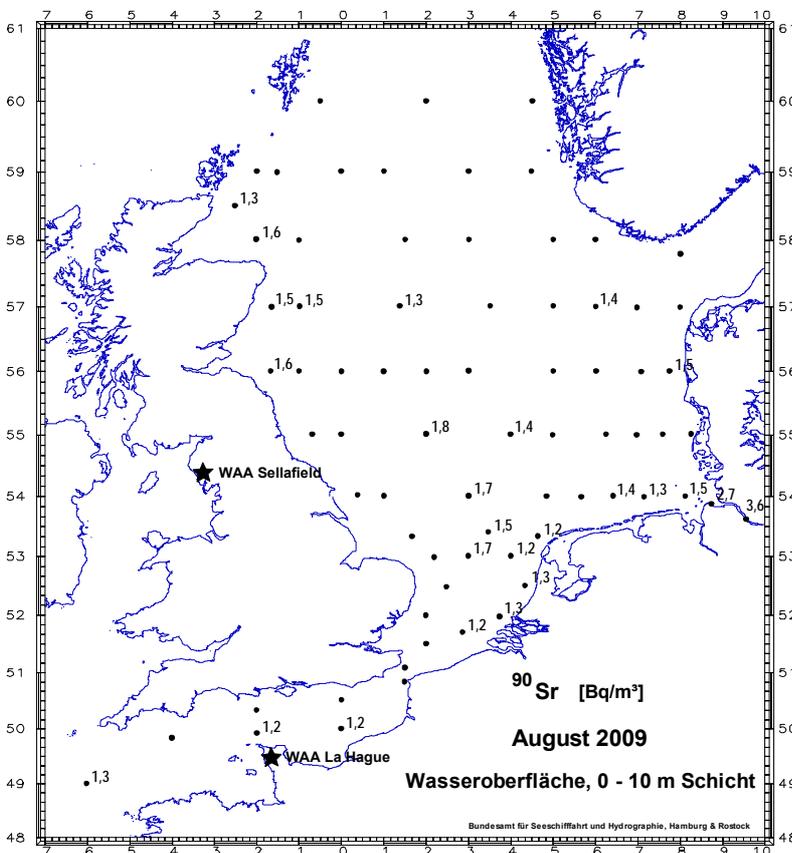


Abbildung 2.2.1-4

Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m^3) im Wasser der Nordsee im August 2009
(Distribution of Sr-90 (Bq/m^3) in seawater of the North Sea in August 2009)

Abbildung 2.2.1-5

Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von H-3 (Bq/l) im Wasser der Nordsee im August 2009
 (Distribution of H-3 (Bq/l) in seawater of the North Sea in August 2009)

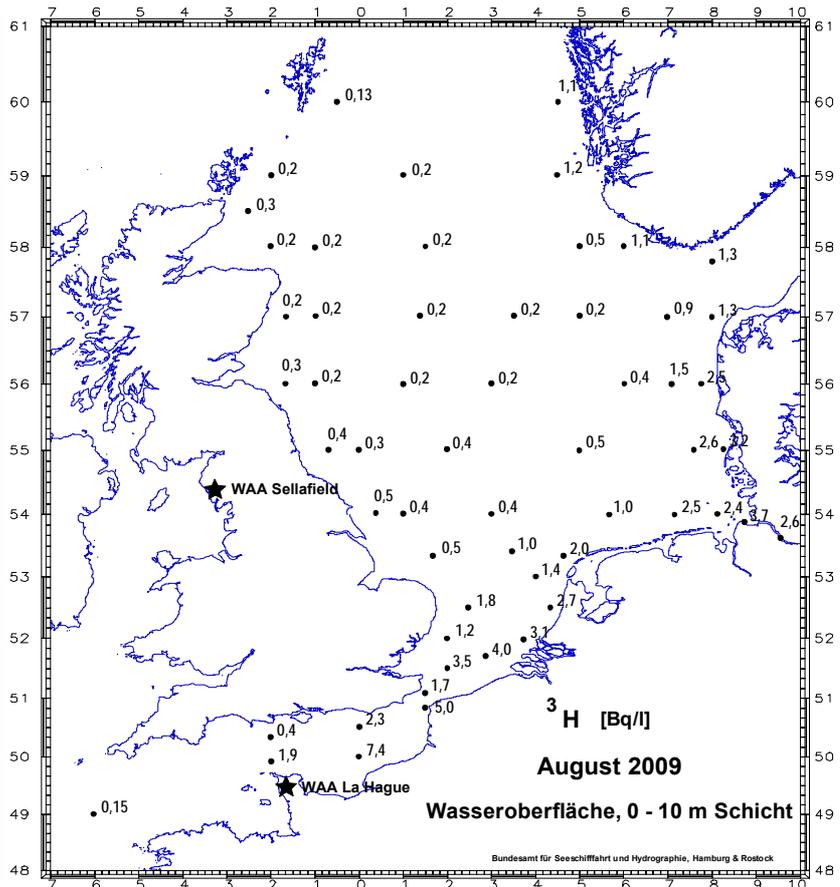
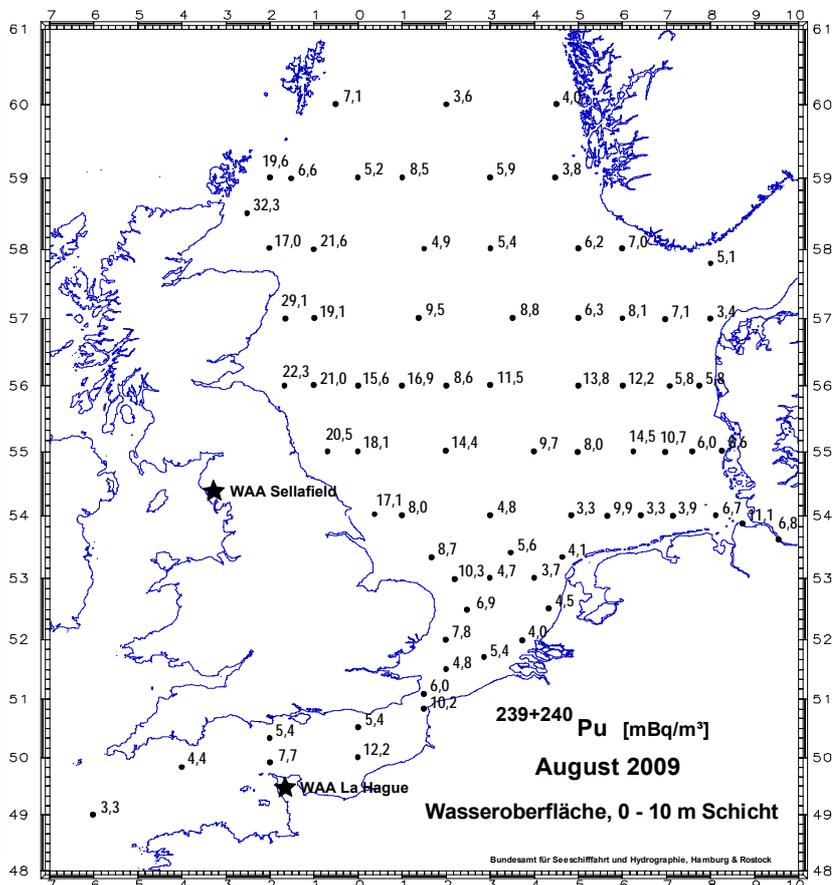


Abbildung 2.2.1-6

Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Pu-(239+240) (mBq/m³) im Wasser der Nordsee im August 2009
 (Distribution of the activity concentration of Pu-(239+240) (mBq/m³) in seawater of the North Sea in August 2009)



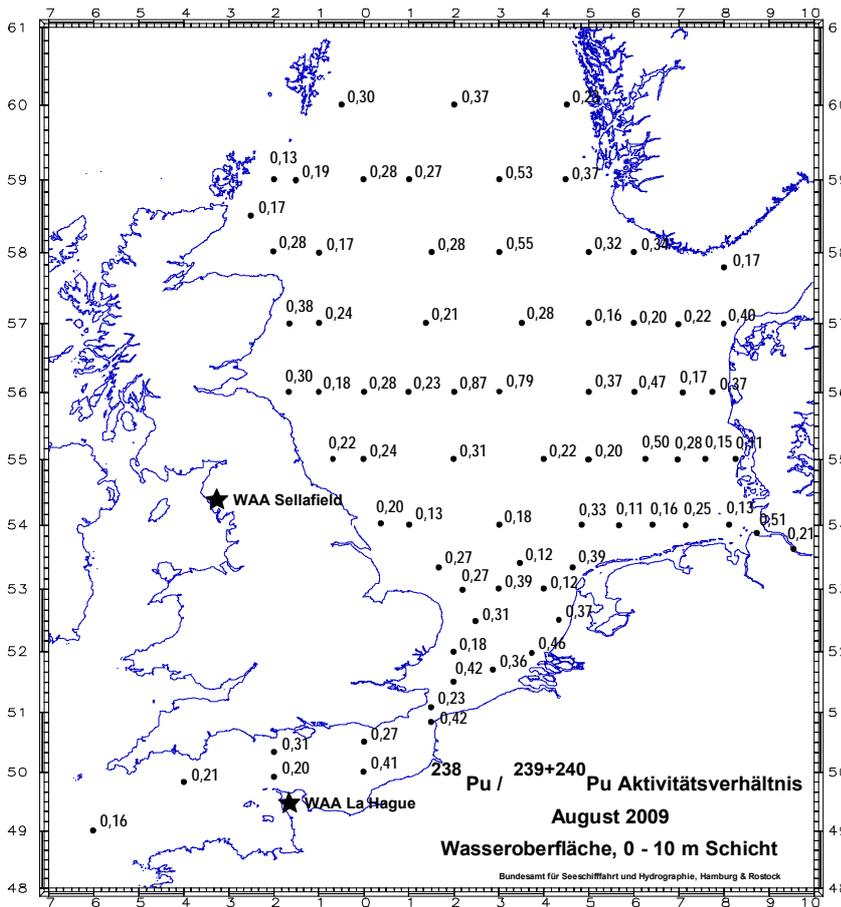


Abbildung 2.2.1-7

Die Verteilung des Aktivitätsverhältnisses Pu-238 / Pu-(239+240) im Wasser der Nordsee im August 2009
(Distribution of the activity ratio of Pu-238/ Pu-(239+240) in seawater of the North Sea in August 2009)

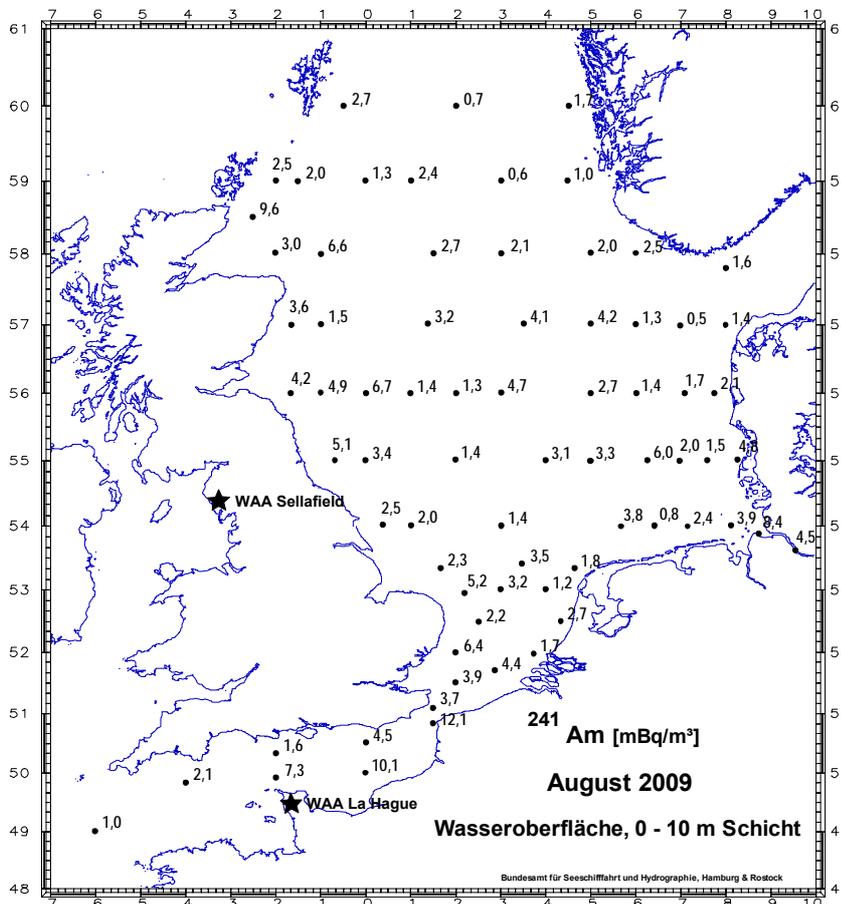


Abbildung 2.2.1-8

Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Am-241 (mBq/m^3) im Wasser der Nordsee im August 2009
(Distribution of the activity concentration of Am-241 (mBq/m^3) in seawater of the North Sea in August 2009)

Meerwasser der Ostsee

Die Ostsee erfuhr nach dem Unfall von Tschernobyl einen hohen Eintrag von Fallout. Der Schwerpunkt des Eintrages lag in der südlichen Bottensee, dem Finnischen Meerbusen und - in geringerem Maße - in der Lübecker Bucht. Auf Grund des nur geringen Wasseraustausches mit der Nordsee dauert es Jahrzehnte bis Schadstoffe aus der Ostsee entfernt werden. Dies ist seit über 20 Jahren auch für das Cs-137 aus dem Tschernobylunfall zu beobachten. Die Ostsee ist das größte Brackwassermeer der Welt. Insgesamt besteht ein Süßwasserüberschuss, der mit dem salzarmen Oberflächenwasser über die Beltsee in die Nordsee transportiert wird. In der Tiefenschicht findet der Einstrom salzreichen Nordseewassers statt. Dieses Wechselspiel spiegelt sich auch in den Konzentrationen des Radionuklids Cs-137 wieder. Im Oberflächenwasser befinden sich die höheren Konzentrationen aus dem Tschernobylfallout, im Tiefenwasser finden wir durchweg niedrigere Konzentrationen bei höherem Salzgehalt.

Abbildung 2.2.1-9 stellt den zeitlichen Verlauf der Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Sr-90 im Oberflächenwasser an der Position Schleimündung in der Ostsee dar. Deutlich zu erkennen sind die höheren Konzentrationen beider Nuklide in den sechziger Jahren und an Cs-137 seit dem Tschernobyl-Unfall. Die jahreszeitlichen Schwankungen der Cs-137-Konzentrationen sind durch den jahreszeitlich schwankenden Ein- und Ausstrom des Ostseewassers bestimmt.

Die Aktivitätskonzentration von Cs-137 liegt an der Wasseroberfläche der westlichen Ostsee, praktisch gleichbleibend mit dem Vorjahr, zwischen etwa 24 Bq/m^3 im westlichen und 38 Bq/m^3 im östlichen Teil des im Juni 2009 überwachten Gebietes (Abbildung 2.2.1-10). Die Konzentrationen nehmen in west-östlicher Richtung nach wie vor leicht zu - in Richtung des Schwerpunktes des Tschernobyl-Fallout. Obwohl die Kontamination der westlichen Ostsee sich in den letzten Jahren insgesamt deutlich verringert hat, liegt sie immer noch um mindestens den Faktor 10 über derjenigen der Deutschen Bucht. Während die Wassersäule der zentralen Ostsee im überwiegenden Teil bis hinunter zum Meeresboden eine sehr homogene Kontamination zeigt, lässt sich im Bodenwasser der Beltsee der Einstrom des Nordseewassers mit deutlich geringerem Gehalt an Cs-137 nachweisen. Im Gegensatz zu den Vorjahren zeigen die Proben aus der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee die größten Unterschiede in der Cs-137-Konzentration zwischen Oberflächen- und Bodenwasser auf.

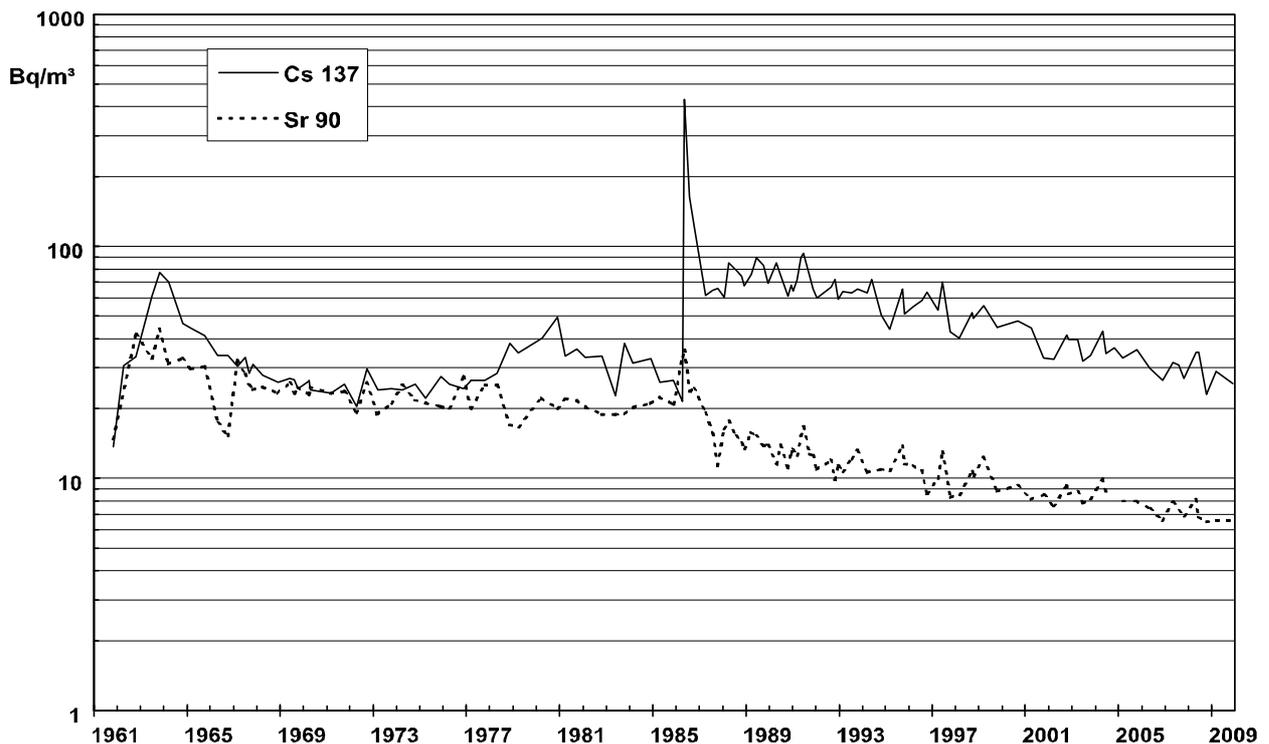


Abbildung 2.2.1-9 Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90 -Aktivitätskonzentrationen (Bq/m^3) an der Position „Schleimündung“ ($54^\circ 40' \text{N}$, $010^\circ 05' \text{O}$) seit 1961

(Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 and Sr-90 (Bq/m^3) at the position „Schleimündung“ ($54^\circ 40' \text{N}$, $010^\circ 05' \text{E}$) since 1961)

Durch den im langjährigen Mittel sehr geringen Wasseraustausch der Ostsee mit der Nordsee durch die dänischen Meerengen ist die durch Tschernobyl eingetragene Aktivität im Wasser der Ostsee über einen längeren Zeitraum verblieben. Die Menge des Zuflusses an salzreichem und aktivitätsarmem Nordseewasser durch die Bodenschicht des Kattegat ist dabei von Jahr zu Jahr hochvariabel, abhängig von meteorologischen Ereignissen. Um diesen Einstrom besser zu charakterisieren, wurden sieben sogenannte Indikatorstationen entlang des Haupteinstrombereiches ausgewählt. Die Mittelwerte der Cs-137-Aktivitätskonzentration, jeweils getrennt für Oberflächen- und Bodenwasser, wurden in Abbildung 2.2.1-11 dargestellt. Neben dem generellen Trend zu geringeren Konzentrationen kann man sowohl die Differenzen zwischen Oberflächen- und Bodenwasser als die Homogenität über die gewählte Einstromgrenze als Indikator für die unterschiedlichen Einstromsituationen heranziehen. In den letzten Jahren ist eine stetige Einstromsituation im Bodenwasser mit ausgeprägten Differenzen zwischen Oberfläche und Bodenwasser im Cs-137-Gehalt festzustellen, die von Jahren mit geringen Differenzen (2004, 2007, 2009) oder großer Inhomogenität (1999) unterbrochen wurde. Letztere werden als Jahre mit geringem oder unvollständigem Einstrom von Nordseewasser interpretiert.

Kompensiert wird der Zufluss an Nordseewasser durch einen stetigen Ausfluss an Oberflächenwasser aus der Ostsee in den Skagerrak. Die Ostsee stellt dadurch seit einigen Jahren die stärkste Quelle für Cs-137 im Nordatlantik dar. Die Zeit für einen vollständigen Wasseraustausch der Ostsee wird mit 20 bis 30 Jahren angenommen.

Die räumliche Verteilung der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m^3) im Oberflächenwasser auf einigen ausgewählten Stationen im Untersuchungsgebiet im Juni 2009 ist in Abbildung 2.2.1-12 dargestellt. Die Verteilung von Sr-90 ist sehr homogen, weil sie vom globalen Fallout und nicht vom Tschernobyl-Unfall bestimmt wird. Gleiches gilt für die in Abbildung 2.2.1-13 dargestellte Verteilung der Aktivitätskonzentration von H-3.

Es ist festzuhalten, dass während der über 20-jährigen Laufzeit der internationalen Radioaktivitäts-Überwachungsprogramme (HELCOM-MORS) keinerlei Messwerte im Wasser der Ostsee gefunden wurden, die auf Einleitungen der nuklearen Anlagen der Ostseeanrainerstaaten zurückzuführen wären.

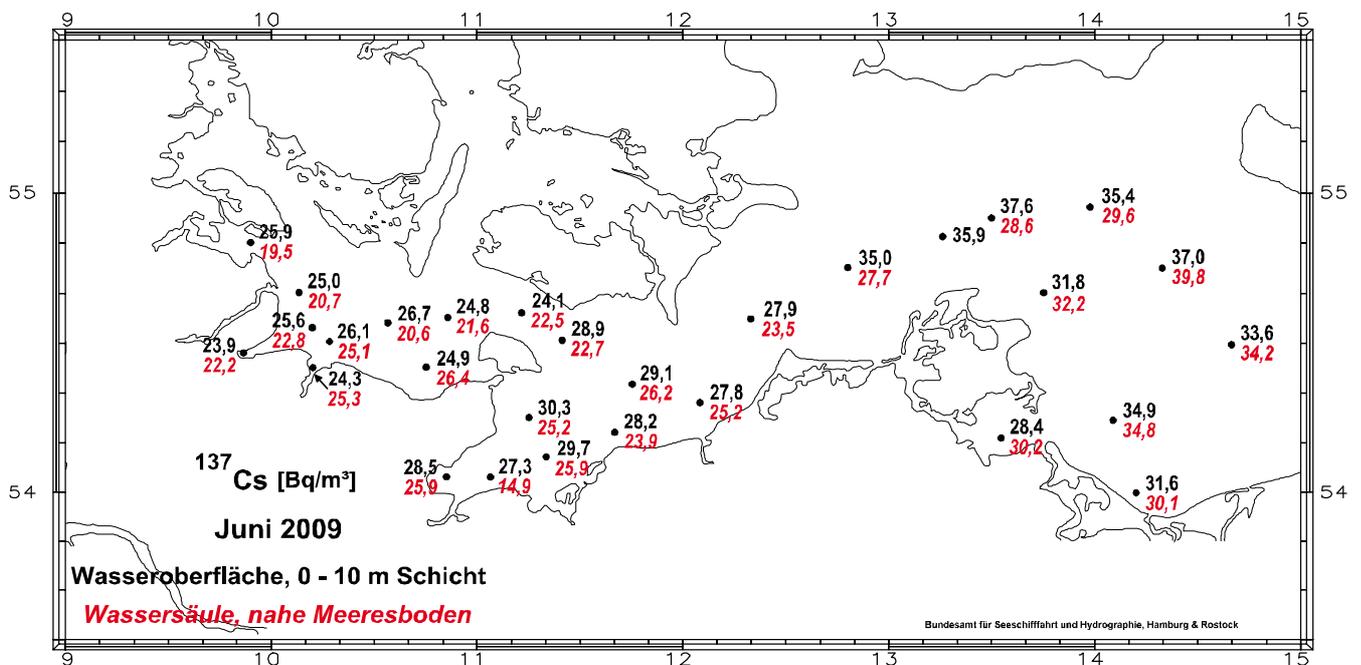


Abbildung 2.2.1-10 Verteilung der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m^3) im Oberflächen- und Bodenwasser der westlichen Ostsee im Juni 2009

(Spatial distribution of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m^3) in surface and bottom sea water of the western Baltic Sea in June 2009)

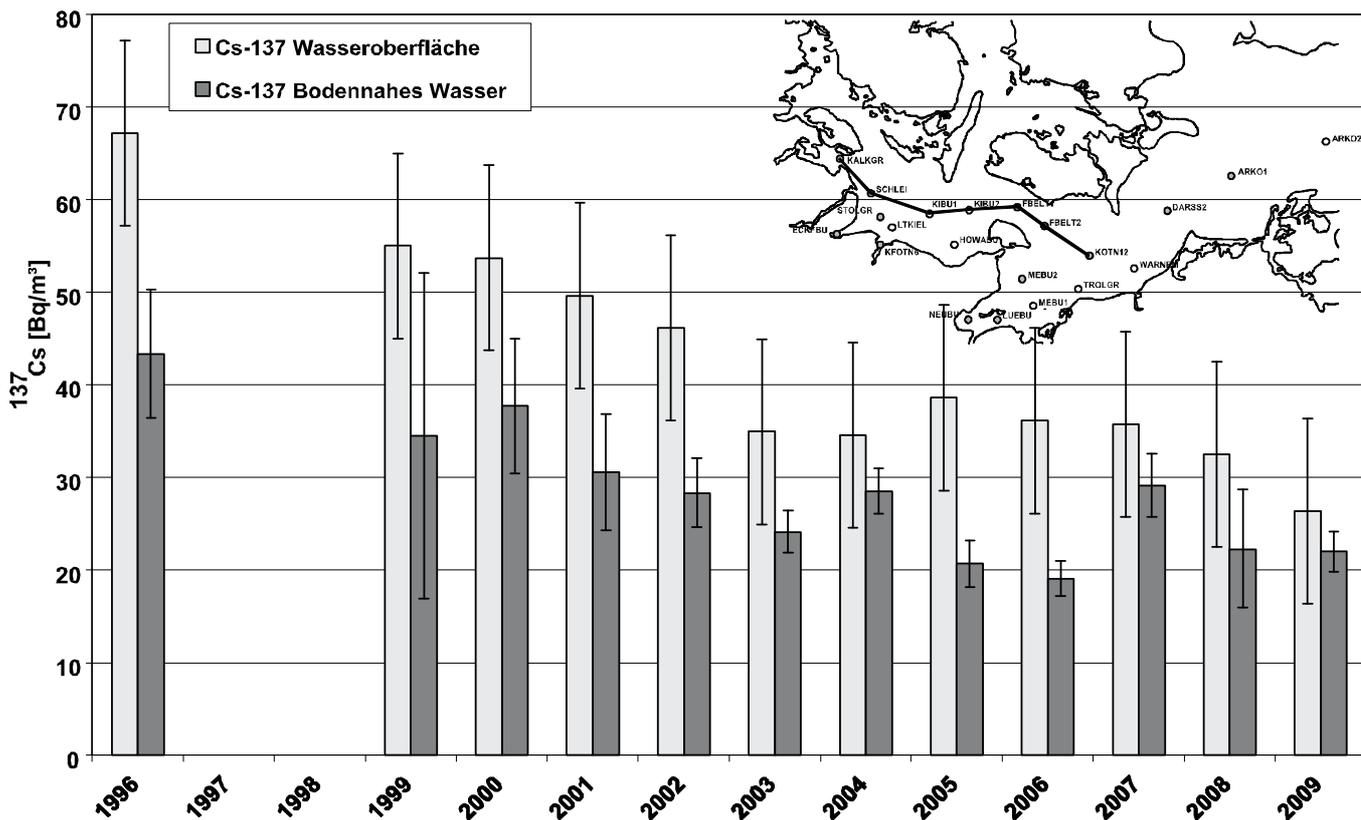


Abbildung 2.2.1-11 Zeitreihe der Mittelwerte der Cs-137-Aktivitätskonzentrationen an 7 Indikatorstationen in der westlichen Ostsee

(Timeseries of mean values of Cs-137-activity concentrations from 7 indicator stations in the western Baltic Sea)

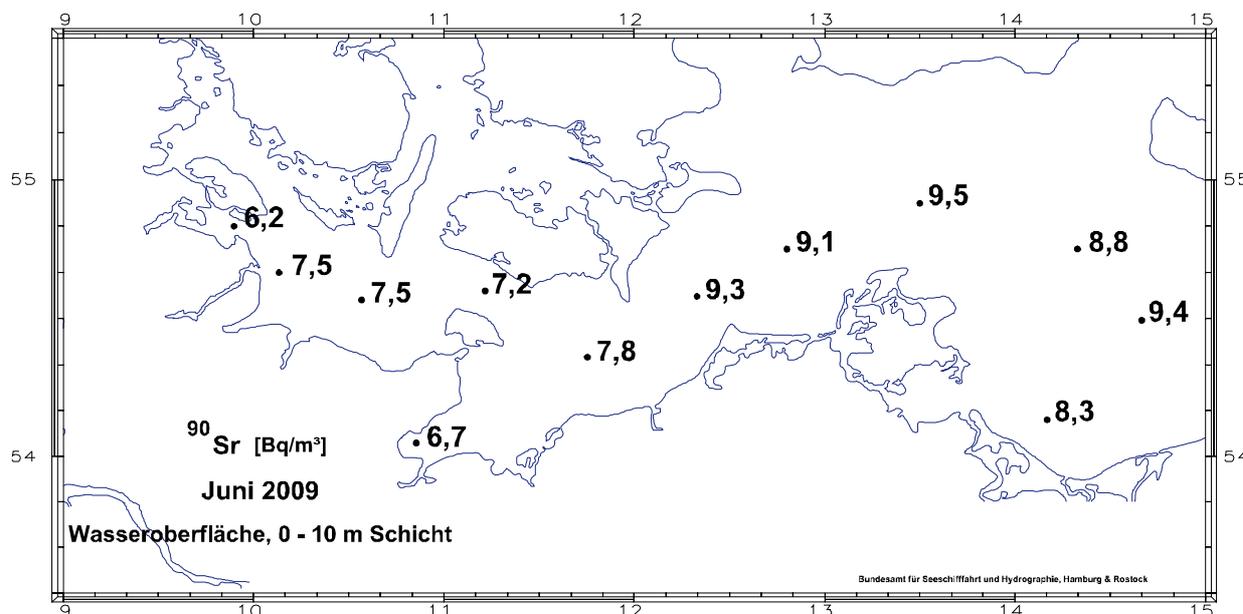


Abbildung 2.2.1-12 Verteilung der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m³) im Oberflächenwasser der westlichen Ostsee im Juni 2009

(Spatial distribution of the activity concentration of Sr-90 (Bq/m³) in surface sea water of the western Baltic Sea in June 2009)

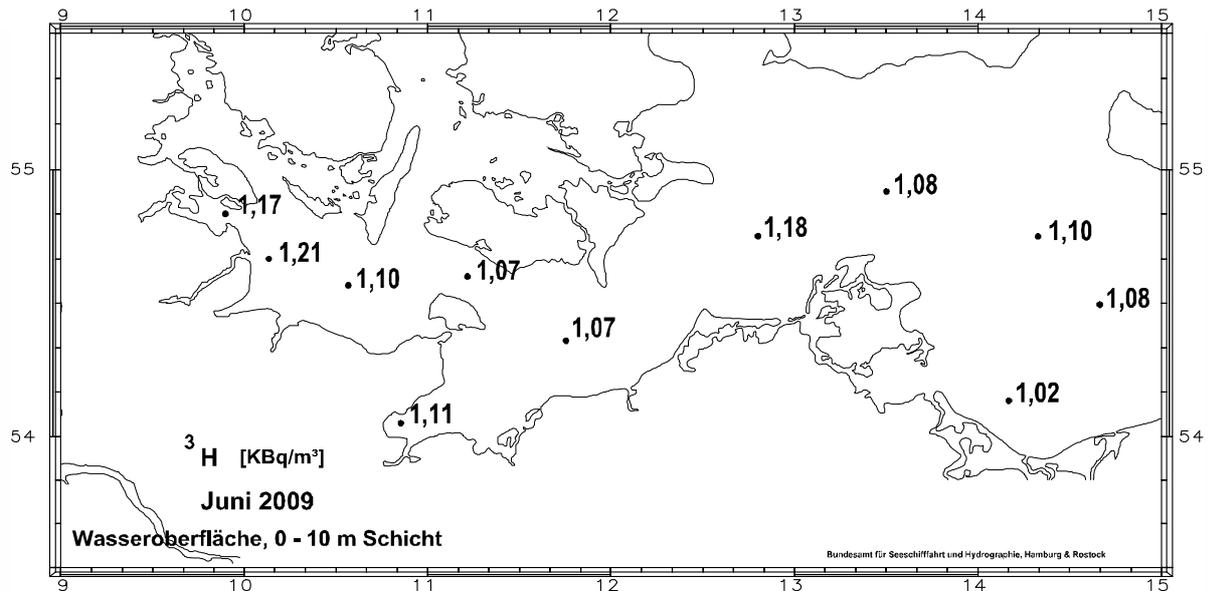


Abbildung 2.2.1-13 Verteilung der Aktivitätskonzentration von H-3 (kBq/m^3) im Oberflächenwasser der westlichen Ostsee im Juni 2009
(Spatial distribution of the activity concentration of H-3 (kBq/m^3) in surface sea water of the western Baltic Sea in June 2009)

Sedimente

Das Cs-137 aus dem Tschernobyl-Unfall wurde in den Sedimenten der westlichen und zentralen Ostsee regional sehr unterschiedlich deponiert. Die höchste Konzentration findet sich vielfach nicht mehr an der Sedimentoberfläche, sondern je nach Ort in Tiefen von 2 bis 8 cm. In den Abbildungen 2.2.1-14 und 2.2.1-15 ist das Inventar in kBq/m^2 einiger ausgewählter Sedimentstationen der westlichen Ostsee bis in 16 cm Tiefe in den Jahren 2008 und 2009 dargestellt. Die höchsten Werte mit bis zu $5,9 \text{ kBq/m}^2$ (Eckernförder Bucht) sind in den wasseraustauscharmen Buchten und dem als Senke fungierenden Arkonabecken zu finden. Es zeigt sich, dass auch über 20 Jahre nach dem Tschernobyl-Unfall noch beachtliche Depositionen gefunden werden können. Dabei wurden spezifische Aktivitäten von bis zu 130 Bq/kg Trockenmasse festgestellt.

Die Inventare hängen stark von der Feinkörnigkeit der Sedimente ab. Dabei sind die in diesem Teil der Ostsee gefundenen Inventare an Cs-137 wesentlich geringer als z. B. im Finnischen oder Bottnischen Meerbusen, jedoch höher als in fast allen Gebieten des Weltmeeres mit Ausnahme der Irischen See.

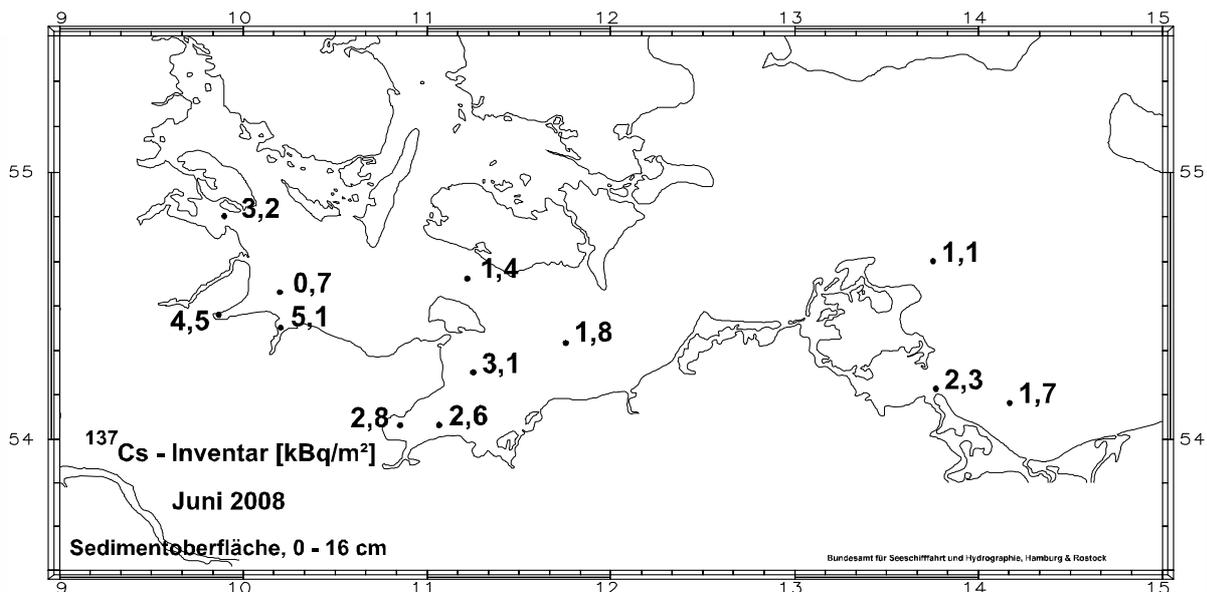


Abbildung 2.2.1-14 Cs-137 Inventar (kBq/m^2) in Sedimentkernen der westlichen Ostsee im Juni 2008. Das Inventar wird bis 16 cm Sedimenttiefe erfasst
(Cs-137 Inventory (kBq/m^2) in sediment cores of the western Baltic Sea in June 2008. The inventory is calculated down to 16 cm depth)

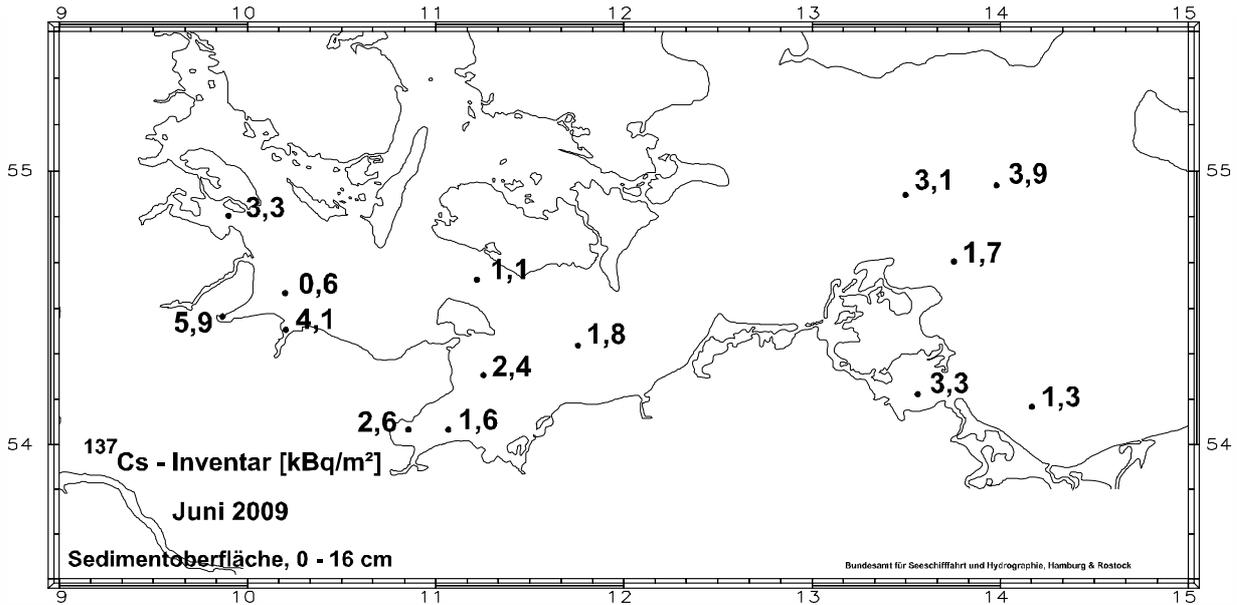


Abbildung 2.2.1-15 Cs-137 Inventar (kBq/m²) in Sedimentkernen der westlichen Ostsee im Juni 2009. Das Inventar wird bis 16 cm Sedimenttiefe erfasst

(Cs-137 Inventory (kBq/m²) in sediment cores of the western Baltic Sea in June 2009. The inventory is calculated down to 16 cm depth)

Durch die Bestimmung des Aktivitätsverhältnisses von Pu-238 und Pu-(239+240) kann man Rückschlüsse auf die Quellen der Kontamination ziehen. Der globale Fallout weist ein Verhältnis von etwa 0,02 bis 0,06 auf, Pu-Isotope aus den Wiederaufbereitungsanlagen liegen mit Verhältnissen von 0,15 bis 0,2 (Sellafield) bzw 0,4 bis über 0,5 (La Hague) deutlich darüber. Die gefundenen Verhältnisse im Sedimentprofil der Station WB5 (siehe Abbildung 2.2.1-16) in der äußeren Deutschen Bucht zeigen durchgängig ein klares Sellafield-Signal, während auf der Station KS11 südöstlich von Helgoland mit Aktivitätsverhältnissen von 0,04 bis 0,08 nahezu reine Fallout-Verhältnisse angetroffen werden.

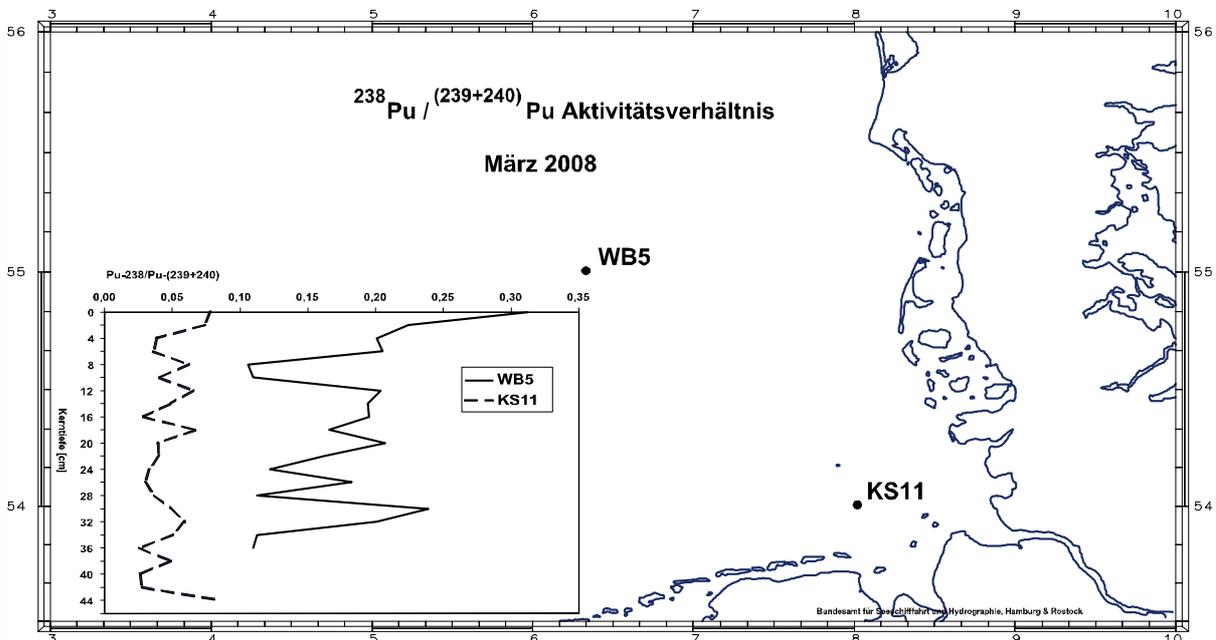


Abbildung 2.2.1-16 Profil des Verhältnisses der Pu-238- und Pu-(239+240)-Aktivitäten in Sedimentkernen aus der Deutschen Bight im März 2008

(Profiles of activity ratios of Pu-238- and Pu(239+240) in sediment cores from the German Bight in March 2008)

2.2.2 Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment der Binnengewässer (*Surface water, suspended matter, and sediment in inland water*)

In diesem Kapitel wird über die Ergebnisse der Messstellen der Länder sowie der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) aus der großräumigen Überwachung der Binnengewässer gemäß dem Routinemessprogramm (RMP) zum Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) für das Jahr 2009 berichtet.

Die gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) von den Messstellen der Länder und den Betreibern ermittelten Ergebnisse von der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind im nachfolgenden Kapitel zusammengefasst und bewertet.

Eine Übersicht über die insgesamt erhaltenen Ergebnisse von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrVG bzw. REI gibt Tabelle 2.2.2-1.

Im Rahmen der Überwachung nach dem StrVG wurden im Berichtsjahr die Messungen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben aus 162 Gewässern - davon 85 Fließgewässer und 77 Seen bzw. Talsperren - mit insgesamt ca. 17.690 Messwerten ausgewertet. Für repräsentative Entnahmestellen wurden Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifischen Aktivitäten berechnet und - zusammen mit den jeweiligen minimalen und maximalen Einzelwerten - den Mittelwerten des Vorjahres gegenübergestellt. Weiterhin sind die Anzahl der Werte (N) und die der Werte unterhalb der Nachweisgrenze (<NWG) aufgelistet. Bei gemischten Datenreihen sind die Jahresmittelwerte stets derart berechnet worden, dass möglichst realistische Aussagen erhalten wurden. Sind Jahresmittelwerte mit „<“ gekennzeichnet, so wurden auch die Werte der Nachweisgrenzen in die Mittelwertbildung einbezogen. Damit stellen diese Mittelwerte obere Grenzen dar, die die tatsächlichen mittleren Aktivitätsgehalte eher überschätzen. Waren alle Werte als Nachweisgrenzen mitgeteilt worden, ist in der Auftragung „nn“ angegeben. Tabelle 2.2.2-2 enthält die Auswertungen für Fließgewässer und Tabelle 2.2.2-3 die für Seen bzw. Talsperren. Zur Darstellung langfristiger Trendentwicklungen künstlicher Radionuklide in Binnengewässern sind die Jahresmittelwerte ausgewählter Entnahmestellen in den Abbildungen 2.2.2-1 bis 2.2.2-8 beispielhaft aufgezeigt.

Eine Bewertung der bei der großräumigen Überwachung nach dem StrVG im Berichtsjahr 2009 erhaltenen Messergebnisse ergibt für den radiologischen Gütezustand der Binnengewässer folgendes Bild:

Oberflächenwasserproben wiesen H-3-Konzentrationen im Jahresmittel überwiegend unterhalb der geforderten Nachweisgrenze des RMP von 10 Bq/l auf. Selbst in Flüssen, in die H-3 aus kerntechnischen Anlagen eingeleitet wurde, betragen die Jahresmittelwerte bis ca. 24 Bq/l (Mosel). Die mittleren Konzentrationen von Sr-90 und Cs-137 lagen meist unter 0,01 Bq/l und somit ebenfalls unter den Nachweisgrenzenvorgaben des RMP. Die von kerntechnischen Anlagen eingeleiteten Spalt- und Aktivierungsprodukte waren - von H-3 abgesehen - im Fernbereich der Emittenten im Allgemeinen nicht mehr nachweisbar. I-131 trat sporadisch auf mit Einzelkonzentrationen bis 0,2 Bq/l (Schwarzbach, Hessen). Die Bestimmungen von Alpha-Strahlern ergaben für U-234, U-235 und U-238 durchweg mittlere Werte, die den natürlichen Gehalten der Binnengewässer entsprechen: für U-238 schwankten die Werte beispielsweise regional zwischen 0,0001 und 0,09 Bq/l. Pu-(239+240) wurde im Mittel mit 0,00001 Bq/l an einer Entnahmestelle bestimmt (Elbe, HH-Bunthaus). Andere Transurane wurden bei den Messungen nicht nachgewiesen.

In **Schwebstoffproben** lagen die mittleren spezifischen Aktivitäten von Cs-137 vorwiegend unter 100 Bq/kg TM. Höhere Werte für Cs-137 wurden wiederum von einzelnen Seen berichtet: der maximale Jahresmittelwert betrug 240 Bq/kg TM (Steinhuder Meer, Niedersachsen). Co-58 und Co-60 konnten in Mosel, Neckar und Weser nachgewiesen werden, wobei die Werte im Mittel unter 5 Bq/kg TM lagen und damit unter der geforderten Nachweisgrenze des RMP. Für I-131 wurden Einzelwerte bis 41 Bq/kg TM (Ems) gemessen.

In **Sedimentproben** betragen die mittleren spezifischen Aktivitäten von Cs-137 meist unter 100 Bq/kg TM. In einzelnen Seen traten auch hier noch höhere mittlere Gehalte an Cs-137 auf: der maximale Jahresmittelwert ergab sich zu 247 Bq/kg TM (Wittensee, Schleswig-Holstein). Co-60 - in Octum, Jadebusen, Neckar und Rhein gemessen - lag mit Werten bis zu 0,4 Bq/kg TM deutlich unter der Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM.

Aus radiologischer Sicht ist der Gütezustand der Binnengewässer in 2009 mit dem der letzten Vorjahre vergleichbar. Die Schwankungen der mittleren Aktivitätskonzentrationen der langlebigen künstlichen Radionuklide können - vom radioaktiven Zerfall abgesehen - mit den in Gewässern ablaufenden dynamischen Austausch- und Transportprozessen erklärt werden, die zu sehr inhomogenen und instationären Verteilungen der Radionuklide innerhalb der Gewässer führen können. In Sedimenten variieren die Radionuklidgehalte - wie bei anderen Schadstoffen auch - mit der Korngrößenverteilung (siehe auch Teil A). Zu beachten ist außerdem, dass Radionuklide aus kerntechnischen Anlagen und von nuklearmedizinischen Anwendungen meist intermittierend in die Gewässer eingeleitet bzw. eingetragen werden.

Strahlenexposition

Die aus den verschiedenen Quellen in die Binnengewässer anthropogen eingetragenen Radionuklide können über die für den aquatischen Bereich sensitiven Expositionspfade „**Trinkwasser**“ und „**Aufenthalt auf Spülfeldern**“ eine zusätzliche interne bzw. externe Strahlenexposition von Personen bewirken.

Nimmt man eine Kontamination von **Oberflächenwasser** mit H-3 von 10 Bq/l sowie mit Sr-90 und Cs-137 von jeweils 0,01 Bq/l an, so errechnet sich die zusätzliche effektive Dosis für Erwachsene (> 17 a; 350 l/a Konsum) auf dem „**Trinkwasser**“-Pfad zu ca. 0,21 µSv/a, falls derartiges Wasser unaufbereitet als Trinkwasser genutzt würde. Für Kleinkinder (<= 1 a; 170 l/a Konsum) beträgt die zusätzliche effektive Dosis hier ca. 0,54 µSv/a. Allein der von dem

natürlichen Radionuklid K-40 für einen mittleren Gehalt von 0,4 Bq/l zu erwartende Dosisbeitrag liegt mit ca. 0,87 bzw. 4,2 $\mu\text{Sv/a}$ deutlich darüber.

Insbesondere Cs-137 war auch 2009 in **Sedimenten** noch deutlich nachweisbar. Würde ein Sediment mit einem Cs-137-Gehalt von 100 Bq/kg TM bei Ausbaumaßnahmen für die Schifffahrt gebaggert und an Land gelagert, so kann die auf dem Expositionspfad „**Aufenthalt auf Spülfeldern**“ für Standardbedingungen für Erwachsene (> 17 a) zu erwartende zusätzliche effektive Dosis zu ca. 11 $\mu\text{Sv/a}$ abgeschätzt werden. Im Vergleich hierzu liegt der Dosisbeitrag der natürlichen Radionuklide K-40, Th-nat und U-nat bei typischen Gehalten von 500, 40 und 40 Bq/kg TM für diesen Expositionspfad mit insgesamt ca. 28 $\mu\text{Sv/a}$ wesentlich höher.

Tabelle 2.2.2-1 Übersicht über die für 2009 insgesamt ausgewerteten Messwerte von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrVG und REI mit den jeweiligen maximalen gemessenen Werten und den zugehörigen Gewässern und Bezugszeiten
(*Overview of all measuring results for surface water, suspended matter, and sediment evaluated in 2009, in accordance with the StrVG and REI, along with the respective maximal measured values and the corresponding water sources and reference times*)

Kompartiment	Nuklid	Anzahl der Werte	Maximalwert	Gewässer	Ort / KT-Anlage	Datum / Zeitraum	Überwachungsprogramm
Oberflächenwasser (Bq/l)	G α -Aktivität	212	0,62	Ems	Terborg, km 24,64	November	StrVG
	G β /R β -Aktivität	63	0,146	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	Januar	REI
	H-3	1.730	5.000	Ems	KKE Emsland, Auslaufbauwerk	I. Quartal	REI
	Co-60	1.726	0,0125	Donau	KRB Gundremmingen, Auslaufbauwerk	Juni	REI
	Sr-90	330	0,06	Emmersee	Schieder-Schwalenberg	November	StrVG
	I-131	639	0,098	Weschnitz	KWB Biblis	21.10.	REI
	Cs-137	1.648	0,074	Arendsee	Arendsee	10.8.	StrVG
	Pu-(239+240)	125	0,000074	Kalter Bach	FS Rossendorf	III. Quartal	REI
	Sonstige	ca. 5.580					
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	67	2,44	Mosel	Perl, km 241,96	September	StrVG
	Co-60	522	18,4	Mosel	Perl, km 241,96	April	StrVG
	I-131	249	41,4	Ems	Greven, km 217,20	18.5.	StrVG
	Cs-137	522	330	Steinhuder Meer	Wunstorf	III. Quartal	StrVG
	Sonstige	ca. 2.750					
Sediment (Bq/kg TM)	G α -Aktivität	4	686	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	IV. Quartal	REI
	G β -Aktivität	4	2.630	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	III. Quartal	REI
	Co-58	87	1,58	Rhein	KKP Philippsburg, Auslaufbauwerk	III. Quartal	REI
	Co-60	1.097	59	Weser	KKW Würgassen, Auslaufbauwerk	8.10.	REI
	I-131	518	203	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	I. Quartal	REI
	Cs-137	1.097	447	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	13.8.	REI
	Am-241	18	31,6	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	13.8.	REI
	Sonstige	ca. 5.470					

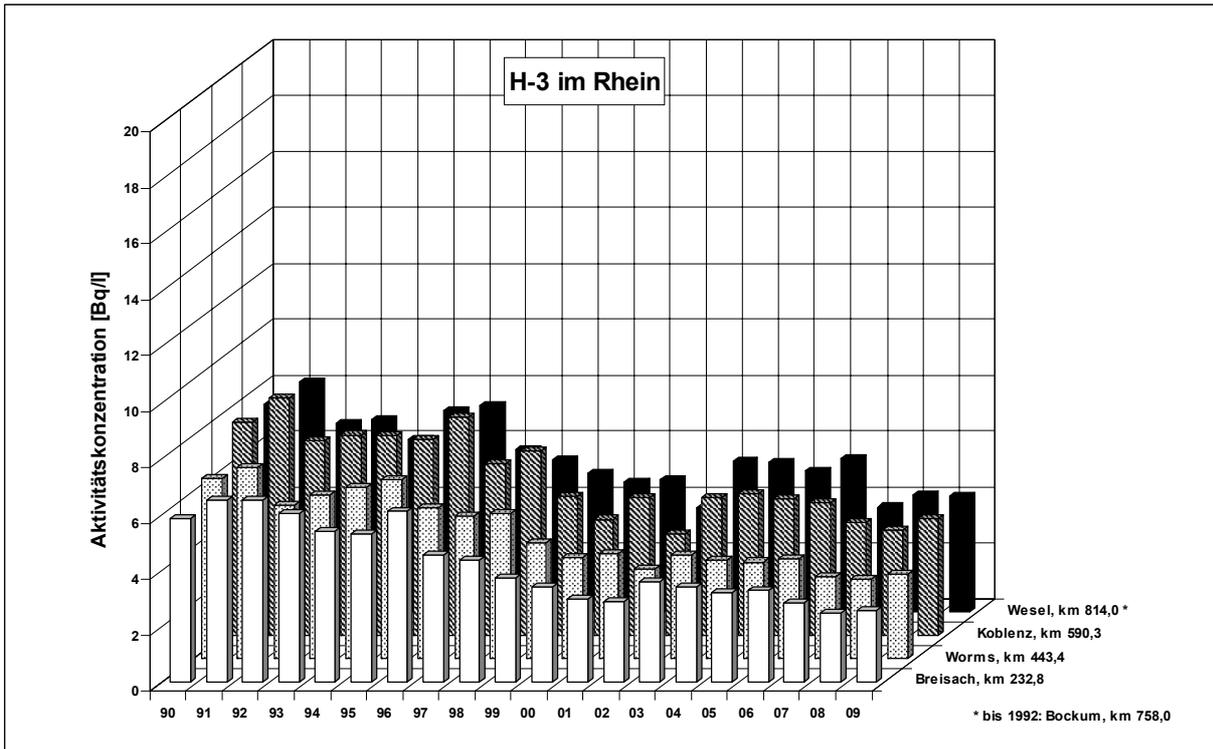


Abbildung 2.2.2-1 Tritiumgehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser aus dem Rhein (Jahresmittelwerte)
 (Contents of tritium (Bq/l) in surface water from the Rhine - annual mean values)

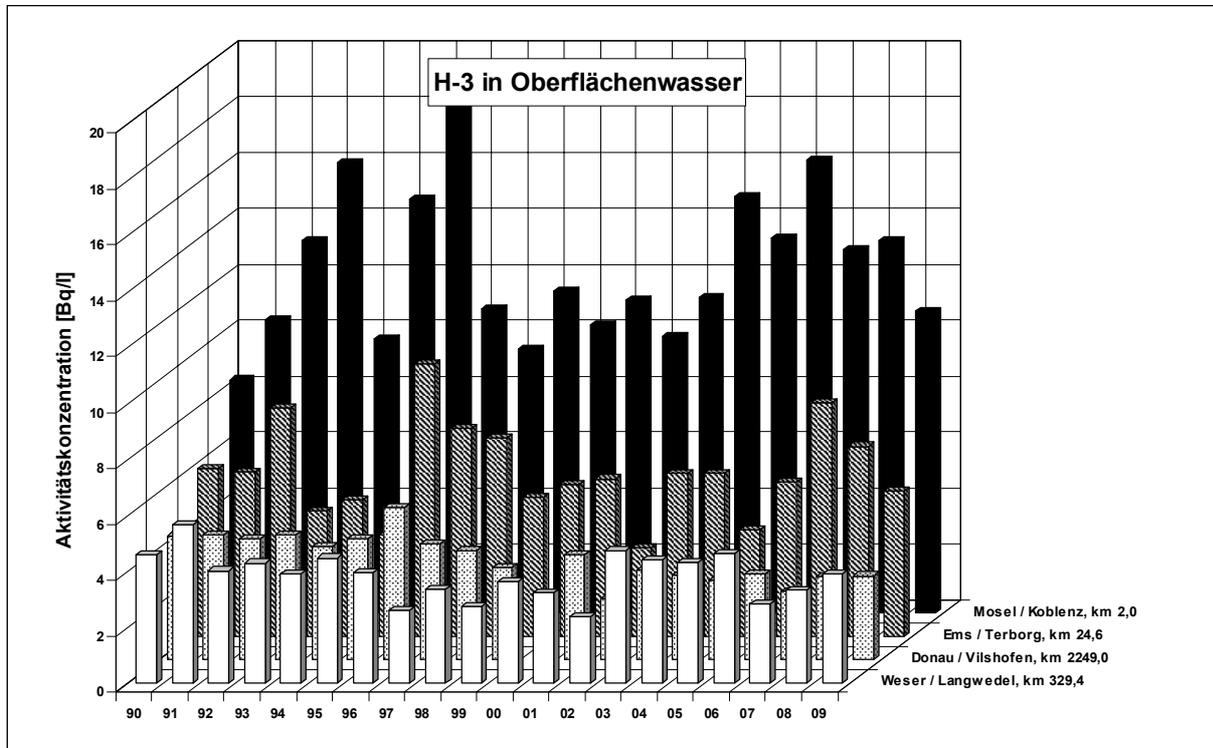


Abbildung 2.2.2-2 Tritiumgehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer
 (Jahresmittelwerte)
 (Contents of tritium (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values)

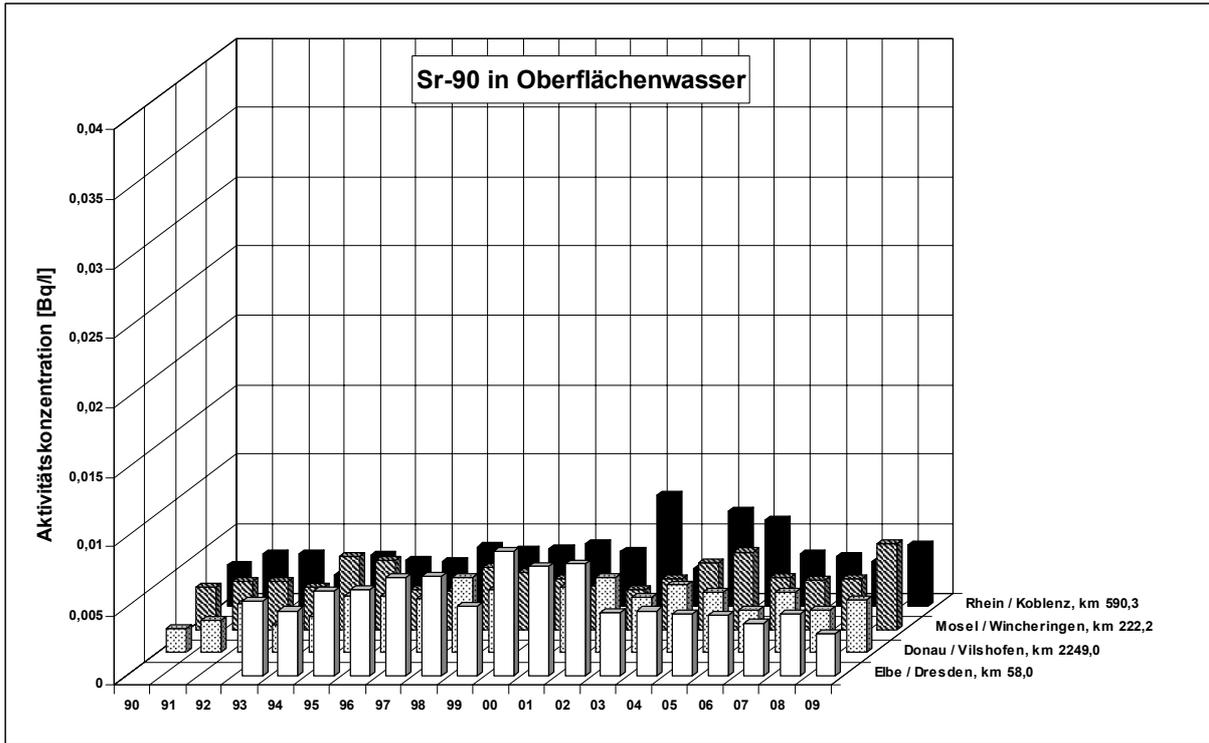


Abbildung 2.2.2-3 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Sr-90 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Sr-90 activity concentrations (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values)

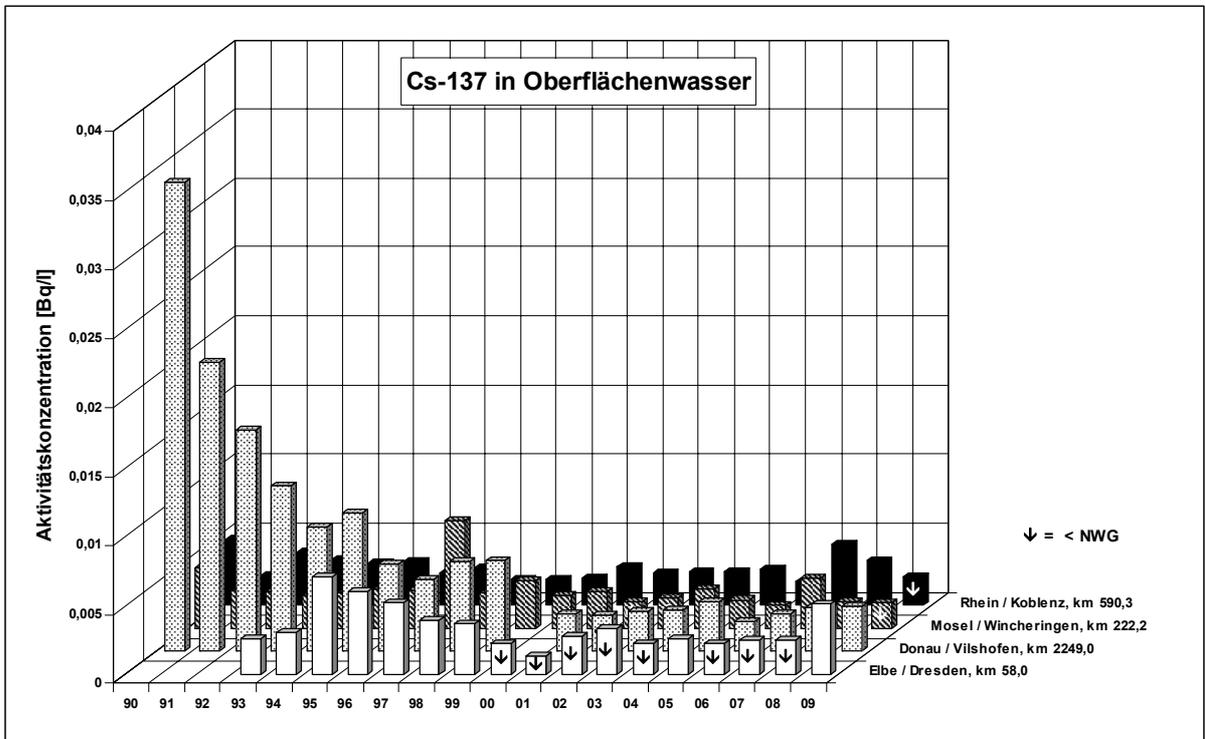


Abbildung 2.2.2-4 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Cs-137 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Cs-137 activity concentrations (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values)

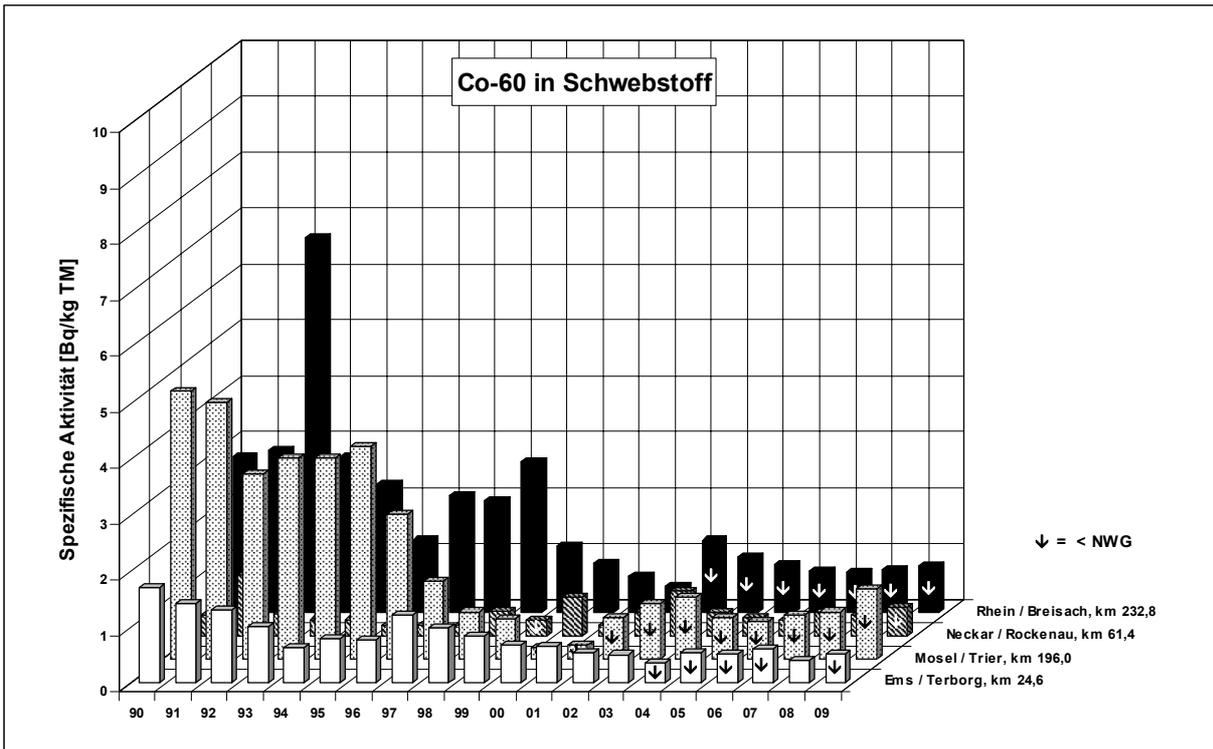


Abbildung 2.2.2-5 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Co-60 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Co-60 specific activities for samples of suspended matter in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

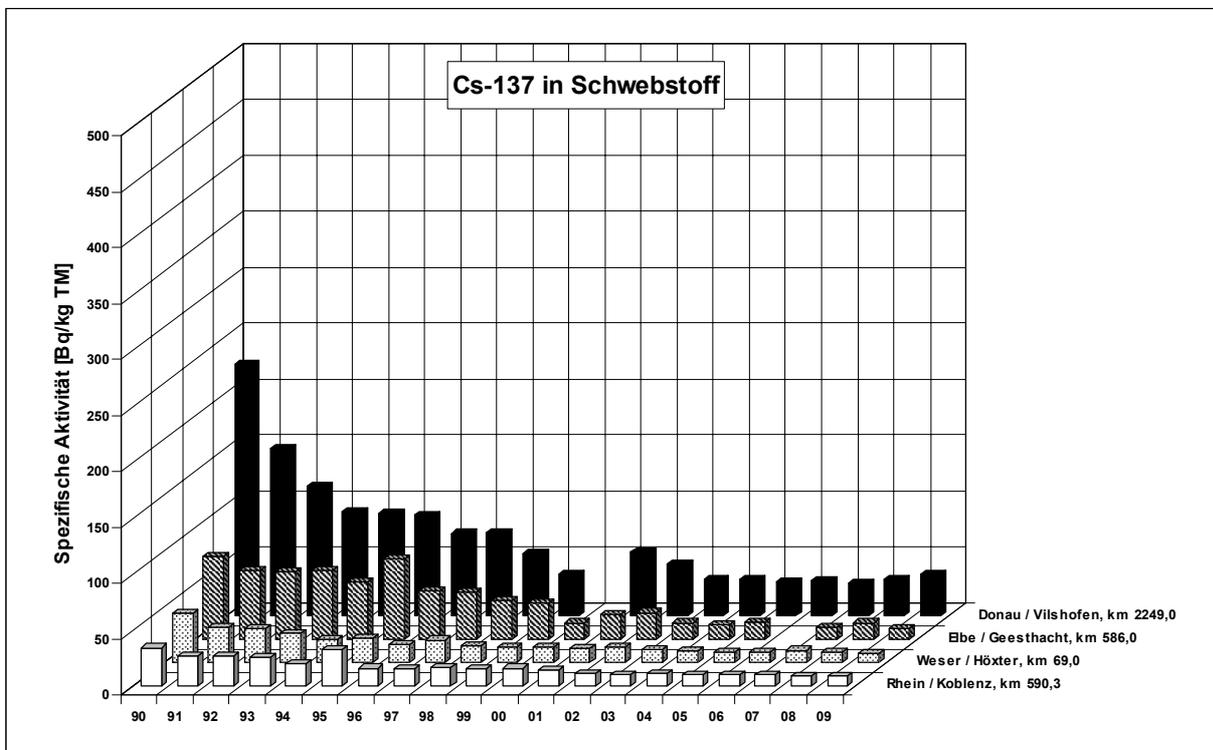


Abbildung 2.2.2-6 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cs-137 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Cs-137 specific activities for samples of suspended matter in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

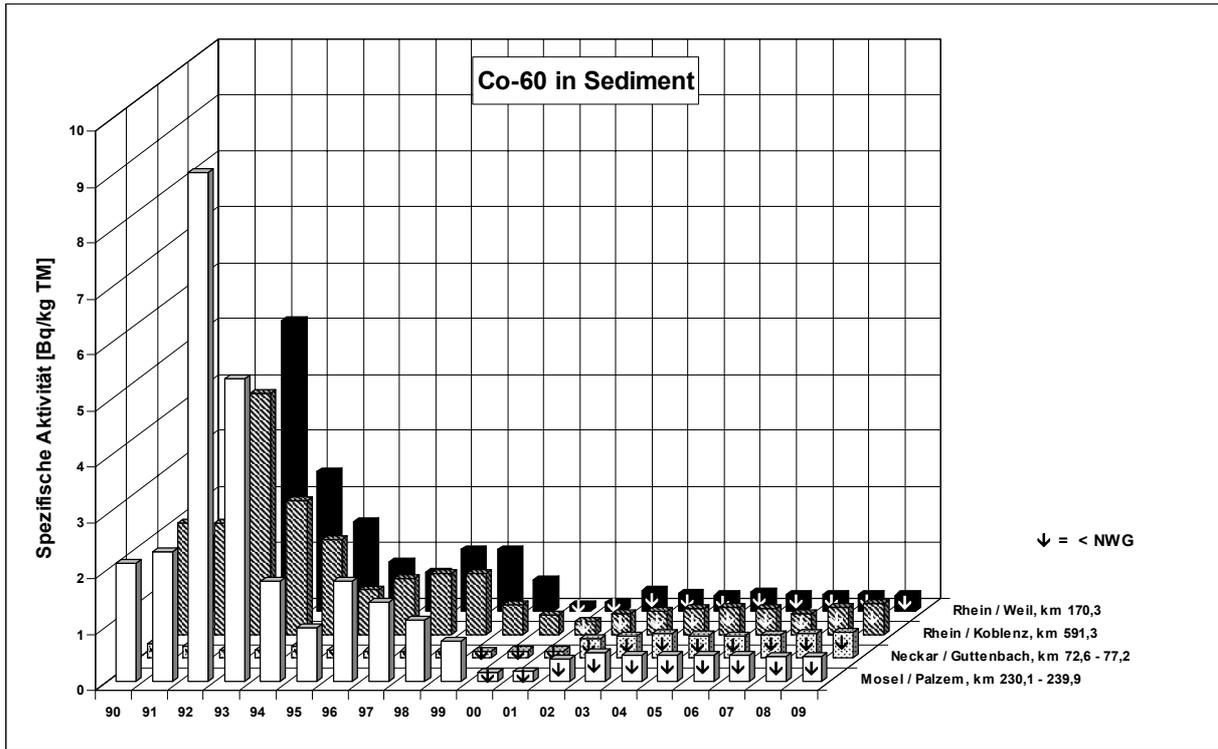


Abbildung 2.2.2-7 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Co-60 in Sedimentproben ausgewählter Binnen-
gewässer (Jahresmittelwerte)
(*Co-60 specific activities for sediment samples in Bq/kg TM from selected inland waters -
annual mean values*)

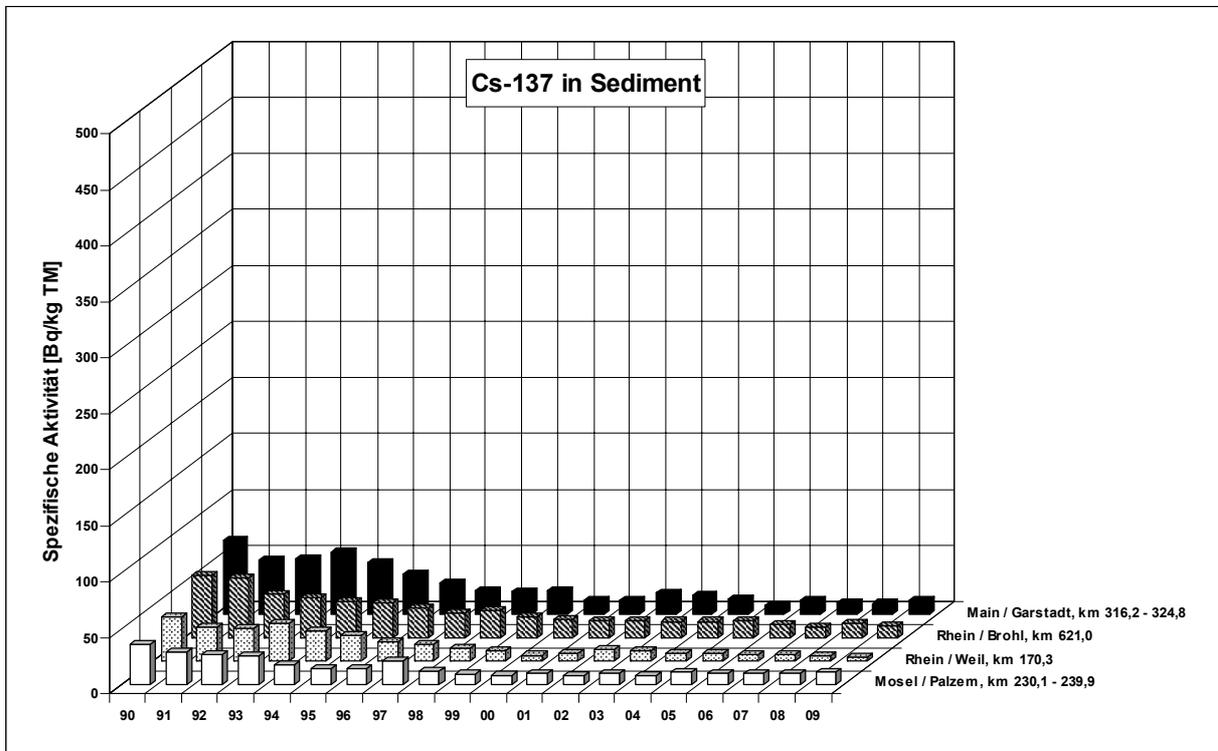


Abbildung 2.2.2-8 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cs-137 in Sedimentproben ausgewählter Binnen-
gewässer (Jahresmittelwerte)
(*Cs-137 specific activities for sediment samples in Bq/kg TM from selected inland
waters annual mean values*)

Tabelle 2.2.2-2 Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Fließgewässern nach StrVG
(Monitoring of surface water, suspended matter, and sediment from rivers in accordance with the StrVG)

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
RHEIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Weil, km 172,97	12	0	1,28	4,77	2,16	1,89
		Koblenz, km 590,3	12	0	2,16	5,83	4,19	3,76
		Wesel, km 814,0	11	0	2,14	5,79	4,15	4,20
	Sr-90	Weil, km 172,97	4	0	0,0016	0,0043	0,0033	0,0038
		Koblenz, km 590,3	4	0	0,0018	0,0067	0,0044	0,0033
		Wesel, km 814,0	4	1	<0,0015	0,0045	0,0033	0,0043
	Cs-137	Weil, km 172,97	11	8	<0,0016	0,0087	<0,0036	<0,0030
		Koblenz, km 590,3	12	9	0,0013	0,0033	<0,0021	0,0033
		Wesel, km 814,0	10	6	<0,0011	0,0023	<0,0020	<0,0030
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Weil, km 172,97	12	12	<0,55	<5,07	nn	nn
		Koblenz, km 590,3	12	12	<0,18	<0,80	nn	nn
		Wesel, km 814,0	9	9	<0,85	<4,34	nn	nn
	Cs-137	Weil, km 172,97	12	0	3,33	15,8	8,2	8,3
		Koblenz, km 590,3	12	0	6,62	10,7	8,6	9,2
		Wesel, km 814,0	9	0	5,79	11,4	9,1	9,3
I-131	Koblenz, km 590,3	10	1	3,14	<32,5	6,2	8,5	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	Worms, km 444,50-446,60	-	-	-	-	-	1,51
	Co-60	Weil, km 170,3	8	8	<0,23	<0,33	nn	nn
		Worms, km 444,50-446,60	12	12	<0,10	<0,42	nn	nn
		Koblenz, km 591,3	4	4	<0,46	<0,64	nn	nn
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	8	8	<0,34	<0,84	nn	nn
	Cs-137	Weil, km 170,3	8	0	3,48	5,12	4,06	5,05
		Worms, km 444,50-446,60	12	4	<0,19	7,84	2,33	6,1
		Koblenz, km 591,3	4	0	7,18	10,7	8,9	12,3
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	8	0	3,88	11,2	7,9	7,9
NECKAR								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lauffen, km 125,2	12	0	6,00	26,3	14,7	13,5
		Rockenau, km 61,4	12	0	4,08	13,2	8,5	8,4
	Sr-90	Lauffen, km 125,2	4	2	<0,0015	0,0042	0,0037	0,0045
		Rockenau, km 61,4	4	1	<0,0015	0,0053	0,0039	0,0022
	Cs-137	Lauffen, km 125,2	12	8	<0,0017	0,015	<0,0037	<0,0020
Rockenau, km 61,4		11	9	<0,0015	<0,0028	<0,0022	0,0027	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Obertürkheim, km 189,5	4	0	6,16	9,52	8,19	8,69
		Rockenau, km 61,4	4	0	3,82	6,89	5,22	4,96
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lauffen, km 125,2-130,1	10	0	3,13	9,22	6,68	-
		Neckarzimmern, km 85,8-86,2	6	0	7,48	8,76	8,16	8,7
		Guttenbach, km 72,0-77,2	13	0	0,28	9,58	6,55	6,94
MAIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wipfeld, km 316,1	12	0	1,05	21,0	7,0	6,9
		Eddersheim, km 15,3	12	0	1,02	11,6	4,1	4,2
	Sr-90	Wipfeld, km 316,1	4	2	<0,0015	0,0055	0,0042	0,0038
		Eddersheim, km 15,3	4	2	<0,0015	0,0046	0,0035	0,0031
	Cs-137	Wipfeld, km 316,1	11	2	0,0016	0,0085	0,0030	0,0036
		Eddersheim, km 15,3	9	7	<0,0011	<0,0027	<0,0020	<0,0025
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Hallstadt, km 388,3	4	0	9,78	25,3	19,9	20,6
		Garstadt, km 323,7	4	0	7,15	19,3	12,9	13,7
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	4	0	4,27	18,3	9,6	9,3
		Garstadt, km 316,2-324,8	10	0	3,73	24,2	12,8	10,4

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
MOSEL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wincheringen, km 222,2	12	0	5,77	31,4	24,3	29,4
		Koblenz, km 2,0	12	0	5,77	18,2	10,8	13,4
	Sr-90	Wincheringen, km 222,2	4	1	<0,0015	0,0101	0,0062	0,0039
		Koblenz, km 2,0	4	0	0,0028	0,0046	0,0038	0,0036
	Cs-137	Wincheringen, km 222,2	12	7	<0,0011	0,0035	<0,0019	<0,0020
Koblenz, km 2,0		12	7	<0,0011	<0,0024	<0,0017	0,0022	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 241,96	5	0	0,84	2,44	1,79	2,07
		Co-60	Perl, km 241,96	12	8	<0,51	18,4	<2,4
	Cs-137	Trier, km 196,3	12	12	<0,66	<2,23	nn	nn
		Perl, km 241,96	12	0	9,39	17,4	12,9	14,6
	I-131	Trier, km 196,3	12	0	9,73	15,3	12,6	12,4
		Perl, km 241,96	10	0	6,74	25,9	14,5	13,7
Trier, km 196,3	11	3	7,81	36	16,6	12,0		
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Perl, km 239,7-242,0	10	10	<0,30	<0,56	nn	nn
		Trier, km 184,1-196,1	10	10	<0,18	<0,63	nn	nn
		Koblenz/Güls km 4,05	4	4	<0,26	<0,65	nn	nn
	Cs-137	Perl, km 239,7-242,0	10	0	8,74	16,9	12,6	13,4
		Trier, km 184,1-196,1	10	0	3,45	13,4	9,2	8,7
Koblenz/Güls, km 4,05	4	0	8,70	11,4	10,0	14,2		
SAAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kanzem, km 5,0	11	0	0,82	1,63	1,15	1,26
	Sr-90	Kanzem, km 5,0	4	1	<0,0015	0,0056	0,0036	0,0032
			Cs-137	12	7	<0,0013	0,0163	<0,0034
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kanzem, km 5,0	12	0	8,04	25,3	14,1	15,3
DONAU								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		Regensburg, km 2381,3	12	0	0,88	1,75	1,30	1,53
		Vilshofen, km 2249,0	12	0	1,55	5,72	3,00	2,97
	Sr-90	Regensburg, km 2381,3	3	0	0,0033	0,0047	0,0038	0,0028
		Vilshofen, km 2249,0	4	0	0,0033	0,0045	0,0038	0,0031
	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<0,0042	<0,0057	nn	nn
		Regensburg, km 2381,3	11	6	<0,0011	0,0050	<0,0023	0,0029
Vilshofen, km 2249,0	12	4	0,0014	0,0054	0,0033	0,0032		
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	-	-	-	-	-	101
		Ulm-Böfingen, km 2582,4	4	0	49,0	88,7	66,5	-
		Regensburg, km 2381,3	4	0	36,7	57,4	45,1	46,4
		Vilshofen, km 2249,0	12	0	27,8	49,6	37,5	33,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	-	-	-	-	-	90,3
		Ulm-Böfingen, km 2582,4	4	0	27,9	37,9	34,8	-
		Regensburg, km 2379,1-2381,4	6	0	23,7	221	71	34,6
		Straubing, km 2326,7	4	0	39,1	44,6	42,6	41,2
		Grünau, km 2205,5	2	0	5,45	5,76	5,61	17,9
ISAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Pullach, km 162,0	4	4	<5,2	<5,2	nn	nn
		Platting, km 9,1	4	3	<5,2	13,0	<7,2	12
	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	4	<0,0062	<0,011	nn	nn
		Platting, km 9,1	4	4	<0,0045	<0,0078	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	11,1	24,2	18,1	20,0
		Platting, km 9,1	4	0	42,7	53,7	47,3	52,5
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	22,0	31,4	28,2	28,0
		Platting, km 9,1	4	0	10,4	42,0	27,9	19,1

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
EMS								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Geeste, km 106,3	12	0	1,39	43,2	13,5	16,5
		Terborg, km 24,64	8	0	1,54	11,9	5,2	6,8
	Co-60	Terborg, km 24,64	7	7	<0,0010	<0,0045	nn	nn
		Sr-90	Geeste, km 106,3	4	0	0,0031	0,0060	0,0044
	Cs-137	Terborg, km 24,64	3	0	0,0019	0,0026	0,0023	0,0048
		Geeste, km 106,3	12	7	<0,0011	0,0042	<0,0023	<0,0018
		Terborg, km 24,64	7	5	<0,0014	<0,0057	<0,0030	0,0044
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Terborg, km 24,64	3	3	<0,48	<0,53	nn	0,40
	Cs-137	Geeste, km 106,3	4	0	14,1	20,7	17,5	20,4
		Terborg, km 24,64	4	0	3,72	4,74	4,18	4,34
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Herbrum, km 212,75	3	0	3,93	6,21	4,72	6,33
WESER / UNTERWESER / JADEBUSEN								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Rinteln, km 163,2	11	0	3,06	23,8	7,4	5,7
		Langwedel, km 329,4	12	0	1,77	5,79	3,90	3,32
		Blexen, km 430,00	12	0	3,14	6,29	4,60	3,91
	Sr-90	Rinteln, km 163,2	4	0	0,0023	0,0061	0,0040	0,0037
		Langwedel, km 329,4	4	1	<0,0015	0,0036	0,0029	0,0040
		Blexen, km 430,0	4	1	<0,0015	0,0043	0,0032	0,0033
	Cs-137	Rinteln, km 163,2	11	9	<0,0013	0,0041	<0,0023	<0,0018
		Langwedel, km 329,4	12	9	<0,0015	0,0027	<0,0020	0,0033
		Blexen, km 430,0	11	6	0,0017	<0,0062	<0,0030	0,0033
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Rinteln, km 163,2	4	0	6,71	11,2	9,4	9,8
		Langwedel, km 329,4	12	0	4,71	12,0	8,4	11,3
		Wilhelmshaven/Jadebusen	2	0	4,07	4,98	4,53	-
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Wilhelmshaven/Vorhafen	3	3	<0,22	<0,74	nn	0,74
	Cs-137	Minden, km 204,40	5	0	8,08	18,1	11,2	9,0
		Bremen, km 373,97	4	0	3,64	10,5	6,3	4,70
		Wilhelmshaven/Vorhafen	3	0	1,93	2,51	2,31	4,87
ELBE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Dresden, km 58,0	4	0	3,37	8,45	5,06	5,55
		Tangermünde, km 389,10	12	0	2,21	4,51	3,02	3,85
		Geesthacht, km 586,0	12	0	1,93	3,87	2,78	3,02
		HH (Bunthaus), km 609,8	5	0	1,44	3,91	2,79	3,90
		Cuxhaven, km 724,5	-	-	-	-	-	-
	Sr-90	Dresden, km 58,0	1	0	0,0030	0,0030	0,0030	0,0045
		Tangermünde, km 389,10	4	0	0,0034	0,0050	0,0042	0,0064
		Geesthacht, km 586,0	4	1	<0,0015	0,0046	0,0031	0,0034
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	0,0029	0,0032	0,0030	0,0030
		Cuxhaven, km 724,5	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	Dresden, km 58,0	4	1	<0,0025	0,0073	0,0051	<0,0025
		Tangermünde, km 389,10	11	8	<0,0017	0,0064	<0,0025	<0,0023
		Geesthacht, km 586,0	12	5	0,0016	<0,0029	0,0022	<0,0029
		HH (Bunthaus), km 609,8	5	1	0,0014	0,0030	0,0021	<0,0018
		Cuxhaven, km 724,5	-	-	-	-	-	-
Schwebstoff (Bq/kg TM)	I-131	HH (Bunthaus), km 609,8	3	0	1,04	5,89	2,84	1,37
	Cs-137	Dresden, km 58,0	4	0	23,0	28,5	25,7	19,3
		Geesthacht, km 586,0	4	0	7,99	11,5	10,0	15,5
		HH (Bunthaus), km 609,8	3	0	10,8	22,8	15,2	9,7
		Cuxhaven, km 726,3	-	-	-	-	-	-
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	3	0	20,6	22,4	21,3	26,6
		Arneburg, km 403,5	4	0	17,6	40,0	29,4	20,2
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	20,4	21,5	21,0	24,3
		Cuxhaven, km 726,3	3	0	2,60	5,44	3,56	3,11

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
ODER								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Eisenhüttenstadt, km 553,20	10	0	0,73	1,68	0,99	1,07
		Schwedt, km 690,55	7	0	0,83	1,12	0,97	1,04
	Sr-90	Eisenhüttenstadt, km 553,20	4	0	0,0040	0,0084	0,0055	0,0059
		Schwedt, km 690,55	3	0	0,0048	0,0059	0,0055	0,0047
	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,20	10	5	<0,0014	0,0033	0,0026	0,0039
Schwedt, km 690,55		5	3	<0,0015	0,0089	<0,0037	0,0038	
Schwabstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,20	4	0	14,1	22,7	18,1	19,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Hohensaaten, km 667,5	4	0	11,3	13,5	12,4	16,6
SPREE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	4	<2,32	<2,50	nn	nn
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	10	0	0,57	1,19	0,80	0,90
	Sr-90	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	3	1	<0,0015	0,0029	0,0023	0,0031
		Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	1	0,0010	0,0042	0,0022	0,0019
	Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	10	5	<0,0015	0,0040	0,0028	<0,0022
Schwabstoff (Bq/kg TM)	I-131	Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	2	<0,84	3,5	2,8	2,75
		Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	7	0	14,2	26,8	18,0
	Cs-137	Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	0	3,23	10,5	6,7	3,30
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	-	-	-	-	-	-
		Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	0	7,11	26,7	20,6	19,9
HAVEL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Zehdenick, km 15,1	11	0	0,71	1,15	0,87	0,92
	Sr-90		4	0	0,0020	0,0049	0,0035	0,0025
	Cs-137		12	7	<0,0015	0,0037	<0,0022	0,0039
Schwabstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	4	0	26,5	53,2	43,3	50,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	4	0	6,24	36,4	25,8	28,8
SAALE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Halle/Planena, km 104,5	12	0	0,77	1,14	0,91	1,08
		Camburg, km 187,0	4	4	<3,6	<4,3	nn	nn
	Sr-90	Halle/Planena, km 104,5	3	0	0,0029	0,0045	0,0038	0,0037
		Camburg, km 187,0	4	0	0,0032	0,0049	0,0042	0,0042
	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	12	11	<0,0011	<0,0024	<0,0019	<0,0028
		Camburg, km 187,0	4	4	<0,013	<0,019	nn	nn
Schwabstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	4	0	12,0	16,1	13,5	12,2
		Camburg, km 187,0	4	0	33,6	36,0	34,7	34,6
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Halle/Planena, km 105,5	4	0	7,34	11,0	9,0	8,1
		Dorndorf-Staudnitz, km 192,0	4	0	12,8	16,8	14,9	14,2
PEENE								
Oberflächen- wasser(Bq/l)	H-3	Anklam, km 96,1	11	0	0,80	1,29	0,94	1,03
	Sr-90		4	1	<0,0015	0,0038	0,0030	0,0037
		Cs-137		12	6	<0,0011	0,0042	0,0035
Schwabstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	4	0	23,4	55,8	36,8	31,9
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	4	0	20,3	25,5	23,7	27,1
TRAVE / UNTERTRAVE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Travemünde, km 26,9	11	0	1,05	1,48	1,23	1,35
	Sr-90		4	1	<0,0015	0,0070	0,0059	0,0039
		Cs-137		11	2	0,0017	0,020	0,008

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Travemünde, km 26,9	2	0	28,4	34,0	31,2	39,0
NORD-OSTSEE-KANAL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	12	0	1,01	1,28	1,15	1,34
	Sr-90		4	0	0,0024	0,0071	0,0045	0,0051
	Cs-137		12	0	0,0024	0,042	0,014	0,013
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4	0	15,3	31,8	27,0	33,5

Tabelle 2.2.2-3 Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Seen und Talsperren nach StrVG
(Monitoring of surface water, suspended matter, and sediment from lakes and dams in accordance with the StrVG)

LAND / Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
BADEN-WÜRTTEMBERG / Bodensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Langenargen	8	8	<8,0	<8,0	nn	nn
		Nonnenhorn	4	4	<5,2	<5,2	nn	nn
	Cs-137	Langenargen	8	8	<0,0043	<0,0097	nn	nn
		Nonnenhorn	4	4	<0,0052	<0,011	nn	0,0065
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Nonnenhorn	4	0	1,06	9,99	5,13	3,31
BAYERN / Chiemsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Seeon-Seebruck	4	4	<5,2	<5,2	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0043	0,0055	0,0050	0,0039
	Cs-137		4	4	<0,0009	<0,0089	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	4	0	23,0	53,5	39,9	49,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	3	0	5,76	19,5	11,0	10,5
Starnberger See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Starnberg	4	4	<5,2	<5,2	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0068	0,0121	0,0098	0,010
	Cs-137		4	4	<0,0068	<0,0099	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Starnberg	3	0	17,0	199	118	154
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Starnberg	5	0	65,6	132	87	82,5
BERLIN / Müggelsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	PE-Stelle 41035	4	4	<2,32	<2,50	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0035	0,0043	0,0040	0,0036
	Cs-137		4	2	<0,0012	0,0025	0,0021	0,0027
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	1	0,97	5,97	3,86	4,12
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	0	39,1	49,6	43,5	42,3
Stößensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Siemenswerder	4	4	<2,23	<2,50	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0034	0,0039	0,0037	0,0041
	Cs-137		4	2	<0,0015	0,0031	0,0029	0,0021

LAND / Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	3	0	1,55	10,7	4,9	9,4
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	60,2	111	85	100
BRANDENBURG / Stechlinsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Neuglobsow	4	4	<5,17	<6,12	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0085	0,014	0,013	0,015
	Cs-137		4	0	0,007	0,008	0,008	0,009
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Neuglobsow	4	0	12	20	16	18
Neuendorfer See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Alt-Schadow	4	3	<6,1	10	<8,46	nn
	Sr-90		4	0	0,004	0,005	0,005	0,005
	Cs-137		4	4	<0,014	<0,019	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	3	0	21	23	22	21
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	4	0	0,97	1,2	1,1	1,1
HESSEN / Marbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Erbach	4	4	<5,19	<5,50	nn	nn
	Sr-90		4	3	0,008	<0,017	<0,011	0,009
	Cs-137		4	4	<0,003	<0,007	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	2	0	16,7	20,0	18,3	16,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	4	0	7,01	14,8	11,0	12,0
MECKLENBURG-VORPOMMERN / Borgwallsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lüssow	4	2	3,38	<4,98	3,72	<4,62
	Cs-137		4	4	<0,0069	<0,012	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	4	0	3,72	14,0	8,3	5,30
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	4	0	1,04	20,0	8,6	3,79
Schweriner See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schwerin	4	4	<4,77	<5,36	nn	<4,60
	Sr-90		4	0	0,0020	0,0037	0,0030	0,0051
	Cs-137		4	3	0,0048	<0,0245	<0,0123	<0,0092
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	44,5	92,3	68,2	73,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	33,5	41,6	37,6	30,4
NIEDERSACHSEN / Sösetalsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Osterode am Harz	4	4	<1,3	<2,0	nn	1,5
	Sr-90		4	0	0,0005	0,0023	0,0015	0,0026
	Cs-137		4	4	<0,0006	<0,0010	nn	<0,0008
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	3	0	3,40	42,0	28,1	40
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	0	42	73	53	47
Steinhuder Meer								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wunstorf	4	4	<1,3	<1,7	nn	1,3
	Cs-137		4	0	0,0041	0,0070	0,0057	0,010
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	180	330	240	303

LAND / Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	58,0	140	100	175
NORDRHEIN-WESTFALEN / Möhne-Stausee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Möhnesee	4	4	<2,94	<3,83	nn	6,85
	Sr-90		1	0	0,018	0,018	0,018	0,0084
	Cs-137		4	4	<0,0024	<0,0035	nn	nn
Dreilägerbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Roetgen	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0003	<0,0005	nn	<0,0004
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Roetgen	4	0	5,4	8,8	7,6	8,4
RHEINLAND-PFALZ / Laacher See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Maria Laach	4	4	<1,5	<3,0	nn	< 2,9
	Cs-137		4	0	0,026	0,031	0,029	0,032
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Maria Laach	4	0	62	85	76	90
SACHSEN / Talsperre Pöhl								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Thoßfell	4	4	<4,0	<4,6	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0054	<0,0067	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	4	0	60,2	83,0	71,0	55,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	4	0	43,3	82,3	62,7	45,8
SACHSEN-ANHALT / Arendsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Arendsee	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,045	0,074	0,058	0,060
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Arendsee	4	0	39,2	86,0	60,5	27,6
Schollener See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schollene	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,0088	0,034	0,024	0,024
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schollene	4	0	173	263	222	244
SCHLESWIG-HOLSTEIN / Schaalsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Seedorf	4	4	<10	<10	nn	nn
	Sr-90		4	4	<0,01	<0,01	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,015	<0,033	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seedorf	4	0	147	154	151	157
Wittensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Gr. Wittensee	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,015	<0,025	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Gr. Wittensee	4	0	226	270	247	158
Talsperre Ohra								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Luisenthal	4	4	<3,5	<3,8	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,013	<0,021	nn	nn

2.2.3 Oberflächenwasser und Sediment der Binnengewässer in der Umgebung kerntechnischer Anlagen (*Surface water and sediment from inland water in the surroundings of nuclear facilities*)

Dieses Kapitel enthält die Auswertung der Ergebnisse der Immissionsüberwachung des aquatischen Nahbereichs kerntechnischer Anlagen gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) aus dem Jahr 2009. In die Auswertung wurden insgesamt ca. 6.770 Einzelwerte von Messungen an Wasser- und Sedimentproben einbezogen; sie erfolgte wie im vorigen Kapitel beschrieben.

Die Auswirkungen kerntechnischer Anlagen waren in Oberflächenwasserproben aus dem Nahbereich der jeweiligen Standorte in Einzelfällen nachweisbar. Erhöhte Tritium-Konzentrationen (H-3) wurden in Proben gemessen, die direkt an Auslaufbauwerken genommen wurden: Die Werte betragen hier im Mittel bis zu 2.300 Bq/l in der Ems (KKE Emsland). In Folge der Durchmischung entlang der Fließstrecke gingen die H-3-Konzentrationen aber rasch wieder zurück (siehe auch Kapitel 2.2.2). Die Aktivitätskonzentrationen anderer relevanter Spalt- und Aktivierungsprodukte unterschritten in der Regel die Nachweisgrenze der REI von 0,05 Bq/l oder waren wegen der Vorbelastung aus anderen Quellen nicht explizit aufzeigbar. Dies gilt insbesondere für Sr-90 und Cs-137 als Folge des Kernwaffen-Fallouts und des Reaktorunfalls in Tschernobyl, sowie auch für I-131, das auf nuklearmedizinische Anwendungen zurückgeführt wurde. Einzelne Bestimmungen von Pu-238 und Pu-(239+240) ließen wegen der niedrigen Werte von unter ca. 0,0001 Bq/l signifikante Auswirkungen der jeweiligen Anlagen im Vorfluter nicht erkennen (Kalter Bach, FS Rossendorf). Andere Transurane wurden in Oberflächenwasser nicht nachgewiesen.

In Sedimentproben – und vereinzelt Schwebstoffproben - aus dem Nahbereich kerntechnischer Anlagen lagen die mittleren spezifischen Aktivitäten der anlagentypischen Radionuklide überwiegend unterhalb der Nachweisgrenze der REI von 5 Bq/kg TM. In einigen direkt am Auslauf entnommenen Sedimentproben wurden etwas höhere Gehalte an Co-60 gemessen: bis 55 Bq/kg TM in der Weser (KWW Würgassen). Für Cs-137 waren auf Grund der vergleichsweise hohen Vorbelastung (siehe oben) Einflüsse von kerntechnischen Anlagen auch hier praktisch nicht aufzuzeigen. Für Alpha-Strahler wurden im Hirschkanal (FZ Karlsruhe) etwas erhöhte mittlere Werte der Gesamt-Alpha-Aktivität ($G\alpha$) mit 643 und für Am-241 mit 14,7 Bq/kg TM im Mittel gemessen. Ansonsten wurden Transurane in Sedimenten nicht nachgewiesen.

Strahlenexposition

Die durch Ableitungen radioaktiver Abwässer aus kerntechnischen Anlagen verursachte Aufstockung der Gehalte an Spalt- und Aktivierungsprodukten in Oberflächenwasser ist aus radiologischer Sicht vernachlässigbar. Geringfügig erhöhte H-3-Konzentrationen traten z. B. als Folge von Ableitungen aus dem französischen KKW Cattenom in Proben aus der Mosel auf mit Jahresmittelwerten von ca. 27 Bq/l. 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. 0,3 μ Sv/a. Für Kleinkinder (\leq 1 a; 340 l/a Konsum) beträgt der entsprechende Wert 0,6 μ Sv/a. Hierdurch würde der Dosisgrenzwert von 300 μ Sv/a nach § 47 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zu ca. 0,1 bzw. 0,2% ausgeschöpft werden.

Gehalte an Co-60 von 55 Bq/kg TM wurden in Sedimentproben aus der Weser (KWW Würgassen) gemessen. Für den Fall, dass derartiges Sediment gebaggert und an Land gelagert werden würde, lässt sich die auf dem sensitiven Expositionspfad „Aufenthalt auf Spülfeldern“ zu erwartende zusätzliche externe effektive Dosis für Erwachsene (> 17 a) für Standardbedingungen zu ca. 17 μ Sv/a abschätzen. Sie würde damit ebenfalls weit unter dem Dosisgrenzwert nach § 47 StrlSchV von 300 μ Sv/a liegen.

**Tabelle 2.2.3-1 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/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
RHEIN / KKW Beznau und KKW 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
	Co-60	nach KKW Leibstadt	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0056	<0,013	nn	nn
	Cs-137	vor KKW Leibstadt	4	4	<0,027	<0,045	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,020	<0,035	nn	nn
		vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0046	<0,0087	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,027	<0,043	nn	nn
	nach KKW Leibstadt	4	4	<0,020	<0,026	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Aare-Einmündung	2	2	<0,317	<0,375	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	2	2	<0,256	<0,352	nn	nn
	nach KKW Leibstadt	2	2	<0,322	<0,424	nn	nn	
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	2	0	3,43	3,78	3,60	3,80
		vor KKW Leibstadt	2	0	6,05	7,01	6,53	6,87
		nach KKW Leibstadt	2	0	3,62	4,27	3,95	4,66
RHEIN / KKW Fessenheim (Frankreich)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Weil	12	12	<8,0	<8,0	nn	nn
		Neuf Brisach	12	12	<8,0	<8,0	nn	nn
	Co-60	Weil	12	12	<0,0075	<0,034	nn	nn
		Neuf Brisach	12	12	<0,0070	<0,038	nn	nn
	Cs-137	Weil	12	12	<0,0064	<0,029	nn	nn
		Neuf Brisach	12	12	<0,0073	<0,031	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Neuenburg/Grisheim km 206,5	2	2	<0,222	<0,412	nn	nn
		Breisach, km 232,0	2	2	<0,283	<0,328	nn	nn
	Cs-137	Neuenburg/Grisheim km 206,5	2	0	1,76	2,92	2,34	2,23
		Breisach, km 232,0	2	0	2,32	4,66	3,49	3,51
RHEIN / HIRSCHKANAL / Forschungszentrum Karlsruhe								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Hirschkanal	51	0	0,013	0,053	0,033	0,024
	Gβ		51	15	0,065	0,145	0,099	0,103
	H-3		63	51	1,65	<8,0	<3,75	<7,2
	Co-60		4	4	<0,0047	<0,011	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0040	<0,011	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Gα	Hirschkanal	4	0	564	686	643	590
	Gβ		4	0	2.130	2.630	2.370	2.170
	Co-60		8	8	<0,379	<4,34	nn	nn
	Cs-137		8	0	58,9	447	187	105
	Am-241		6	0	2,59	31,6	14,7	5,24
RHEIN / KKP Philippsburg								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	15	13	3,0	<8,0	<7,2	<7,0
		Auslaufbauwerke I u. II	30	12	<4,4	89	29	33
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0047	<0,034	nn	nn
		Auslaufbauwerke I u. II	14	14	<0,0052	<0,033	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0044	<0,033	nn	nn
	Auslaufbauwerke I u. II	14	14	<0,0050	<0,033	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	vor Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	-
		Auslaufbauwerk	1	0	1,58	1,58	1,58	1,17
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	3	0,403	<0,859	0,592	0,385
		Auslaufbauwerk	4	1	<0,694	2,02	1,45	1,95
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	8,18	14,0	12,0	12,5
	Auslaufbauwerk	4	0	6,98	10,2	8,7	10,2	
RHEIN / KWB Biblis und BE-Zwischenlager								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	5	<5,2	<9,2	<6,5	<7,1
		Auslaufbauwerke A u. B	16	0	8,78	355	135	<8,26
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,024	<0,035	nn	nn
		Auslaufbauwerke A u. B	16	16	<0,021	<0,039	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,020	<0,033	nn	nn
	Auslaufbauwerke A u. B	16	16	<0,019	<0,037	nn	nn	

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,54	<0,65	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,48	<0,52	nn	0,17
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	9,5	11	10	10,0
		nach Auslaufbauwerk	2	0	10	11	11	5,59
RHEIN / KMK Mülheim-Kärlich (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	4	4,1	9,4	7,5	8,5
		Auslaufbauwerk	8	5	<3,0	9,2	<6,9	<7
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0087	<0,022	nn	<0,020
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,010	<0,021	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0098	<0,019	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0091	<0,018	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,43	<0,51	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,56	<0,66	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	9,1	9,5	9,3	13
		nach Auslaufbauwerk	2	0	11	15	13	15
NECKAR / GKN Neckarwestheim								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	12	6	3,0	<8,0	4,2	<5,9
		Auslaufbauwerk	12	0	5,6	148	65	56
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	12	12	<0,0074	<0,046	nn	nn
		Auslaufbauwerk	12	12	<0,0104	<0,043	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	12	12	<0,0081	<0,061	nn	nn
		Auslaufbauwerk	12	12	<0,0116	<0,060	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,380	<0,711	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,259	<0,824	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	6,44	7,88	7,16	6,95
		nach Auslaufbauwerk	4	0	1,57	6,33	4,11	6,3
NECKAR / KWO Obrigheim (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	2	7,0	18,8	14,9	<8,2
		Auslaufbauwerk	8	1	<8,0	19,7	15,3	20
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0054	<0,016	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0052	<0,016	nn	<0,010
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0045	<0,018	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0046	<0,019	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,339	<0,577	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	2	<0,527	1,33	0,98	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	0,554	0,743	0,648	0,566
		nach Auslaufbauwerk	4	0	4,92	11,6	7,9	6,07
MAIN / KKG Grafenrheinfeld								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<6,1	<10	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	0	39,5	400	211	119
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,033	<0,049	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,043	<0,049	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,033	<0,054	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,042	<0,050	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<2,32	<2,70	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<1,58	<3,51	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	18,9	29,0	24,1	32,0
		nach Auslaufbauwerk	4	0	24,7	33,0	28,5	30,9
MAIN / GUSTAVSEE / Versuchskernkraftwerk Kahl (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Gustavsee/Kahl a. Main	a					nn
	Co-60		a					nn
	Cs-137		a					nn
MOSEL / KKW Cattenom								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Palzem, km 230	12	0	5,2	34	27	31
	Co-60		12	12	<0,012	<0,032	nn	nn
	Cs-137		12	12	<0,012	<0,031	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Palzem, km 230	2	1	0,53	<0,55	0,53	nn
	Cs-137		2	0	6,6	8,7	7,7	12

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
DONAU / KRB Gundremmingen								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk Auslaufbauwerk I	8	8	<2,51	<7,92	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	0	92,5	159	129	137
		Auslaufbauwerk I	8	7	<0,0031	<0,041	<0,020	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	4	0,0085	<0,038	<0,023	0,0067
Auslaufbauwerk I		8	8	<0,0034	<0,034	nn	nn	
Sediment (Bq/kg)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,186	<0,459	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	0	2,04	8,58	5,39	3,41
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	80,2	97,4	89,5	88,6
		nach Auslaufbauwerk	4	0	54,2	65,3	61,8	51,9
ISAR / KKI Isar 1 und 2								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk Auslaufbauwerk	8	8	<2,59	<8,2	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	16	6	<2,59	412	187	327
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0020	<0,042	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,0021	<0,046	nn	nn
Auslaufbauwerk		4	4	<0,0020	<0,0041	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,155	<0,465	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,154	<0,287	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	32,8	53,7	40,7	47,9
		nach Auslaufbauwerk	4	0	29,3	42,1	35,0	43,4
ISAR / FRM II Forschungsneutronenquelle München								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	nach FRM II, km 130,3	8	1	<3,44	39,9	15,5	34,7
	C-14		8	8	<0,10	<6,80	nn	nn
	Co-60		8	8	<0,0023	<0,037	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0025	<0,050	nn	nn
	U-235		2	1	0,0009	<0,0068	0,0009	nn
	Pu-238		2	2	<0,0026	<0,0049	nn	nn
	Am-241		2	2	<0,0033	<0,0068	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	nach FRM II, km 124,6	4	4	<0,23	<0,32	nn	nn
	Cs-137		4	0	9,8	32,5	20,1	15,4
	U-235		1	0	1,1	1,1	1,1	nn
	Pu-238		1	1	<0,407	<0,407	nn	nn
	Am-241		1	1	<0,697	<0,697	nn	nn
EMS / KKE Emsland								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk Auslaufbauwerk	7	7	<1,5	<7,0	nn	<4,5
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	7	0	278	5.000	2.300	2.600
		Auslaufbauwerk	7	7	<0,0057	<0,033	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0045	<0,032	nn	nn
Auslaufbauwerk		4	4	<0,0043	<0,0083	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	4	4	<0,11	<0,44	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 106,3	4	4	<0,45	<0,62	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	4	0	11	15	14	11
		nach Auslaufbauwerk, km 106,3	4	0	33	35	34	35
WESER / KWW Würgassen (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk Auslaufbauwerk	8	8	<10	<10	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<10	<10	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0027	<0,05	nn	nn
	Auslaufbauwerk	8	8	<0,0027	<0,05	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Herstelle, km 47,2	2	2	<2,3	<3,3	nn	nn
		Auslaufbauwerk	2	0	51	59	55	23
	Cs-137	Wehrden, km 60,2	2	2	<1,8	<2,5	nn	nn
		Herstelle, km 47,2	2	0	13	23	18	18
		Auslaufbauwerk	2	0	73	74	74	38
Wehrden, km 60,2	2	0	14	19	17	17		

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
WESER / KWG Grohnde								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	7	3	<1,6	5,35	3,6	3,8
		Auslaufbauwerk	7	0	26	81	46	46
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0059	<0,037	nn	nn
		Auslaufbauwerk	7	7	<0,0066	<0,039	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0035	<0,0062	nn	nn
Auslaufbauwerk		4	4	<0,0057	<0,0079	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Grohnde, km 122	4	4	<0,25	<0,51	nn	nn
		Hess. Oldendorf, km 147	4	4	<0,23	<0,42	nn	nn
	Cs-137	Grohnde, km 122	4	0	5,9	14	9	12
		Hess. Oldendorf, km 147	4	0	2,9	9,9	5,8	13
UNTERWESER / KKK Unterweser								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	7	3	3,5	<10	3,8	3,3
		Auslaufbauwerk	7	0	12	36	20	22
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0068	<0,050	nn	nn
		Auslaufbauwerk	7	7	<0,0059	<0,050	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0060	<0,0098	nn	nn
Auslaufbauwerk		4	4	<0,0056	<0,010	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4	3	<0,26	<0,63	<0,46	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4	3	<0,29	0,50	<0,36	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4	0	2,7	11,0	7,1	7,7
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4	0	3,2	6,7	5,1	4,9
RUR / Forschungszentrum Jülich								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Selhausen	8	8	<10	<10	nn	nn
		Jülich-Süd	8	8	<10	<10	nn	nn
	Co-60	Selhausen	8	8	<0,05	<0,05	nn	nn
		Jülich-Süd	8	8	<0,05	<0,05	nn	nn
	Gα	Selhausen	4	4	<0,05	<0,05	nn	nn
Jülich-Süd		4	4	<0,05	<0,05	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Selhausen	2	2	<2,5	<2,7	nn	nn
		Jülich-Süd	2	2	<2,5	<2,7	nn	nn
	Cs-137	Selhausen	2	0	16	20	18	17
		Jülich-Süd	2	0	12	14	13	12
GOORBACH / Urananreicherungsanlage Gronau								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Retentionsanlage	8	4	<0,055	<0,212	0,065	<0,13
		Goorbach, unterhalb der Straßenkreuzung	4	2	<0,060	<0,070	0,065	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Retentionsanlage	2	2	<1,6	<1,8	nn	nn
		Dinkel, nach Kläranlage Gronau	2	2	<1,9	<3,2	nn	nn
	Cs-137	Retentionsanlage	2	0	14	16	15	22
		Dinkel, nach Kläranlage Gronau	2	0	17	34	26	14
	Ra-226	Retentionsanlage	2	0	49	66	58	105
		Dinkel, nach Kläranlage Gronau	2	0	60	120	90	53
U-238	Dinkel, nach Kläranlage Gronau	2	0	19	19	19	-	
AHAUSER AA / Brennelement-Zwischenlager Ahaus								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Ahauser Aa	4	4	<0,20	<0,20	nn	nn
			4	4	<0,11	<0,11	nn	nn
	Co-60	Ahauser Aa	4	4	<10	<10	nn	nn
			4	4	<0,05	<0,05	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Einleitung Moorbach	4	4	<2,0	<3,4	nn	nn
		Ahauser Aa	4	4	<1,7	<3,5	nn	nn
	Cs-137	Einleitung Moorbach	4	0	19	39	26	24
		Ahauser Aa	4	0	26	41	35	36
ELBE / Forschungszentrum Geesthacht								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<5,4	<10	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<5,4	<10	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<0,013	<0,028	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<0,014	<0,026	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<0,015	<0,027	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<0,016	<0,028	nn	nn

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	6	6	<0,51	<1,3	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	6	6	<0,66	<1,1	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	6	6	<0,47	<1,2	nn	<0,9
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	6	6	<0,58	<1,2	nn	0,56
ELBE / KKK Krümmel								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	16	<5,4	<6,5	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<5,4	<6,5	nn	<7
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0070	<0,038	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0061	<0,046	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0078	<0,042	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0066	<0,047	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,16	<1,0	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,14	<1,0	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	2	0,83	2,3	1,3	1,3
		Auslaufbauwerk	8	3	0,50	<0,92	0,61	0,5
ELBE / KBR Brokdorf								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	12	<5,15	10,2	<5,7	<5,0
		Auslaufbauwerk	16	0	6,31	59,9	22,7	29,1
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,012	<0,041	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<0,011	<0,032	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,011	<0,046	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<0,011	<0,038	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,90	<1,9	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,72	<1,2	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	3	<0,95	<2,4	<1,4	<1,3
		nach Auslaufbauwerk	4	0	0,51	1,3	1,0	12
ELBE / KKS Stade (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 628,9	12	0	1,56	5,87	3,22	3,42
		Auslaufbauwerk	7	3	3,7	9,1	5,6	5,5
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 628,9	13	13	<0,0011	<0,011	nn	nn
		Auslaufbauwerk	7	7	<0,0043	<0,042	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 628,9	13	5	<0,0013	<0,0096	0,0026	<0,003
		Auslaufbauwerk	7	7	<0,0037	<0,043	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 654	4	4	<0,15	<0,46	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 660	3	3	<1,2	<2,7	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 654	4	0	4,3	8,0	6,3	7,3
		nach Auslaufbauwerk, km 660	3	0	1,4	5,0	3,0	3,5
ELBE / KKB Brunsbüttel								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	24	24	<4,46	<5,5	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<4,46	<5,5	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0078	<0,034	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0091	<0,046	nn	nn
	Sr-90	vor Auslaufbauwerk	12	0	0,0031	0,0050	0,0036	0,0034
		Auslaufbauwerk	12	0	0,0030	0,0047	0,0036	0,0039
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0089	<0,046	nn	<0,017
		Auslaufbauwerk	24	24	0,0076	<1,24	nn	<0,016
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,95	<1,5	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,90	<1,4	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	1,6	3,4	2,5	3,5
		nach Auslaufbauwerk	4	0	2,0	2,5	2,3	3,4
ELBE / GNS Gorleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schnackenburg, km 474,6	3	0	3,4	3,7	3,6	3,4
		Dömitz, km 504,4	3	0	3,1	3,8	3,5	3,5
	Co-60	Schnackenburg, km 474,6	3	3	<0,0006	<0,0010	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	3	3	<0,0009	<0,0018	nn	nn
	Cs-137	Schnackenburg, km 474,6	6	2	0,0005	0,0016	0,0006	0,0005
		Dömitz, km 504,4	6	2	0,0004	<0,0016	0,0006	0,0007
	Pu-238	Schnackenburg, km 474,6	1	1	<0,0007	<0,0007	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	1	1	<0,0006	<0,0006	nn	nn
	Pu-(239 +240)	Schnackenburg, km 474,6	1	1	<0,0007	<0,0007	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	1	1	<0,0006	<0,0006	nn	nn

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Schnackenburg, km 474,6	3	3	<0,13	<0,30	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	3	3	<0,15	<0,54	nn	nn
	Cs-137	Schnackenburg, km 474,6	3	0	7,9	9,1	8,4	15
		Dömitz, km 504,4	3	0	1,2	21	13	12
	Pu-238	Schnackenburg, km 474,6	2	2	<0,11	<0,16	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	2	2	<0,092	<0,098	nn	nn
Pu-(239 +240)	Schnackenburg, km 474,6	2	2	<0,11	<0,16	nn	nn	
	Dömitz, km 504,4	2	2	<0,092	<0,098	nn	nn	
ELBE / KALTER BACH / WESENITZ / Forschungszentrum Dresden-Rossendorf								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kalter Bach	24	13	<5,0	9,6	<6,1	8,2
		Wesenitz	2	2	<4,0	<4,7	nn	nn
	Co-60	Kalter Bach	24	19	0,0014	<0,020	<0,009	<0,009
		Wesenitz	2	2	<0,0066	<0,0067	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	21	13	<0,0017	<0,017	<0,010	<0,008
		Wesenitz	2	2	<0,0063	<0,0069	nn	nn
Pu-238 Pu-(239 +240)	Kalter Bach	4	4	<0,000015	<0,00022	nn	nn	
	Kalter Bach	4	2	<0,000030	0,000074	0,000066	<0,00008	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Kalter Bach	2	0	1,0	1,2	1,1	1,0
		Wesenitz	2	2	<0,35	<0,43	nn	nn
		Elbe unterhalb d. Wesenitz	2	2	<0,30	<0,37	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	3	0	2,9	14	10	13
		Wesenitz	2	0	2,9	3,5	3,2	7,9
		Elbe unterhalb d. Wesenitz	2	0	1,0	2,7	1,9	8
ALLER / Endlager Morsleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Salzbach	a					nn
		nach Salzbach						nn
	Co-60	vor Salzbach	a					nn
		nach Salzbach						nn
Cs-137	vor Salzbach	a					nn	
	nach Salzbach						nn	
Gβ	vor Salzbach	a					0,37	
	nach Salzbach						0,41	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Belsdorf	a					nn
		Schwanefeld						nn
	Cs-137	Belsdorf	a					5,3
Schwanefeld							3,5	
Diverse Vorfluter/ Forschungsbergwerk Asse								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Vorfluter b. Groß Vahlberg	1	1	<1,6	<1,6	<1,6	-
		Vorfluter b. Wittmar	1	1	<1,6	<1,6	<1,6	-
		Vorfluter b. Espenberg	1	1	<1,6	<1,6	<1,6	-
	Co-60	Vorfluter b. Groß Vahlberg	1	1	<0,0025	<0,0025	<0,0025	-
		Vorfluter b. Wittmar	1	1	<0,0020	<0,0020	<0,0020	-
		Vorfluter b. Espenberg	1	1	<0,0021	<0,0021	<0,0021	-
	Sr-90	Vorfluter b. Groß Vahlberg	1	0	0,0044	0,0044	0,0044	-
		Vorfluter b. Wittmar	1	0	0,0013	0,0013	0,0013	-
		Vorfluter b. Espenberg	1	0	0,0018	0,0018	0,0018	-
	Cs-137	Vorfluter b. Groß Vahlberg	1	1	<0,0023	<0,0023	<0,0023	-
		Vorfluter b. Wittmar	1	1	<0,0017	<0,0017	<0,0017	-
		Vorfluter b. Espenberg	1	1	<0,0018	<0,0018	<0,0018	-
	U-235	Vorfluter b. Groß Vahlberg	1	1	<0,0095	<0,0095	<0,0095	-
		Vorfluter b. Wittmar	1	1	<0,0083	<0,0083	<0,0083	-
Vorfluter b. Espenberg		1	1	<0,0074	<0,0074	<0,0074	-	
HAVEL / KKR Rheinsberg (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	50 m vor Auslauf	5	5	<4,6	<10	nn	nn
		50 m nach Auslauf	5	5	<4,6	<10	nn	nn
	Co-60	50 m vor Auslauf	16	16	<0,0017	<0,018	nn	nn
		50 m nach Auslauf	16	16	<0,0008	<0,018	nn	nn
	Cs-137	50 m vor Auslauf	16	6	0,0020	<0,18	0,007	<0,006
		50 m nach Auslauf	16	4	0,0030	<0,18	0,007	0,007

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2009		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2009		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2009	2008
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	50 m vor Auslauf	2	2	<0,097	<0,11	nn	nn
		50 m nach Auslauf	2	2	<0,11	<0,13	nn	nn
	Cs-137	50 m vor Auslauf	2	0	1,1	14	8	9
		50 m nach Auslauf	2	0	2,0	16	9	10
GREIFSWALDER BODDEN / KGR Greifswald (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslauf	16	16	<4,7	<10	nn	<5,4
		nach Auslauf (Hafenbecken)	16	15	3,3	<10	<8,6	<5,5
	Co-60	vor Auslauf	16	16	<0,0040	<0,049	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	16	16	<0,0036	<0,049	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	16	11	0,013	0,063	<0,036	<0,033
		nach Auslauf (Hafenbecken)	16	11	0,019	<0,064	<0,039	<0,032
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslauf	2	2	<0,25	<0,33	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	2	2	<0,20	<0,26	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	2	0	5,4	5,9	5,7	5,4
		nach Auslauf (Hafenbecken)	2	0	1,6	4,1	2,9	3,2

a Daten lagen nicht vor - Messung / Angabe nicht erforderlich

nn nicht nachgewiesen / nachweisbar

2.2.4 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen

(Discharges of radioactive substances with waste water from nuclear facilities)

In den Tabellen 2.2.4-1 bis 2.2.4-3 sind die von den Kernkraftwerken, Forschungszentren und Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2009 mit dem Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffe zusammengestellt. Im Jahr 2009 wurden aus dem Kontrollbereich des ERAM insgesamt 13,2 m³ Abwasser abgegeben (Vorjahr: 3,3 m³).

Sämtliche Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken (Tabelle 2.2.4-1) 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 0,8 GBq bzw. 1,2 GBq. Die Tritiumabgaben lagen für die Druckwasserreaktoren bei 204 TBq und für die Siedewasserreaktoren bei 4 TBq.

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus den Forschungszentren (Tabelle 2.2.4-2), den Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben (Tabelle 2.2.4-3) und des Endlagers Morsleben (Tabelle 2.2.4-4) liegen bezüglich der einzelnen Radionuklidgruppen ebenfalls in der Größenordnung der Abgaben der letzten Jahre.

Im Jahr 2009 wurden aus der Schachtanlage Asse keine radioaktiven Stoffe mit dem Abwasser abgeleitet. Die Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse resultiert daher ausschließlich aus Ableitungen über den Luftpfad (vgl. Teil B -II- 2.1.5). Für die der Schachtanlage aus dem Nebengestein zutretende Salzlösung wurde das Lösungsmanagement der Schachtanlage Asse umgestellt und für die Entsorgung der abzugebenden Zutrittslösung ein Freigabekonzept nach § 29 StrlSchV erarbeitet, das seit Ende 2008 zur Anwendung kommt.

Tabelle 2.2.4-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2009 (Summenwerte, Tritium und Alphastrahler)
(Discharges of radioactive substances with waste water from nuclear power plants in Germany in the year 2009 - summation values, tritium and alpha sources)

Kernkraftwerk	Aktivität in Bq		
	Spalt und Aktivierungs- produkte (außer Tritium)	Tritium	α-Strahler
Siedewasserreaktoren			
VAK Kahl ¹	-	-	-
KWL Lingen ¹	2,6 E06	9,2 E05	nn
KWW Würgassen ¹	6,7 E06	2,9 E09	nn
KKB Brunsbüttel	4,6 E07	1,7 E10	nn
KKI Isar 1	9,0 E07	5,0 E11	nn
KKP Philippsburg 1	9,1 E07	4,6 E11	nn
KKK Krümmel	4,5 E05	6,5 E10	nn

KRB Gundremmingen	9,4 E08	3,0 E12	nn
Druckwasserreaktoren			
KWO Obrigheim ¹	3,8 E08	1,2 E10	nn
KKS Stade ¹	7,4 E06	6,5 E10	6,3 E04
KWB Biblis Block A	8,6 E07	1,1 E13	nn
KWB Biblis Block B	1,0 E08	8,8 E12	nn
GKN Neckar 1	nn	7,8 E12	nn
KKU Unterweser	8,6 E07	1,9 E13	nn
KKG Grafenrheinfeld	2,4 E07	2,7 E13	nn
KWG Grohnde	1,9 E07	2,4 E13	nn
KKP Philippsburg 2	3,9 E07	1,7 E13	nn
KMK Mülheim-Kärlich ¹	7,2 E06	2,0 E08	nn
KBR Brokdorf	nn	2,0 E13	nn
KKI Isar 2	nn	2,5 E13	nn
KKE Emsland	nn	1,5 E13	nn
GKN Neckar 2	nn	2,7 E13	nn
KGR Greifswald Block 1 bis 5 ¹	nn	8,7 E08	nn
KKR Rheinsberg ¹	5,8 E06	7,3 E08	nn

¹ Anlage stillgelegt

- keine Ableitung von Abwasser

nn nicht nachgewiesen (Aktivitätsableitung liegt unterhalb der Nachweisgrenze)

Tabelle 2.2.4-2 Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren
(Discharges of radioactive substances with waste water from research centres)

Forschungszentrum	Aktivität in Bq					
	Spalt- und Aktivierungsprodukte (außer Tritium)		Tritium		α -Strahler	
	2009	2008	2009	2008	2009	2008
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschließlich Wiederaufbereitungsanlage)	2,0 E07	9,1 E06	7,5 E10	1,5 E12	2,0 E06	1,0 E06
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	1,1 E08	9,1 E07	1,9 E11	2,2 E11	nn	nn
GKSS Forschungszentrum Geesthacht	8,3 E06	1,9 E07	3,3 E07	1,3 E08	8,8 E03	1,2 E04
Helmholtz-Zentrum Berlin (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI)	1,2 E05	1,5 E05	3,6 E08	4,6 E08	1,9 E04	1,2 E04
Garching FRM I	4,6 E04	nn	5,1 E08	nn	nn	nn
Garching FRM II	4,9 E07	6,2 E07	1,9 E10	2,5 E10	nn	nn
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)	1,4 E06	9,9 E05	nn	1,8 E08	nn	9,7 E04

nn nicht nachgewiesen (Aktivitätsableitung liegt unterhalb der Nachweisgrenze)

Tabelle 2.2.4-3 Ableitungen radioaktiver Stoffe (Alpha-Aktivität) mit dem Abwasser aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben
(Discharges of radioactive substances - alpha activity - with waste water from nuclear fuel production plants)

Betrieb	α -Strahler	α -Strahler
	Aktivität in Bq	Aktivität in Bq
	2009	2008
ANF GmbH (Lingen)	nn	nn
URENCO (Gronau)	4,6 E03	2,3 E03

nn nicht nachgewiesen (Aktivitätsableitung liegt unterhalb der Nachweisgrenze)

Tabelle 2.2.4-4 Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben
(Discharges of radioactive substances with waste water from the final repository Morsleben)

Radionuklid	Aktivität in Bq	
	2009	2008
Tritium	4,4 E04	4,3 E05
Nuklidgemisch (außer Tritium)	5,2 E02	4,5 E02

2.3 Böden (Soil)

2.3.1 Boden, Pflanzen und Futtermittel (Soil, plants, and animal feeding stuff)

Die Wanderung der Radionuklide Cs-137 und Sr-90 in den Boden hinein erfolgt nur sehr langsam. Da beide Radionuklide eine lange Halbwertszeit aufweisen, verändert sich ihre spezifische Aktivität im Boden gegenwärtig von Jahr zu Jahr nur geringfügig. Gelegentliche stärkere Schwankungen der Messwerte an einem Ort, wie sie in den nachfolgenden Tabellen für Boden und Bewuchs ausgewiesen sind, gehen auf Probennahmeprobleme zurück. Die Kontamination des Bodens mit Cs-137 war wie auch in den Vorjahren im Jahr 2009 durch die Deposition nach dem Tschernobylunfall geprägt, während das Sr-90 zum überwiegenden Teil noch aus der Zeit der oberirdischen Kernwaffenversuche stammt.

In Tabelle 2.3.1-1 sind Messwerte für als Weiden oder Wiesen genutzte Böden zusammengefasst. In Tabelle 2.3.1-2 sind entsprechende Werte für Ackerböden und in Tabelle 2.3.1-3 für Waldböden wiedergegeben. Für nicht genannte Bundesländer liegen jeweils keine vergleichbaren Daten vor.

In der Vegetationsperiode 2009 wurden verschiedene Pflanzenproben gammaspektrometrisch gemessen. Im Vordergrund standen dabei Proben solcher Pflanzen, die als Futtermittel dienen, insbesondere Weide- und Wiesenbewuchs. Die Kontamination pflanzlichen Materials ist gegenüber dem Vorjahr wieder etwas zurückgegangen, was vor allem auf Verdünnungs- und Bindungseffekte im Boden zurückzuführen ist.

In Tabelle 2.3.1-4 sind für die genannten Aufwuchsarten die ermittelten Mittel- und Maximalwerte für Cs-137 und - sofern vorhanden - Sr-90 zusammengefasst. Zum Vergleich sind die entsprechenden Mittelwerte für die beiden Vorjahre aufgenommen worden. In einigen Ländern wurden weitere im Inland erzeugte und importierte Futtermittelrohstoffe überwacht. Entsprechende Messergebnisse sind in den Tabellen 2.3.1-5 und 2.3.1-6 zusammengestellt. In Tabelle 2.3.1-7 sind Messergebnisse von pflanzlichen Indikatoren (Blätter, Nadeln, Gras, Farne) wiedergegeben. In den Tabellen 2.3.1-5 bis 2.3.1-7 sind die Ergebnisse aus Platzgründen nur summarisch für das Bundesgebiet und nicht für einzelne Länder aufgeführt.

**Tabelle 2.3.1-1 Radioaktive Kontamination von Weideböden
(Radioactive contamination of pasture soil)**

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Baden-Württemberg	2007	0 - 10	9	31,7	69,2	6	1,5	2,5
	2008	0 - 10	11	30,1	95,7	6	2,2	7,9
	2009	0 - 10	6	31,5	101,0	4	2,1	2,8
Bayern	2007	0 - 10	20	101,1	389,6	17	5,5	14,7
	2008	0 - 10	20	91,5	377,9	17	5,3	10,0
	2009	0 - 10	20	92,1	377,7	17	3,3	8,1
Berlin	2007	0 - 10	4	9,8	16,6	1	0,7	-
	2008	0 - 10	5	9,5	15,6	1	0,6	-
	2009	0 - 10	4	12,9	16,8	1	1,0	-
Brandenburg	2007	0 - 10	9	18,6	52,0	4	2,4	4,0
	2008	0 - 10	9	17,7	33,0	4	1,9	3,0
	2009	0 - 10	9	14,4	32,0	4	1,0	1,6
Bremen	2007	0 - 10	2	15,4	29,1	-	-	-
	2008	0 - 10	2	17,8	26,1	-	-	-
	2009	0 - 10	2	17,4	25,7	-	-	-
Hamburg	2007	0 - 10	1	3,8	-	-	-	-
	2008	0 - 10	1	5,2	-	-	-	-
	2009	0 - 10	1	4,8	-	-	-	-

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Hessen	2007	0 - 10	2	22,8	28,6	-	-	-
	2008	0 - 10	2	26,6	39,4	-	-	-
	2009	0 - 10	2	9,3	10,9	-	-	-
Mecklenburg-Vorpommern	2007	0 - 10	10	11,5	31,0	3	0,9	1,8
	2008	0 - 10	10	12,6	34,3	3	<0,7	1,3
	2009	0 - 10	10	16,7	57,7	3	0,7	1,5
Niedersachsen	2007	0 - 10	14	24,4	51,3	9	1,9	3,3
	2008	0 - 10	19	<23,2	78,8	-	-	-
	2009	0 - 10	14	<23,4	62,8	11	2,8	6,3
Nordrhein-Westfalen	2007	0 - 10	14	12,6	26,1	4	2,3	6,9
	2008	0 - 10	14	13,8	30,5	5	<1,2	3,3
	2009	0 - 10	13	12,6	25,6	4	2,2	6,7
Rheinland-Pfalz	2007	0 - 10	7	16,3	20,2	3	0,8	1,1
	2008	0 - 10	7	18,4	37,8	3	0,9	1,0
	2009	0 - 10	7	16,3	23,6	3	1,0	1,1
Saarland	2007	0 - 10	4	25,0	40,8	2	1,8	1,8
	2008	0 - 10	4	24,5	42,3	2	1,7	2,1
	2009	0 - 10	4	23,1	33,8	2	7,5	12,8
Sachsen	2007	0 - 10	8	12,1	39,3	5	1,0	2,1
	2008	0 - 10	8	11,7	25,5	5	0,9	1,3
	2009	0 - 10	8	12,6	27,0	5	0,8	1,3
Sachsen-Anhalt	2007	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2008	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2009	0 - 10	a	a	a	a	a	a
Schleswig-Holstein	2007	0 - 10	8	14,6	22,9	6	1,2	1,5
	2008	0 - 10	8	11,6	18,3	6	1,0	1,2
	2009	0 - 10	8	11,1	17,8	6	0,9	1,3
Thüringen	2007	0 - 10	7	23,6	32,8	3	1,5	2,0
	2008	0 - 10	7	21,3	35,2	3	1,0	1,4
	2009	0 - 10	7	19,6	31,4	3	1,1	1,4

a Messwerte lagen nicht vor

- Messung / Angabe nicht erforderlich

**Tabelle 2.3.1-2 Radioaktive Kontamination von Ackerböden
(Radioactive contamination of arable soil)**

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Baden-Württemberg	2007	0 - 30	8	23,9	73,3	-	-	-
	2008	0 - 30	13	23,9	84,0	1	<0,2	-
	2009	0 - 30	13	22,2	73,5	3	2,3	2,9
Bayern	2007	0 - 30	30	30,5	199,3	3	6,5	12,9
	2008	0 - 30	30	29,6	177,2	2	1,3	1,5
	2009	0 - 30	30	27,0	183,1	3	6,6	17,8
Berlin	2007	0 - 30	2	7,0	8,3	1	1,2	-
	2008	0 - 30	2	6,9	7,6	1	0,7	-
	2009	0 - 30	2	6,6	7,6	1	0,6	-
Brandenburg	2007	0 - 30	9	10,8	27,0	3	0,5	0,6
	2008	0 - 30	9	12,2	32,0	3	0,3	0,4
	2009	0 - 30	a	a	a	a	a	a
Bremen	2007	0 - 30	3	13,4	26,0	2	0,9	0,9
	2008	0 - 30	2	7,8	10,9	2	1,0	1,4
	2009	0 - 30	3	7,7	10,1	2	1,2	1,3
Hamburg	2007	0 - 30	1	6,0	-	1	0,8	-
	2008	0 - 30	1	5,9	-	1	0,8	-
	2009	0 - 30	1	6,6	-	1	0,6	-
Hessen	2007	0 - 30	6	9,5	15,4	2	0,7	0,8
	2008	0 - 30	6	10,0	22,6	2	0,8	1,3
	2009	0 - 30	6	8,8	18,9	1	1,5	-
Mecklenburg-Vorpommern	2007	0 - 30	7	9,0	19,2	2	1,0	1,7
	2008	0 - 30	7	7,8	14,2	2	0,4	0,5
	2009	0 - 30	7	8,6	16,2	2	0,4	0,6
Niedersachsen	2007	0 - (25/30)	28	9,8	18,7	9	1,0	1,4
	2008	0 - (25/30)	23	13,5	95,7	-	-	-
	2009	0 - (25/30)	21	10,5	38,1	4	1,7	3,3
Nordrhein-Westfalen	2007	0 - 30	12	9,8	19,1	5	1,3	3,2
	2008	0 - 30	10	9,1	19,0	5	<1,2	2,9
	2009	0 - 30	10	8,7	14,5	4	<0,9	1,8
Rheinland-Pfalz	2007	0 - (25/30)	8	7,4	16,2	2	0,6	0,8
	2008	0 - (25/30)	8	8,4	19,3	2	1,1	1,8
	2009	0 - (25/30)	8	6,6	15,1	2	0,8	0,8
Saarland	2007	0 - 30	1	12,5	-	a	a	a
	2008	0 - 30	1	7,8	-	a	a	a
	2009	0 - 30	1	13,8	-	a	a	a
Sachsen	2007	0 - 30	7	9,1	24,5	a	a	a
	2008	0 - 30	7	8,3	17,7	a	a	a
	2009	0 - 30	7	8,0	20,1	a	a	a

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Sachsen-Anhalt	2007	0 - 30	15	24,0	97,1	5	<0,5	0,6
	2008	0 - 30	15	14,1	59,9	5	1,1	1,6
	2009	0 - 30	15	9,8	46,3	5	<0,7	1,1
Schleswig-Holstein	2007	0 - 30	5	7,3	10,3	a	a	a
	2008	0 - 30	5	6,9	8,9	a	a	a
	2009	0 - 30	5	7,9	10,7	a	a	a
Thüringen	2007	0 - 30	6	9,5	13,2	2	1,2	1,2
	2008	0 - 30	6	10,3	20,7	2	1,3	1,3
	2009	0 - 30	6	8,6	12,0	2	1,1	1,1

a Messwerte lagen nicht vor

- Messung / Angabe nicht erforderlich

Tabelle 2.3.1-3 Radioaktive Kontamination von Waldböden
(Radioactive contamination of forest soil)

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Hessen	2007	0 - 10	4	33,5	67,7	2	3,4	6,1
	2008	0 - 10	4	31,1	54,8	2	1,5	2,4
	2009	0 - 10	4	34,2	56,1	2	3,0	5,5
Niedersachsen	2007	0 - 10	2	39,6	78,6	a	a	a
	2008	0 - 10	2	63,5	73,8	a	a	a
	2009	0 - 10	2	24,3	30,5	1	3,6	-
Nordrhein-Westfalen	2007	0 - 10	2	109,5	173,0	a	a	a
	2008	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2009	0 - 10	a	a	a	a	a	a

a Messwerte lagen nicht vor

- Messung / Angabe nicht erforderlich

Tabelle 2.3.1-4 Radioaktive Kontamination von Weide- und Wiesenbewuchs
(Radioactive contamination of pasture and meadow vegetation)

Bundesland	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Baden-Württemberg	2007	10	<0,4	1,8	5	0,3	0,5
	2008	26	<0,3	1,1	11	0,3	0,7
	2009	22	<0,3	0,7	11	0,3	0,5
Bayern	2007	57	<0,6	5,5	29	0,6	1,5
	2008	55	<0,7	8,1	28	<0,6	3,0
	2009	57	<0,8	12,2	29	0,5	1,6
Berlin	2007	3	0,3	0,4	1	0,6	-
	2008	4	<0,5	0,7	1	0,5	-
	2009	4	<0,6	1,2	1	0,6	-
Brandenburg	2007	17	<1,2	6,5	9	0,4	0,7
	2008	17	<0,8	3,5	9	0,4	0,7

Bundesland	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Bremen	2009	17	<1,6	11,0	8	0,4	0,8
	2007	2	0,2	0,2	1	0,4	-
	2008	2	1,4	2,5	1	2,0	-
	2009	2	0,4	0,6	1	2,4	-
Hamburg	2007	2	<0,2	0,3	a	a	a
	2008	1	0,2	-	a	a	a
	2009	1	0,1	-	a	a	a
Hessen	2007	15	<0,2	< 0,3	8	0,4	1,1
	2008	14	<0,4	1,4	7	0,5	1,6
	2009	15	<0,5	2,1	8	0,4	1,0
Mecklenburg-Vorpommern	2007	20	<0,3	3,1	8	0,7	3,0
	2008	20	<0,6	5,4	8	<0,2	0,3
	2009	20	<0,4	5,1	8	0,3	0,5
Niedersachsen	2007	44	<1,6	16,3	21	<0,2	0,9
	2008	48	<1,1	11,1	a	a	a
	2009	42	<1,4	13,8	21	0,3	2,2
Nordrhein-Westfalen	2007	21	<0,2	0,5	9	<0,3	0,7
	2008	20	<0,3	1,4	10	0,3	1,1
	2009	21	<0,3	0,9	10	0,5	2,0
Rheinland-Pfalz	2007	14	<0,3	0,6	7	0,6	0,8
	2008	14	<0,2	1,1	7	0,4	0,9
	2009	14	<0,2	0,4	7	0,4	0,7
Saarland	2007	4	<0,5	<0,5	2	0,9	1,4
	2008	4	<0,5	<0,5	2	0,5	0,6
	2009	4	<0,5	<0,5	2	0,3	0,4
Sachsen-Anhalt	2007	11	<0,4	0,8	5	0,2	0,4
	2008	10	<0,3	0,4	5	0,2	0,6
	2009	10	<0,5	2,1	5	<0,1	0,5
Sachsen	2007	14	<0,3	1,6	6	0,4	0,7
	2008	14	<0,4	3,9	6	0,3	0,5
	2009	14	<0,7	6,2	6	0,2	0,3
Schleswig-Holstein	2007	22	<0,2	0,7	12	0,4	0,7
	2008	22	<0,3	0,7	12	0,4	0,7
	2009	22	<0,3	1,6	12	0,4	0,7
Thüringen	2007	17	<0,2	1,9	5	0,2	0,4
	2008	17	<0,2	1,0	5	0,2	0,3
	2009	17	<0,1	0,5	5	0,2	0,3

a Messwerte lagen nicht vor

- Messung / Angabe nicht erforderlich

Tabelle 2.3.1-5 Radioaktive Kontamination einiger Futtermittel (Produkte aus dem Inland)
(Radioactive contamination of some feedstuffs - inland production)

Futtermittel	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Mais u. Maissilagen	2007	246	<0,5	6,9	-	-	-
	2008	242	<0,5	7,2	-	-	-
	2009	251	<0,4	5,3	2	3,2	6,3
Futterrüben	2007	29	<0,5	1,8	-	-	-
	2008	31	<0,6	2,2	-	-	-
	2009	27	<0,6	2,4	-	-	-
Futtergetreide	2007	148	<0,2	2,0	-	-	-
	2008	144	<0,2	2,1	-	-	-
	2009	143	<0,2	0,7	1	0,1	-
Grünfütterpflanzen (ohne Mais)	2007	6	<3,2*	76,2**	-	-	-
	2008	6	<0,3	<0,5	-	-	-
	2009	6	<1,8	9,5	1	1,1	-
Futterkartoffeln	2007	83	<0,6	5,6	-	-	-
	2008	78	<0,5	2,0	-	-	-
	2009	72	<0,5	2,4	-	-	-
Erbsen	2007	5	<0,1	<0,2	-	-	-
	2008	2	<0,2	<0,2	-	-	-
	2009	4	<0,2	<0,3	-	-	-
Raps	2007	46	<0,2	0,5	-	-	-
	2008	43	<0,3	2,2	-	-	-
	2009	34	<0,2	0,5	-	-	-
Ölkuchen/ Ölschrote	2007	1	<0,1	-	-	-	-
	2008	1	<0,5	-	-	-	-
	2009	11	<0,3	<0,5	-	-	-
Sonnenblumen	2008	2	<0,6	0,7	-	-	-
	2009	2	<0,3	<0,3	-	-	-
Krafftuttermischung	2008	1	<0,2	-	-	-	-
	2009	a	a	a	-	-	-

a Messwerte lagen nicht vor

- Messung / Angabe nicht erforderlich

* Der Mittelwert ohne den Maximalwert: <0,7 Bq/kg TM; höchster Wert 2,0 Bq/kg TM

** Der Wert ist im IMIS „nicht repräsentativ“ gesetzt

Tabelle 2.3.1-6 Radioaktive Kontamination von Futtermittelimporten
(Radioactive contamination of imported feedstuffs)

Futtermittel	Jahr	N	Aktivität in Bq/kg TM	
			Cs-137	
			Mittelwert	max. Wert
Futtergetreide	2007	6	<0,20	<0,4
	2008	8	<0,34	1,3
	2009	13	<0,4	1,8
Mais, Maisprodukte	2007	11	<0,38	1,5
	2008	12	<0,12	0,2
	2009	12	<0,5	3,3
Heu, Cobs	2007	3	<3,6	10,0
	2008	1	<0,3	-
	2009	2	<0,4	0,5
Maniok, Tapioka	2007	2	<0,2	<0,2
	2008	1	<0,2	-
	2009	a	a	a
Ölkuchen, Ölschrote	2007	53	<0,4	1,5
	2008	52	<0,4	1,7
	2009	46	<0,3	<0,9
Sonnenblumen	2007	2	<0,2	<0,2
	2008	3	<0,3	0,4
	2009	3	<0,2	0,4
Hirse	2008	6	<0,2	<0,4
	2009	a	a	a
Sojabohnen	2009	9	<0,4	0,8
Kraffuttermischung	2007	a	a	a
	2008	4	<0,2	0,3
	2009	1	<0,1	-
Molkenpulver	2007	2	0,5	0,7
	2008	1	0,2	-
	2009	a	a	a
Citrustrester	2007	1	<0,4	-
	2008	1	0,7	-
	2009	a	a	a

- a Messwerte lagen nicht vor
 - Messung / Angabe nicht erforderlich

Tabelle 2.3.1-7 Radioaktive Kontamination von Pflanzen (Indikatoren)
(*Radioactive contamination of plants (indicators)*)

Pflanzenindikator	Jahr	N	Aktivität in Bq/kg TM	
			Cs-137	
			Mittelwert	max. Wert
Blätter	2007	108	<11,3	449,3
	2008	102	<7,7	306,3
	2009	107	<8,8	392,1
Nadeln	2007	54	<32,8*	823,8**
	2008	52	<30,0*	741,0**
	2009	54	<39,1*	1274,0**
Gras	2007	100	<20,9*	586,0**
	2008	102	<13,2*	407,9**
	2009	105	<13,3	222,6
Farne (Thüringen)	2007	2	86,3	172,0
	2008	2	28,9	54,5
	2009	2	36,9	73,1

* Der Wert ist nicht repräsentativ

Mittelwert ohne den höchsten Wert bei Nadeln: <17,8 in 2007; <16,1 in 2008; <15,8 in 2009

Mittelwert ohne den höchsten Wert bei Gras: <15,2 in 2007; <9,3 in 2008

** Der Wert ist nicht repräsentativ

2.3.2 Boden und Bewuchs in der Umgebung kerntechnischer Anlagen

(*Soil and vegetation from the surroundings of nuclear facilities*)

In der Umgebung kerntechnischer Anlagen ist die Situation in Bezug auf Radioaktivität im Boden nach wie vor durch die zurückliegenden Depositionen nach den Kernwaffenversuchen der sechziger Jahre und nach dem Tschernobylunfall im Jahre 1986 geprägt, wobei die aktuellen Aktivitätskonzentrationen auf einem sehr niedrigen Niveau liegen. Die Ergebnisse der Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind für Boden und Bewuchs in den Tabellen 2.3.2-1 und 2.3.2-2 zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit anderen Orten in der Bundesrepublik keine Erhöhung der Radioaktivität erkennen.

Tabelle 2.3.2-1 Radioaktivität des Bodens in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
(*Radioactivity of the soil in the vicinity of nuclear power plants*)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	8	10,0	12	8,7	9	12,8 (3,2 - 30,0)
	Pu-238	3	<0,04	7	<0,63	5	<0,58 (<0,02-<1,3)
	Pu-(239+240)	3	0,2	7	<0,37	5	<0,42 (0,08-<0,73)
	Sr-90			3	0,5	3	0,8 (0,5 - 1,1)
KWO Obrigheim	Cs-137	8	7,9	8	7,0	4	5,9 (2,1 - 9,5)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	8	8,4	8	8,7	4	6,2 (3,1 - 10,0)
KKP Philippsburg	Cs-137	8	12,3	8	10,1	6	11,1 (1,1 - 19,0)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	8	21,1	8	17,6	6	15,4 (8,5 - 31,0)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKW Fessenheim (Frank- reich)	Cs-137	4	14,1	4	11,3	2	11,0 (10,0 - 12,0)
TRIGA Heidelberg	Cs-137	a		a		a	
BAYERN							
VAK Kahl	Cs-137	2	11,3	2	37,0	a	
KRB Gundremmingen	Cs-137	10	37,2	10	37,9	10	38,5 (18,0 - 67,0)
KKI Isar	Cs-137	12	46,2	12	38,0	12	51,3 (17,0 - 100,0)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	5,4	10	6,4	10	7,8 (4,3 - 13,0)
Forschungsreaktor München	Cs-137	4	62,0	4	74,5	4	118,3 (32,0 - 210,0)
Framatome ANP Erlangen KWU	Cs-137	4	19,7	4	15,0	4	13,6 (7,2 - 22,0)
	Pu-238	2	b) <0,09; <0,09	2	b) 0,18; 0,24	4	<0,05 (<0,01-<0,08)
	Pu-(239+240)	4	<0,13	4	<0,19	4	<0,31 (<0,07- 0,97)
	U-235	4	0,36	4	<0,76	4	<0,26 (<0,16- 0,35)
	U-238	4	7,9	4	7,8	4	5,5 (2,1 - 8,5)
	Am-241	4	<0,08	4	<0,07	4	<0,08 (<0,07-<0,09)
Framatome ANP Karlstein KWU	Cs-137	2	11,6	2	11	a	
	Pu-238	2	<0,1	2	b) <0,12; 0,15	a	
	Pu-(239+240)	2	<0,13	1	<0,11	a	
	U-235	2	0,2	2	b) 0,16; <0,3	a	
	U-238	2	5,2	2	b) 3,4; 6,0	a	
SBWK Karlstein	Gesamt- α	a		a		a	
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	6	13,6	9	11,7	2	12,0 (9,4 - 14,5)
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	8	8,3	8	10,0	8	8,6 (5,9 - 19,0)
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	10	6,8	10	7,5	6	7,0 (5,6 - 8,4)
Nuklearbetriebe Hanau ^d	Gesamt- α Asche	a		a		a	
	Rest- β Asche	a		a		a	
	Pu-(239+240) Asche	a		a		a	
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	8	10,4	8	9,5	8	<8,4 (<0,14 - 13,0)
	U-235	a		a		a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Zwischenlager Nord	Cs-137	24	10,1	12	9,7	12	7,9 (0,5 - 18,0)
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	8	9,9	8	10,4	6	10,3 (5,5 - 15,0)
	Sr-90						
KKU Unterweser	Cs-137	12	16,0	18	13,4	12	13,4 (2,9 - 39,0)
	Sr-90						
KWG Grohnde	Cs-137	10	14,6	10	16,6	8	13,2 (5,6 - 27,0)
	Sr-90						
KKE Emsland	Cs-137	10	16,1	10	16,2	10	12,1 (2,0 - 23,0)
	Sr-90						
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	26	28,8	26	25,9	26	24,2 (8,3 - 50,0)
	Sr-90	4	5,0	4	4,6	4	<0,8 (<0,2 - 1,9)
	Pu-238	2	0,3	2	b) <0,12; <0,13	2	b) <0,10; <0,12
	Pu-(239+240)	2	<0,1	2	b) 0,12; <0,13	2	b) <0,10; <0,12
FMRB Braunschweig	Cs-137	a		a		a	
	Gesamt- α	a		a		a	
Schacht Konrad II ^c	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
Advanced Nuclear Fuels Lin- gen	Cs-137	a		a		a	
	U-234	a		a		a	
	U-235	a		a		a	
	U-238	a		a		a	
Schachanlage Asse	Cs-137	4	10,6	4	9,2	4	8,2 (7,3 - 9,5)
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	10	7,7	10	9,2	8	9,6 (3,9 - 24,1)
	Sr-90	6	1,0	6	0,9	6	0,5 (0,2 - 0,6)
KWW Würgassen	Cs-137	20	13,2	20	11,7	18	12,6 (3,3 - 39,3)
THTR Uentrop	Cs-137	8	19,3	8	13,9	6	18,2 (5,9 - 58,2)
	Sr-90	a		a		a	
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	5	6,7	4	10,5	5	8,5 (6,6 - 10,9)
	Sr-90	5	0,5	4	0,5	5	0,6 (0,4 - 0,9)
UAG Gronau	U-238	10	<0,2	10	<0,1	10	<0,2 (<0,2 - <0,2)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	10,5	4	8,9	4	9,2 (2,8 - 13,0)
KKW Cattenom (Frankreich)							
SACHSEN							
VKTA Dresden-Rossendorf	Cs-137	16	7,3	12	5,4	10	4,7 (1,8 - 11,0)
	Sr-90					2	8,9 (7,5 - 10,3)
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	a		8	7,2	a	
	Sr-90	a		4	0,2	a	
	Gesamt-β	a		4	575	a	
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	10	10,7	10	9,7	6	6,7 (3,5 - 9,4)
	Sr-90	2	0,3	2	0,3	2	0,3 (0,3 - 0,3)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	8	24,7	8	25,1	6	21,7 (16,0 - 43,0)
	Sr-90	2	b) 0,9; 3,1	2	2,5	1	3,4
KKK Krümmel	Cs-137	12	6,6	12	6,0	8	5,4 (4,5 - 6,8)
	Sr-90	6	0,8	6	0,7	6	0,6 (0,4 - 0,9)
KBR Brokdorf	Cs-137	16	14,3	16	14,4	13	13,0 (4,0 - 24,0)
	Sr-90	8	1,7	8	1,7	5	1,9 (0,7 - 2,7)

a Messwerte lagen nicht vor

b Mittelwertberechnung nicht sinnvoll; Angabe der Einzelwerte

c Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme

d 2006 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen

**Tabelle 2.3.2-2 Radioaktivität des Bewuchses in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
(Radioactivity of vegetation in the vicinity of nuclear power plants)**

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	6	<0,16	12	<0,42	10	<0,18 (0,11 -<0,26)
	Pu-238	a		4	<0,09	2	<0,04 (<0,03-<0,05)
	Pu-(239+240)	a		4	<0,05	2	<0,02 (<0,01-<0,02)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,27	8	<0,33	4	<0,41 (0,18 - 0,86)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	<0,40	9	<0,92	4	<0,32 (0,14 -<0,56)
KKP Philippsburg	Cs-137	4	<0,48	8	<0,5	6	<0,36 (0,06 - 0,52)
	Sr-90	a		a		a	
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	a		8	1,8	6	0,75 (0,35 - 1,2)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	a		4	0,56	2	0,12 (0,1 - 0,14)
TRIGA Heidelberg	Cs-137	a		a		a	
BAYERN							
VAK Kahl	Cs-137	2	<0,56	2	0,92*	a	
KRB Gundremmingen	Cs-137	10	<0,23	10	<0,39	10	<0,40 (0,11 - 0,93)
KKI Isar	Cs-137	12	0,46	12	1,1	12	0,44 (0,05 - 1,6)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	<0,29	10	<0,24	10	<0,17 (<0,03-<0,26)
Forschungsreaktor München	Cs-137	4	4,05	4	0,63	4	0,71 (0,53 - 0,96)
Framatome ANP Erlangen KWU	Cs-137	4	<0,45	4	<0,35	4	<1,22 (0,19 - 4,1)
	Pu-238	2	<0,08	2	<0,04	4	<0,02 (<0,01-<0,03)
	Pu-(239+240)	4	<0,04	4	<0,02	4	<0,02 (<0,01-<0,02)
	U-235	4	<0,04	4	<0,03	4	<0,06 (<0,01-<0,11)
	U-238	4	<0,13	4	<0,06	4	<0,08 (<0,01- 0,22)
	Am-241	4	<0,02	4	<0,02	4	<0,02 (<0,01-<0,04)
Framatome ANP Karlstein KWU	Cs-137	2	<0,24*	2	<0,39*	a	
	Pu-238	2	b) <0,02; <0,07 *	2	b)<0,006; <0,07*	a	
	Pu-(239+240)	2	b) <0,02; <0,11 *	1	<0,008	a	
	U-235	2	b) <0,03; <0,05 *	2	b)<0,006; <0,05*	a	
	U-238	2	b) 0,01; 0,4 *	2	b)<0,09; 0,026*	a	
	Am-241	2	b) <0,01; <0,05 *	2	b)<0,005; 0,05*	a	
SBWK Karlstein	Gesamt- α	a		a		a	
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	6	<0,5	8	<0,39	1	0,8
	Sr-90	1	0,63	a		a	
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	8	1,26	8	1,69	8	2,13 (0,5 - 4,8)
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	10	<0,20	10	<0,16	6	<0,13 (<0,04-<0,26)
Nuklearbetriebe Hanau	Gesamt- α Asche	a		a		a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
	Rest-β Asche Pu-(239+240) Asche	a a		a a		a a	
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	8	<0,25	8	<0,14	8	<0,39 (0,05 - 1,7)
Zwischenlager Nord	Cs-137	24	0,20	12	<0,20	12	<0,20 (0,04 - 0,53)
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	8	<0,41	8	0,12	6	<0,11 (<0,01 - 0,17)
KKU Unterweser	Cs-137 Sr-90	12	<1,3	12	<0,15	12	<0,19 (0,06 - <0,53)
KWG Grohnde	Cs-137	10	<0,25	10	<0,14	8	<0,12 (<0,04- 0,25)
Zwischenlager Grohnde	Cs-137	1	<0,24	1	<0,35	1	0,18
KKE Emsland	Cs-137	10	<0,66	10	<0,38	10	<0,24 (0,05 - 0,42)
Zwischenlager Lingen	Cs-137	a		a			
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	20	<5,93	20	3,01	20	3,96 (0,03 - 16,0)
	Sr-90	4	2,9	4	2,4	4	2,8 (0,88 - 5,5)
FMRB Braunschweig	Cs-137	a		a		a	
Schacht Konrad II ^c	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
	Gesamt-α	a		a		a	
Advanced Nuclear Fuels Lingen	Cs-137	a		a		a	
	Pu-238	a		a		a	
	Pu-(239+240)	a		a		a	
	U-234	1	2,1*	1	0,008	1	0,013
	U-235	1	<5,4*	1	<0,003	1	<0,002
	U-238	1	2,3*	1	0,007	1	0,016
Schachtanlage Asse	Cs-137	4	<0,2	4	<0,08	4	<0,06 (<0,04-<0,1)
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137 Sr-90	10 a	<0,23*	10	<0,24*	8	<0,31 (0,04 - 0,66)
KWW Würgassen	Cs-137 Sr-90	12 a	<0,3*	12 a	<0,18*	10	<0,06* (0,02 - 0,14)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
THTR Uentrop	Cs-137	8	<0,76*	8	<0,82*	6	<0,31* (0,10-<0,82)
	Sr-90	a		a		a	
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	11	0,21*	10	1,07	10	0,76 (0,04 - 5,2)
	Sr-90	10	0,33*	10	1,61	10	0,43 (0,15 - 0,87)
UAG Gronau	U-238	4	<0,3*	5	<0,1*	4	<0,4*(<0,4 - <0,4)
	Uran	12	<0,16*	12	<0,17*	12	<0,22*(0,05 -<0,23)
	Fluor (mg/kg TM)	12	<1,6	12	<1,7	12	<1,5 (<1,5 - 1,9)
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	<0,17	4	<0,22	4	<0,24 (0,12 - 0,32)
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	16	<0,27*	12	<0,39*	10	0,21*(0,05 -<0,62)
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	a		8	<0,26	a	
	Gesamt-β	a		4	230	a	
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	8	<0,38	8	<0,47	4	<0,25 (0,11 - 0,33)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	8	<0,13	8	<0,11	6	<0,16 (<0,07-<0,36)
	Sr-90	a		a		a	
KKK Krümmel	Cs-137	8	0,26	8	0,35	4	0,30 (0,13 - 0,6)
	Sr-90	6	0,49	6	0,51	4	0,63 (0,49 - 0,95)
KBR Brokdorf	Cs-137	14	<0,27	14	<0,42	10	<0,48 (0,12- 1,8)
	Sr-90	a		a		a	

a Messwerte lagen nicht vor

b Mittelwertberechnung nicht sinnvoll; Angabe der Einzelwerte

c Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme

* In Bq/kg TM angegebene Messwerte wurden mit dem Faktor 0,2 in Bq/kg FM umgerechnet. Nachweisgrenzen wurden nicht umgerechnet

2.4 Lebensmittel, Grund- und Trinkwasser (*Foodstuff, groundwater, and drinking water*)

2.4.1 Grundwasser und Trinkwasser (*Groundwater and drinking water*)

Bezüglich allgemeiner Aspekte der Radioaktivitätsüberwachung von Grund- und Trinkwasser wird auf Teil A - II - 2.4 verwiesen.

Die von den amtlichen Messstellen der Länder im Rahmen der Überwachung von Grund- und Trinkwasser nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz im Jahr 2009 ermittelten Messwerte sind in Tabelle 2.4.1-1 zusammengefasst. Angegeben werden jeweils die Anzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der untersuchten Proben mit Werten unterhalb der Nachweisgrenze, Minimal- und Maximalwerte, arithmetische Mittel- und zusätzlich die Medianwerte der Gehalte an K-40, Cs-137, Sr-90 und H-3.

Grundwasser

Die Überwachung von Grundwasser wurde an 45 Probenentnahmestellen vorgenommen.

Die Aktivitätskonzentrationen für Cs-137 liegen ausschließlich unterhalb der bei den Messungen ermittelten Nachweisgrenzen (NWG) von 0,87 mBq/l bis 39 mBq/l, die im Wesentlichen vom Volumen des zur Messung aufbereiteten Wassers abhängen. Der Median sämtlicher Werte beträgt <6,6 mBq/l (2008: <6,0 mBq/l).

In 30% der gemessenen Proben konnte Sr-90 mit Aktivitätskonzentrationen von 0,32 mBq/l bis 40 mBq/l (2008: 0,31 bis 17 mBq/l) nachgewiesen werden. Der Median aller Werte liegt bei <2,5 mBq/l (2008: 2,0 mBq/l).

In einer Probe wurde H-3 mit einem Wert von 5,1 Bq/l bestimmt, die gefundenen Nachweisgrenzen liegen zwischen 1,5 Bq/l und 10 Bq/l.

Trinkwasser

Die Überwachung von Roh- und Reinwässern wurde an 88 bzw. 87 Probenentnahmestellen vorgenommen.

In der Tabelle 2.4.1-1 wird zwischen Rohwasser (Grund- oder Oberflächenwasser als Zulauf der Wasserwerke) und Reinwasser (wird von den Wasserwerken als Trinkwasser in das Netz eingespeist) unterschieden. Für die weiteren Betrachtungen werden die Reinwasserwerte benutzt.

Für Cs-137 liegen fast alle Messwerte unterhalb der bei den Messungen erreichten Nachweisgrenzen von 0,25 mBq/l bis 27 mBq/l, die tatsächlich gemessenen Werte liegen bei 10 mBq/l (2008: 5,8 mBq/l). Der Median aller mitgeteilten Werte liegt bei <8,2 mBq/l (2008: <8,4 mBq/l).

In 50% der untersuchten Proben konnte Sr-90 nachgewiesen werden. Die Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 1,0 mBq/l und 24 mBq/l (2008: 1,0 und 7,0 mBq/l), der Median sämtlicher Werte liegt bei 3,2 mBq/l (2008: 3,5 mBq/l). Diese Messwerte zeigen den aus dem Fallout der Kernwaffenversuche in den 60er Jahren herrührenden Einfluss auf Oberflächenwässer, oberflächennahe Grundwässer und damit auch auf Trinkwässer.

Im Rahmen des Routinemessprogramms für Grundwasser und Trinkwasser wurden auch alpha-spektrometrische Messungen von Uran- und Plutoniumisotopen durchgeführt. Die Messwerte für die Uranisotope liegen in dem für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland bekannten Schwankungsbereich von bis zu 0,2 Bq/l. Konzentrationen von Plutoniumisotopen konnten oberhalb der geforderten Nachweisgrenzen nicht nachgewiesen werden.

Eine Strahlenexposition der Bevölkerung durch künstliche radioaktive Stoffe auf dem Wege über das Trinkwasser ist auf Grund der vorliegenden Daten gegenüber der natürlichen Strahlenexposition sehr klein. Legt man die Maximalwerte für Cs-137 von 10 mBq/l und Sr-90 von 24 mBq/l zu Grunde, ergeben sich bei einem angenommenen jährlichen Trinkwasserverzehr von 700 Liter (für die Referenzperson gemäß StrlSchV Anlage VII Teil B) für den Erwachsenen Ingestionsdosen von 0,000091 bzw. 0,00047 Millisievert pro Jahr. Für den Säugling (0 bis 1 Jahr) errechnen sich bei einem angenommenen jährlichen Trinkwasserverzehr von 340 Liter Ingestionsdosen von 0,000071 bzw. 0,00188 Millisievert pro Jahr.

Tabelle 2.4.1-1 Allgemeine Überwachung von Grundwasser und Trinkwasser in Deutschland
(*General monitoring of groundwater and drinking water in Germany*)

	Nuklid	2009						2008
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^a	Maximal- wert ^a	Mittel- einzel- wert ^a	Median	Median
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	91	53	35	610		160	130
	Cs-137	91	91				<6,6	<6,0
	Sr-90	47	33	0,32	40		<2,5	<2,0
	H-3	52	51		5.100		<4.600	<4.400
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser								
	K-40	107	58	31	16.000		<150	<160
	Cs-137	115	111	3,0	10		<5,5	<6,3
	Sr-90	58	29	0,26	12	3,9	3,5	3,5
	H-3	65	56	560	5.400		4.400	<5.000
Reinwasser								
	K-40	241	160	20	1300		<160	<160
	Cs-137	240	234	10	10		<8,2	<8,4
	Sr-90	71	36	1,0	24		<3,2	<3,5
	H-3	63	59	750	5.600		<4.500	<5.000

a Liegen mehr als 50% der gemessenen Werte unterhalb der Nachweisgrenze, werden nur der Minimalwert-, der Maximalwert und der Median angegeben. Der arithmetische Mittelwert wurde aus den Messwerten ohne Berücksichtigung der Nachweisgrenzen errechnet

2.4.2 Grundwasser und Trinkwasser in der Umgebung kerntechnischer Anlagen (*Groundwater and drinking water from the surroundings of nuclear facilities*)

Die von den amtlichen Messstellen der Länder nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen im Jahr 2009 ermittelten Messwerte sind in Tabelle 2.4.2-1 zusammengefasst. Angegeben werden jeweils die Anzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der untersuchten Proben mit Werten unterhalb der Nachweisgrenze, Minimal- und Maximalwerte, arithmetische Mittel- und zusätzlich die Medianwerte der Gehalte an Co-60, K-40, Cs-137, Sr-90 und Tritium, sowie - wenn vorhanden - Rest-Beta- und Gesamt-Alpha-Aktivität.

Grundwasser

Im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen wurden Messwerte von 129 Grundwassermessstellen mitgeteilt.

Für Cs-137 liegt ein Messwert über den angegebenen Nachweisgrenzen von 0,36 mBq/l bis 870 mBq/l (2008: 0,36 bis 62 mBq/l). Der Messwert liegt bei 13 mBq/l, der Median aller mitgeteilten Werte liegt bei <20 mBq/l (2008: <17 mBq/l).

Die Werte für die Sr-90-Aktivitätskonzentrationen (66% der Messwerte über der Nachweisgrenze) liegen zwischen 2,6 mBq/l und 5,0 mBq/l (2008: 1,7 bis 7,2 mBq/l). Der Median liegt bei 3,8 mBq/l (2008: 3,8 mBq/l).

Die Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 29 mBq/l und 160 mBq/l (2008: 10 bis 150 mBq/l), mit einem Median sämtlicher Werte von <70 mBq/l (2008: <47 mBq/l).

Die Rest-Beta-Aktivitätskonzentrationen wurden in 24 Proben gemessen. Alle Werte lagen unter den gefundenen Nachweisgrenzen von 50 mBq/l bis 100 mBq/l. Der Median aller Werte beträgt <100 mBq/l (2008: <70 mBq/l).

In 12% der untersuchten Wasserproben wurde H-3 im Konzentrationsbereich von 1,6 Bq/l bis 21 Bq/l nachgewiesen (2008: 1,3 Bq/l bis 31 Bq/l), der Median aller Werte liegt bei <7,3 Bq/l (2008: <7,4 Bq/l). Einzelwerte liegen damit teilweise deutlich über den derzeitigen Aktivitätskonzentrationen im Niederschlag in der Größenordnung zwischen 1 Bq/l und 2 Bq/l.

Die maximalen Tritiumkonzentrationen bis 21 Bq/l (2008: 31 Bq/l - Freilager für radioaktive Abfälle des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf) wurden bei der Überwachung des Kernkraftwerkes Phillipsburg sowie auf dem Gelände des Freilagers für radioaktive Abfälle des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf gemessen. In Dresden-Rossendorf wurden auch wieder Co-60-Kontaminationen von bis zu 0,120 Bq/l (2008: 0,070 Bq/l) ermittelt. Die erhöhten H-3- und Co-60-Aktivitätskonzentrationen im Grundwasser auf dem Betriebsgelände des Freilagers sind auf eine Kontamination des Untergrundes infolge von Leckagen an (inzwischen nicht mehr genutzten) Beton-Abklingbecken für kontaminierte Wässer zurückzuführen. Alle Proben außerhalb des Kernkraftwerkes Phillipsburg und des Forschungsstandortes Dresden-Rossendorf weisen H-3-Werte unterhalb der Nachweisgrenze von 10 Bq/l auf.

Trinkwasser

Im Jahr 2009 wurden im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen Messwerte von 40 Rohwasser- und 28 Reinwasser-Entnahmestellen beprobt.

In der Tabelle 2.4.2-1 wird zwischen Rohwasser (Grund- oder Oberflächenwasser als Zulauf der Wasserwerke) und Reinwasser (wird von den Wasserwerken als Trinkwasser in das Netz eingespeist) unterschieden. Für die weiteren Betrachtungen werden die Reinwasserwerte benutzt.

Für Cs-137 wurden keine Messwerte oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenzen von 0,31 mBq/l bis 49 mBq/l (2008: keine Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen) ermittelt. Der Median aller Cs-137-Werte liegt bei <9 mBq/l (2008: <11 mBq/l).

Die Aktivitätskonzentrationen für Sr-90 liegen zwischen 0,22 mBq/l und 3,3 mBq/l (2008: 1,6 bis 5,7 mBq/l), mit einem Median aller Werte von <3,0 mBq/l (2008: <4,0 mBq/l).

In 2 von 65 gemessenen Proben wurde H-3 in Konzentrationen bei 26 Bq/l und 34 Bq/l (2008: 6,9 bis 51 Bq/l) nachgewiesen, der Median aller Werte liegt bei <8 Bq/l (2008: <5,4 Bq/l). Die über den derzeitigen Aktivitätskonzentrationen im Niederschlag zwischen 1 und 2 Bq/l liegenden Werte sind auf den Eintrag von Oberflächenwasser (z. B. als Uferfiltrat) zurückzuführen, das durch H-3-Emissionen kerntechnischer Anlagen geringfügig belastet ist. Alle H-3-Werte oberhalb 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 <10 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.

Die Strahlenexposition der Bevölkerung durch künstliche radioaktive Stoffe auf dem Wege über das Trinkwasser ist auf Grund der vorliegenden Daten gegenüber der natürlichen Strahlenexposition sehr gering.

Tabelle 2.4.2-1 Umgebungsüberwachung von kerntechnischen Anlagen in Deutschland (Grundwasser und Trinkwasser)
(*Surveillance of the surroundings of nuclear facilities in Germany-groundwater and drinking water*)

	Nuklid	2009						2008
		Anzahl gesamt ^a	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^b	Maximal- wert ^b	Mittel- wert ^b	Median	Median
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	184	107	25	24.000		460	<410
	Co-60	364	355	30	120		<29	28
	Cs-137	216	215		13		<20	<17
	H-3	377	333	1.600	21.000		<7.300	<7.400
	Sr-90	18	6	2,6	5	3,6	3,8	3,8
	R-Beta	24	24				<100	<70
	G-Alpha	42	24	29	160		<70	47
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser	K-40	62	49	37	160		<300	<320
	Co-60	91	91				22	<17
	Cs-137	68	68				<9,6	<13
	H-3	90	84	2.700	10.000		<5.200	<5.400
	Sr-90	19	11	0,3	6		6	<20
	G-Alpha	3	0	55	66	60	58	50
Reinwasser	K-40	70	54	45	230		<150	150
	Co-60	71	71				<10	<12
	Cs-137	71	71				<9	<11
	H-3	85	83	26.000	34.000		<8.000	<5.400
	Sr-90	19	15	0,22	3,3		<3	<4

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

2.4.3 Milch und Milchprodukte (Milk and milk products)

Die Kontamination von Milch und Milchprodukten mit dem vor und nach dem Tschernobylunfall deponierten Cs-137, die bereits in den Vorjahren ein sehr niedriges Niveau erreicht hatte, vermindert sich gegenwärtig von Jahr zu Jahr nur noch äußerst geringfügig. Cs-134 war wegen der kürzeren Halbwertszeit nicht mehr nachzuweisen. Die Sr-90-Aktivitätskonzentration ist seit einigen Jahren auf extrem niedrigem Niveau ebenfalls nahezu konstant geblieben.

Die Messwerte, die für Milch und Milchprodukte ermittelt wurden, können in diesem Bericht wegen dessen begrenzten Umfangs nur in komprimierter Form wiedergegeben werden. In Tabelle 2.4.3-1 sind für die Radionuklide Sr-90 und Cs-137 die Anzahl der Messwerte N, die Mittelwerte und die Bereiche der Einzelwerte für Rohmilchproben aufgeführt. Zum Vergleich sind die Mittelwerte der beiden Vorjahre aufgenommen worden. Die Proben, an denen die Messungen vorgenommen wurden, stammen fast ausschließlich aus größeren Sammel tanks von Molkereien, so dass aus dieser Sicht eine Mittelung sinnvoll erschien. Allerdings fehlten zu den Messwerten in der Regel ergänzende Angaben, so dass bei der Mittelwertbildung keinerlei Wichtung durchgeführt werden konnte. Darüber hinaus überschätzen die Mittelwerte, die mit dem Zeichen „<“ gekennzeichnet sind, die Realität, weil in die Berechnungen zahlreiche Werte von Nachweisgrenzen eingegangen sind, die über den realen Werten lagen. Es verbleiben also einige Unsicherheiten, die es zu beachten gilt, wenn die in der Tabelle enthaltenen Jahresmittelwerte interpretiert werden. Die Mittelwerte für das Radionuklid Sr-90, die für Rohmilch in Tabelle 2.4.3-1 angegeben werden, basieren auf Messergebnissen der Landesmessstellen und auf zusätzlichen Messungen der Leitstelle an Milchpulverproben aus dem gesamten Bundesgebiet, die monatlich das gesamte Jahr über durchgeführt wurden. Abbildung 2.4.3-1 gibt einen Überblick über den Verlauf der Jahresmittelwerte des Sr-90- und Cs-137-Gehaltes der Milch für den Zeitraum von 1960 bis 2009.

Tabelle 2.4.3-2 gibt für das gesamte Bundesgebiet einen Überblick über die Anzahl der Messwerte N und die Bereiche der Einzelwerte für wichtige Radionuklide in einigen Milchprodukten.

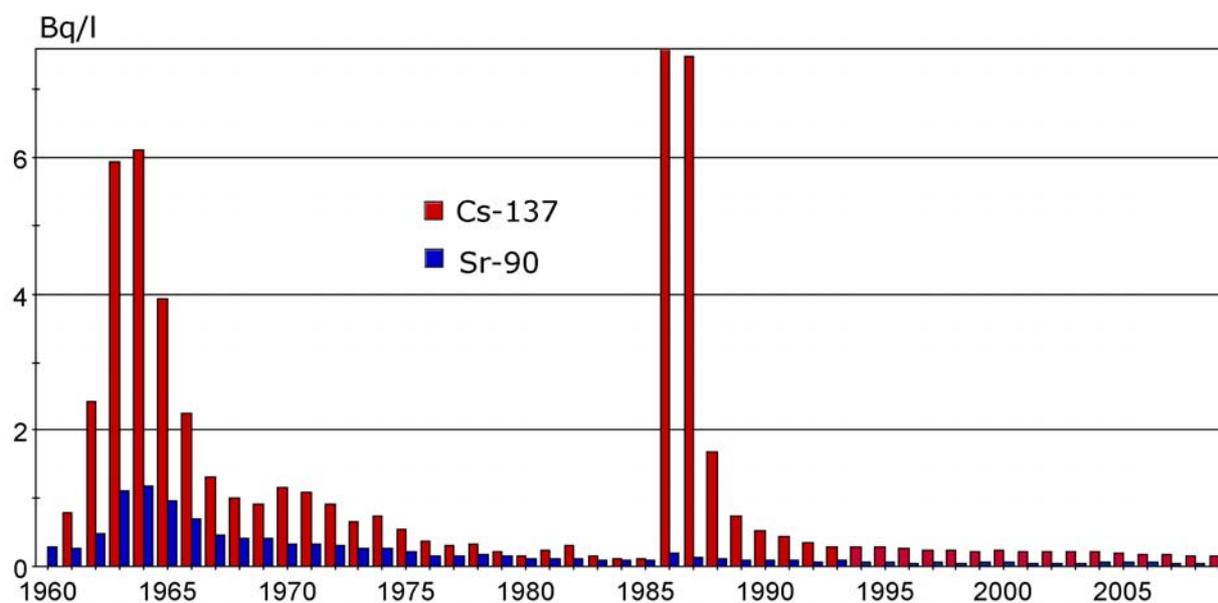


Abbildung 2.4.3-1 Jahresmittelwerte der Sr-90- und Cs-137-Aktivitäten der Rohmilch in der Bundesrepublik Deutschland
(Annual mean values of Sr-90 and Cs-137 activities of raw milk in the Federal Republic of Germany)

Tabelle 2.4.3-1 Radioaktive Kontamination der Rohmilch
(Radioactive contamination of the raw milk)

Bundesland	Jahr	Sr-90 (Bq/l)		Cs-137 (Bq/l)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2007	30	0,07	81	<0,14
	2008	20	0,06	82	<0,12
	2009	21	0,06 (0,02 - 0,09)	85	<0,12 (<0,01 - 0,55)

Bundesland	Jahr	Sr-90 (Bq/l)		Cs-137 (Bq/l)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Bayern	2007	43	0,05	244	<0,20
	2008	32	0,05	216	<0,17
	2009	33	<0,05 (<0,01 - 0,09)	223	<0,16 (<0,01 - 0,51)
Berlin	2007	12	0,02	25	<0,73
	2008	12	0,02	27	<0,38
	2009	12	0,02 (0,02 - 0,03)	24	<0,59 (0,03 - 3,12)
Brandenburg	2007	16	0,03	53	<0,24
	2008	15	0,03	53	<0,18
	2009	18	0,03 (0,02 - 0,05)	50	<0,23 (<0,05 - 0,8)
Bremen	2007	12	0,02	12	0,69
	2008	12	0,03	12	0,57
	2009	12	0,03 (0,02 - 0,06)	12	0,63 (<0,09 - 1,94)
Hamburg	2007	12	0,02	12	<0,16
	2008	12	0,02	12	<0,06
	2009	12	0,02 (0,01 - 0,03)	12	<0,07 (<0,04 - 0,10)
Hessen	2007	19	0,05	43	<0,07
	2008	19	0,06	50	<0,08
	2009	18	0,05 (0,02 - 0,19)	50	<0,09 (<0,03 - <0,16)
Mecklenburg- Vorpommern	2007	13	0,03	52	<0,19
	2008	12	<0,02	48	<0,13
	2009	12	<0,02 (<0,01 - 0,05)	48	<0,17 (0,05 - 0,92)
Niedersachsen	2007	61	0,03	209	<0,25
	2008	62	0,03	194	<0,21
	2009	46	0,03 (0,01 - 0,09)	190	<0,23 (0,03 - 1,8)
Nordrhein-Westfalen	2007	29	0,04	112	<0,12
	2008	25	0,04	108	<0,12
	2009	18	0,04 (0,02 - 0,08)	107	<0,12 (0,04 - 0,87)
Rheinland-Pfalz	2007	22	0,04	38	<0,06
	2008	24	<0,03	50	<0,06
	2009	20	0,03 (0,03 - 0,04)	49	<0,06 (0,01 - <0,11)
Saarland	2007	12	<0,03	15	<0,19
	2008	12	<0,05	15	<0,20
	2009	12	<0,04 (<0,02 - 0,10)	17	<0,20 (<0,2 - <0,2)
Sachsen	2007	12	0,03	56	<0,09
	2008	12	0,02	60	<0,10
	2009	12	0,02 (0,02 - 0,04)	60	<0,09 (0,05 - 0,21)

Bundesland	Jahr	Sr-90 (Bq/l)		Cs-137 (Bq/l)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Sachsen-Anhalt	2007	12	<0,02	72	<0,37
	2008	12	<0,02	72	<0,32
	2009	12	<0,02 (<0,01 - 0,04)	72	<0,54 (<0,08 - 4,71)
Schleswig-Holstein	2007	22	0,04	94	<0,13
	2008	16	0,03	88	<0,14
	2009	18	0,03 (0,02 - 0,04)	93	<0,13 (0,09 - 0,33)
Thüringen	2007	12	0,02	36	<0,10
	2008	12	0,02	36	<0,10
	2009	12	0,01 (0,01 - 0,02)	36	<0,10 (<0,07 - <0,11)
Bundesrepublik (gesamt)	2007	339	<0,04	1154	<0,20
	2008	309	<0,03	1123	<0,17
	2009	288	<0,03 (<0,01 - 0,19)	1128	<0,19 (<0,01 - 4,71)

**Tabelle 2.4.3-2 Bereiche der radioaktiven Kontamination von Milch und Milchprodukten
(Areas of radioactive contamination of milk and milk products)**

Produkt	N	Cs-134 (Bq/kg)		Cs-137 (Bq/kg)	
		max. Wert	min. Wert	max. Wert	min. Wert
Rohmilch	1128	<0,9*	<0,01	4,71	<0,01
Käse	2	<0,16	<0,12	<0,24	<0,18
Molkeneiweiß	3	<0,18	<0,16	1,1	0,74
Importe					
Käse	65	<0,26	<0,06	0,33	<0,06
Frischkäse	3	<0,11	<0,1	3,0	<0,13
Schafskäse	5	<0,11	<0,04	0,36	<0,09
Lakenkäse	1	<0,13	-	<0,14	-

* Ein Einzelwert < 8 Bq/kg wurde nicht berücksichtigt

2.4.4 Milch in der Umgebung kerntechnischer Anlagen (Milk from the surroundings of nuclear facilities)

Wie bei Boden und Bewuchs ist die Situation in der Umgebung kerntechnischer Anlagen nach wie vor durch die zurückliegenden Depositionen nach den Kernwaffenversuchen der sechziger Jahre und nach dem Tschernobylunfall im Jahre 1986 geprägt. Die aktuellen Aktivitätskonzentrationen liegen auf einem sehr niedrigen Niveau. Die Ergebnisse der Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind in Tabelle 2.4.4-1 zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit Orten, die nicht in der Umgebung kerntechnischer Anlagen liegen, in der Bundesrepublik keine Erhöhung der Radioaktivität erkennen.

**Tabelle 2.4.4-1 Radioaktive Kontamination der Milch aus unmittelbarer Nähe kerntechnischer Anlagen
(Radioactive contamination of milk from the close vicinity of nuclear power plants)**

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2008		2009	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG					
FZ Karlsruhe	Cs-137	2	<0,04	2	0,02 (0,02 - 0,03)
	Sr-90	2	<0,04	2	0,02 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	2	<0,06 - <0,06	1	<0,04

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2008		2009	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,14	4	<0,05 (<0,03 - <0,07)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,004 - <0,01	10	<0,005 - <0,009
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	<0,06	4	<0,05 (<0,03 - <0,07)
	Sr-90	4	0,03	4	0,02 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,007 - <0,009	10	<0,005 - <0,009
KKP Philippsburg	Cs-137	4	<0,04	4	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	Sr-90	3	0,03	4	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	11	<0,006 - <0,07	11	<0,05 - <0,01
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	7	<0,03	5	<0,03 (0,02 - 0,04)
	Sr-90	5	0,03	5	0,03 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	11	<0,004 - <0,008	11	<0,003 - <0,009
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	6	<0,04	8	<0,03 (<0,02 - <0,04)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,02 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	9	<0,007 - <0,01	10	<0,005 - <0,011
BAYERN					
KRB Gundremmingen	Cs-137	6	<0,02	6	0,02 (0,02 - 0,04)
	Sr-90	6	<0,02	6	<0,01 (<0,01 - <0,01)
	I-131 (nur Bereich)	18	<0,008 - <0,01	18	<0,004 - <0,009
KKI Isar	Cs-137	4	0,06	4	0,07 (0,06 - 0,08)
	Sr-90	4	<0,01	4	<0,01 (<0,01 - <0,01)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,008 - <0,009	12	<0,004 - <0,007
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	6	<0,11	6	<0,14 (<0,06 - <0,19)
	Sr-90	6	<0,02	6	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	I-131 (nur Bereich)	18	<0,004 - <0,01	18	<0,004 - <0,010
FRM II	Cs-137	2	<0,13	2	<0,11 (<0,04 - 0,18)
	Sr-90	2	<0,02	2	<0,02 (<0,01 - 0,02)
BRANDENBURG					
KKR Rheinsberg	Cs-137	4	<0,10	4	<0,08 (<0,06 - 0,1)
	Sr-90	4	0,02	4	0,01 (0,007 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	a		a	
HESSEN					
KWB Biblis	Cs-137	10	<0,09	10	<0,07 (<0,02 - <0,13)
	Sr-90	4	0,02	10	0,02 (0,01 - 0,05)
	I-131 (nur Bereich)	29	<0,004 - <0,011	30	<0,004 - <0,01

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2008		2009	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
MECKLENBURG-VORPOMMERN					
KGR Greifswald	Cs-137	4	<0,10	4	<0,14 (<0,11 - <0,16)
	Sr-90	4	0,02	4	<0,03 (<0,01 - 0,06)
	I-131 (nur Bereich)				
NIEDERSACHSEN					
KKS Stade	Cs-137	a		a	
	Sr-90	a		a	
	I-131 (nur Bereich)	a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	4	<0,19	4	<0,07 (<0,06 - <0,07)
	Sr-90	4	0,04	4	0,03 (0,03 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,004 - <0,029	12	<0,005 - <0,082
KWG Grohnde	Cs-137	4	<0,08	4	<0,07 (<0,06 - <0,08)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,005 - <0,017	12	<0,006 - <0,018
KKE Emsland	Cs-137	4	<0,07	4	<0,07 (<0,06 - <0,07)
	Sr-90	4	0,03	4	<0,04 (0,01 - <0,06)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,005 - <0,019	12	<0,005 - <0,019
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	24	0,44	20	0,25 (0,1 - 0,72)
	Sr-90	12	0,04	8	<0,05 (0,03 - <0,08)
	I-129 (µBq/l)	a		a	
Schacht Konrad II ^b	Cs-137	a		a	
	Sr-90	a		a	
	I-131 (nur Bereich)	a		a	
NORDRHEIN-WESTFALEN					
FZ Jülich	Cs-137	4	<0,07	4	<0,07 (<0,06 - <0,08)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,03 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	41	<0,002 - 0,033	40	<0,005 - <0,01
KWW Würgassen	Cs-137	a		a	
	Sr-90	a		a	
THTR Uentrop	Cs-137	a		a	
	Sr-90	a		a	
UAG Gronau	Uran (Bq/l)	12	<0,23	12	<0,23 (<0,23-<0,23)
	Fluor (mq/l)	12	<0,42	12	<0,42 (<0,42-<0,42)
RHEINLAND-PFALZ					
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	2	<0,09	2	<0,09 (<0,08 - <0,1)

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2008		2009	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
	Sr-90	a		a	
	I-131 (nur Bereich)	a		a	
SACHSEN					
VKTA Rossendorf	Cs-137	2	<0,1	2	<0,09 (<0,09 - <0,1)
	Sr-90	2	0,02	2	0,03 (0,03 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	2	<0,07 - <0,1	1	<0,084
SACHSEN-ANHALT					
Endlager Morsleben	Cs-137	4	<0,21	a	
	Sr-90	a		a	
SCHLESWIG-HOLSTEIN					
GKSS Geesthacht	Cs-137	4	<0,12	4	<0,12 (<0,11 - <0,13)
	Sr-90	4	0,05	4	0,04 (0,03 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,004 - <0,01	12	<0,005 - <0,008
KKB Brunsbüttel	Cs-137	4	<0,05	4	<0,08 (0,04 - 0,14)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,03 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	32	<0,008 - <0,01	32	<0,008 - <0,010
KKK Krümmel	Cs-137	8	<0,009	8	<0,07 (0,04 - 0,15)
	Sr-90	8	0,03	8	0,03 (0,02 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	24	<0,008 - <0,01	24	<0,007 - <0,01
KBR Brokdorf	Cs-137	8	<0,06	8	<0,05 (0,02 - 0,09)
	Sr-90	8	0,03	8	0,03 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	24	<0,008 - <0,01	24	<0,008 - <0,010

a Messwerte liegen nicht vor

b Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme

2.4.5 Fische und Produkte des Meeres und der Binnengewässer

(Fish and seafood and fish from inland water)

Im Folgenden werden Messergebnisse über Radionuklidkonzentrationen in Fischen, Krusten- und Schalentieren der Binnengewässer und der Meere für das Jahr 2009 dargestellt. Bei der Auswertung der Daten wird im Allgemeinen nicht zwischen Fischarten unterschieden. Die Aktivitätsangaben in Bq/kg beziehen sich, wo es nicht ausdrücklich angeführt wird, immer auf die Feuchtmasse (FM). Soweit nicht anders ausgewiesen, werden bei Fischen, Krusten- und Schalentieren die Aktivitätswerte im Fleisch bestimmt. Die statistische Auswertung wird nach dem Verfahren nach „Helsel und Cohn“ [1] unter Einbeziehung der unterhalb der Nachweisgrenze liegenden, nicht-signifikanten Messwerte durchgeführt. Wegen der im Vergleich zur Normalverteilung oft größeren Ähnlichkeit der gefundenen Verteilungen zu Lognormalverteilungen wurde (ab 1995) der Medianwert als repräsentativer Mittelwertschätzer verwendet. Die hier angegebenen Gesamtanzahlen N von Messwerten umfassen auch die nicht nachgewiesenen (nn) unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) liegenden Werte. Ermittelte statistische Kennzahlen sind neben den Anzahlen N und nn der Medianwert, minimaler und maximaler Wert.

Für die Auswertung der Daten aus dem Süßwasserbereich nach dem IMIS-Routinemessprogramm werden jeweils mehrere Bundesländer zu Regionen zusammengefasst: Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Berlin und Brandenburg zu „Norddeutschland“; Nordrhein-Westfalen, Hessen, Rhein-

land-Pfalz, Saarland, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen zu „Mitteldeutschland“ sowie Baden-Württemberg und Bayern zu „Süddeutschland“. Für diese Regionen wurden, aufgeteilt nach Gewässertypen, statistische Auswertungen der jährlich zusammengefassten Werte der spezifischen Aktivität von Cs-137 und Sr-90 durchgeführt.

Die mittleren Cs-137-Aktivitäten der Fische aus Binnenseen Nord- und Süddeutschlands (Abbildung 2.4.5-1) waren 2009 nur noch etwa eine halbe Größenordnung höher als die aus Fischteichen und aus Fließgewässern (Tabelle 2.4.5-1).

Tabelle 2.4.5-1 Spezifische Cs-137-Aktivität in Süßwasserfischen (2009)
(*Specific Cs-137 activity in freshwater fish - year 2009*)

Messungen der Bundesländer

Gewässer	Region	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
		2009					2008
		N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Binnenseen	Süddeutschland	26	1	0,11	16	1,2	1,3
	Mitteldeutschland	5	3	< 0,1	157	< 0,2	0,12
	Norddeutschland	56	5	0,12	28	1,5	2,1
Fischteiche	Süddeutschland	14	7	0,11	0,73	0,15	0,14
	Mitteldeutschland	24	10	< 0,1	2,0	0,16	0,12
	Norddeutschland	12	5	< 0,1	1,1	0,21	0,21
Fließgewässer	Süddeutschland	9	3	< 0,1	1,7	0,32	0,20
	Mitteldeutschland	31	18	< 0,1	3,2	0,23	0,17
	Norddeutschland	7	4	< 0,13	1,8	0,35	0,40
nicht spezifizierte Gewässer	Süddeutschland	0	0				< 0,18
	Mitteldeutschland	0	0				0,32
	Norddeutschland	1	0	0,17	0,17	0,17	

Der in der Region „Mitteldeutschland“ berichtete Maximalwert geht auf eine Flussbarschprobe aus dem Arendsee in Sachsen-Anhalt zurück, während die anderen Werte unter 0,23 Bq/kg FM lagen. Die Ergebnisse der Messungen von Fischen aus Seen in diesem Gebiet Sachsens-Anhalts, die ab 2007 begonnen wurden und höhere Cs-137-Werte zeigten, wurden im entsprechenden Kapitel des Jahresberichts des Jahres 2008 [2] bereits erörtert und bewertet.

Bei Fischteichen Norddeutschlands wurden seit 1990 gelegentlich höhere Cs-137-Mittelwerte als in Süddeutschland beobachtet (Abbildung 2.4.5-2), was vermutlich darauf zurückzuführen war, dass auch aus Seen genommene Proben den Teichen zugeordnet wurden.

Die ab 1994 in genügender Anzahl vorliegenden Cs-137-Werte von Fischproben aus Fischteichen und Fließgewässern Mitteldeutschlands unterscheiden sich nicht von den in Abbildung 2.4.5-2 und 2.4.5-3 dargestellten Verläufen Nord- und Süddeutschlands.

Für die aus Binnengewässern wirtschaftlich bedeutsamsten Fische, Forellen und Karpfen, sind die mittleren Cs-137-Aktivitäten (zusammengefasst aus allen Gewässern, Messungen aller Bundesländer) in Tabelle 2.4.5-2 dargestellt. Der Vergleich der Cs-137-Werte ergibt, dass bis 1999 (vgl. Abbildung 2.4.5-4) Forellen niedriger kontaminiert waren als Karpfen, ab 2000 jedoch ist der Unterschied nicht mehr signifikant.

Tabelle 2.4.5-2 Spezifische Cs-137-Aktivität in Forellen und Karpfen (2009)
(*Specific Cs-137 activity in trout and carp - year 2009*)

Messungen der Bundesländer (aus Binnenseen, Fischteichen und Fließgewässern)

Fisch	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2009					2008
	N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Forellen	31	16	< 0,1	0,73	0,14	0,14
Karpfen	25	13	< 0,1	4,8	0,09	0,14

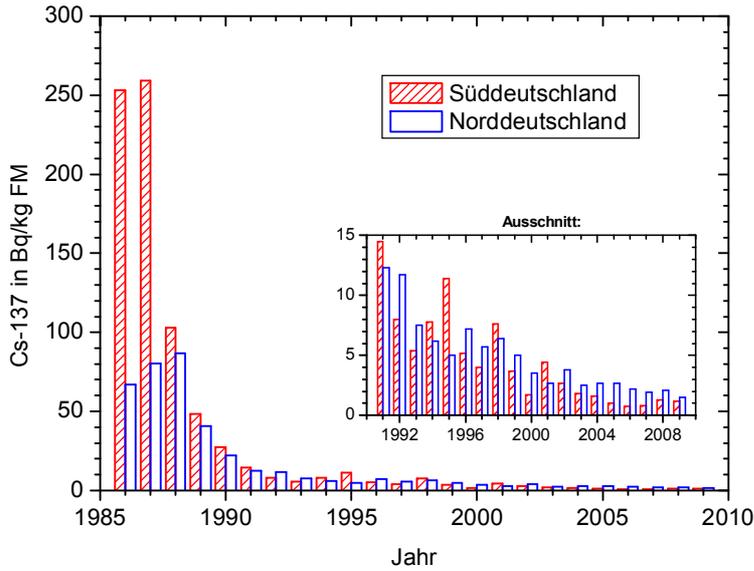


Abbildung 2.4.5-1
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Binnenseen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from lakes in Bq/kg WW)

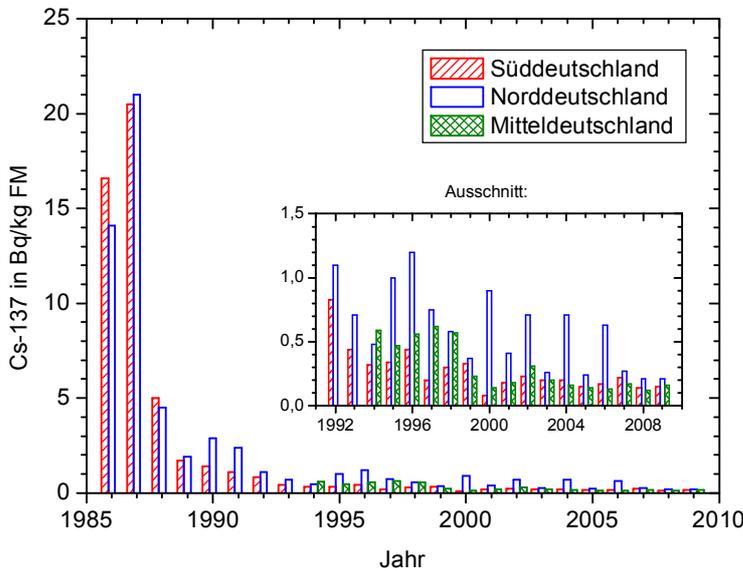


Abbildung 2.4.5-2
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Fischteichen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from fish farms in Bq/kg WW)

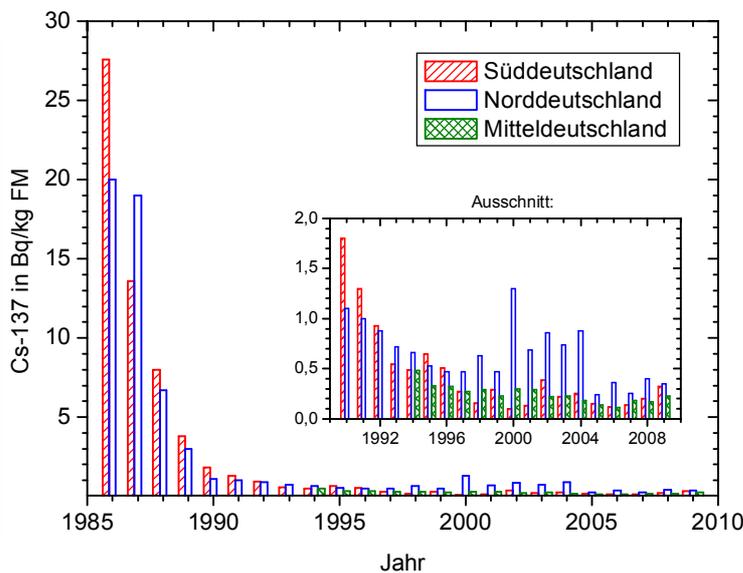


Abbildung 2.4.5-3
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Fließgewässern in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from rivers in Bq/kg WW)

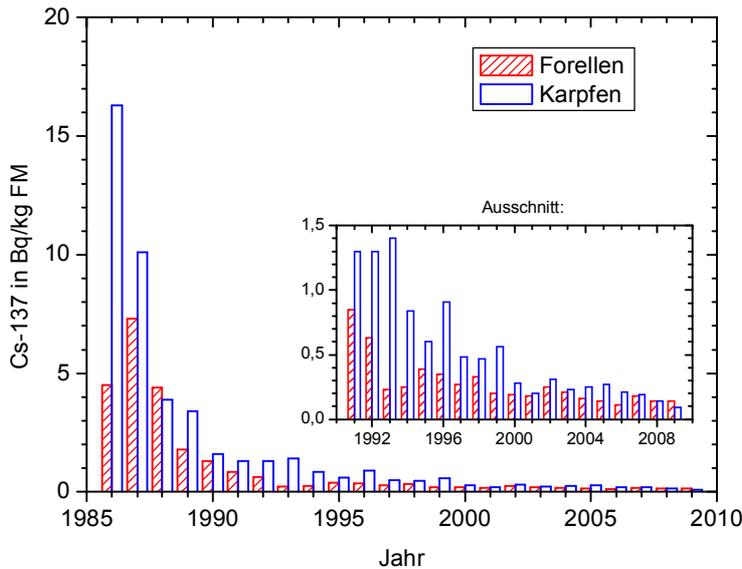


Abbildung 2.4.5-4
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Karpfen und Forellen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in trout and carp in Bq/kg WW)

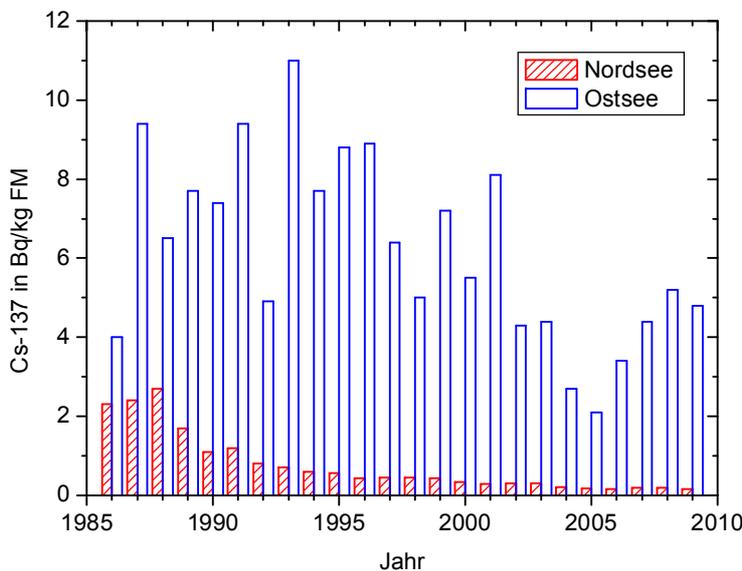


Abbildung 2.4.5-5
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Nord- und Ostsee in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from the North and Baltic Seas in Bq/kg WW)

In Tabelle 2.4.5-3 sind die mittleren Cs-137-Aktivitätswerte für Fische aus der Nord- und der Ostsee dargestellt. In Fischen aus der Nordsee, die vor Tschernobyl bereits durch Cs-137 aus europäischen Wiederaufarbeitungsanlagen kontaminiert waren, blieben 2009 die Cs-137-Werte bis auf eine Probe unter 0,5 Bq/kg. Der Median liegt bei etwa 0,16 Bq/kg, ähnlich wie im Vorjahr. Der höhere Wert von 8,4 Bq/kg ist vermutlich eher der Ostsee bzw. dem Übergangsbereich zwischen Nord- und Ostsee zuzurechnen.

Während bei Nordseefisch ein durch Tschernobyl bedingter Beitrag zur mittleren Cs-137-Aktivität schon seit Jahren nicht mehr festzustellen war, bestimmt er praktisch vollständig die Cs-137-Aktivität im Ostseefisch. Die im Jahresgang in Abbildung 2.4.5-5 festzustellende Variation der Jahresmittelwerte ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass der Anteil der Fischproben mit höherer Cs-137-Aktivität aus der östlichen Ostsee von Jahr zu Jahr schwanken kann.

Im Bereich der Nordseeküste von den Messstellen der Länder entnommene Proben von Garnelen- und Miesmuschelfleisch wiesen eine mittlere Cs-137-Aktivität von weniger als 0,15 Bq/kg auf; vgl. Tabelle 2.4.5-3. Nahezu alle Einzelwerte lagen unterhalb der Nachweisgrenze.

Die im Jahr 2009 für Proben aus Importen bestimmten Jahresmedianwerte für Cs-137 (Tabelle 2.4.5-4) lagen bei etwa 0,056 Bq/kg (Süßwasserfisch), 0,1 Bq/kg (Seefisch) und 0,045 Bq/kg (Fischereierzeugnisse); für Krusten- und Schalentiere wurden keine signifikanten Werte gefunden.

Tabelle 2.4.5-3 Spezifische Cs-137-Aktivität in Fischen und Krusten- und Schalentieren aus der Nordsee und der Ostsee (2009)
(Specific Cs-137 activity in fish and crustaceans from the North Sea and the Baltic Sea - year 2009)
 Messungen der Bundesländer und der Leitstelle

Gewässer	Probenart	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
		2009					2008
		N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Nordsee	Fische	28	5	0,073	8,4	0,16	0,19
	Garnelen	14	14	< 0,11	< 0,18	< 0,15	< 0,13
	Miesmuscheln	11	10	< 0,11	0,22	< 0,13	< 0,14
Ostsee	Fische	44	0	0,18	10	4,8	5,2

Tabelle 2.4.5-4 Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen (2009)
(Specific Cs-137 activity in samples of imported fish, crustaceans and fishery products - year 2009)

Probenart	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2009					2008
	N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Süßwasserfisch	47	33	< 0,1	3,7	0,056	0,095
Seefisch	111	50	0,036	8,4	0,11	0,10
Krusten- u. Schalentiere	14	14	< 0,1	< 0,18	< 0,11	< 0,14
Fischereierzeugnisse	18	15	< 0,1	0,28	0,045	0,042

Die Ergebnisse der von den Ländermessstellen durchgeführten Sr-90-Analysen sind in Tabelle 2.4.5-5 aufgeführt. Bei Fischen aus dem Süßwasserbereich zeigte sich, dass die Sr-90-Aktivität bei Binnenseen etwa eine halbe Größenordnung höher war als bei Fließgewässern und Fischteichen. In der Bewertung ist generell zu beachten, dass schon leichte Änderungen der geringen Haut- bzw. Grätenanteile der analysierten Fischfleischproben eine merkliche Änderung der gemessenen Sr-90-Konzentration bewirken können. Für Fische aus Nord- und Ostsee lagen für 2009 noch keine Ergebnisse von Sr-90-Messungen der Leitstelle vor.

Tabelle 2.4.5-5 Spezifische Sr-90-Aktivität in Fischen, Krusten- und Schalentieren (2009)
(Specific Sr-90 activity in fish and crustaceans - year 2009)
 Messungen der Bundesländer

Probenart	Gewässer	spez. Sr-90-Aktivität in Bq/kg FM					
		2009					2008
		N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Fisch	Binnenseen	14	6	< 0,0083	0,20	0,017	0,066
	Fischteiche	5	2	< 0,0045	0,077	0,012	0,018
	Fließgewässer	7	5	< 0,0052	0,014	0,0059	0,0076
Garnelen	Nordsee	12	7	< 0,020	0,031	0,018	0,017
Miesmuscheln	Nordsee	11	7	< 0,020	0,074	0,011	< 0,02

Routineprogramm der Leitstelle

Fischproben aus der Nordsee und der Ostsee wurden während der Fahrten mit dem FFS „Walther-Herwig-III“ genommen. Die gammaspektrometrischen Messungen des größeren Teils der Proben aus dem Berichtsjahr 2009 wurden in die obigen Auswertungen bereits einbezogen.

Zusammen mit den für frühere Jahre nachzureichenden Messwerten, insbesondere von Sr-90-Analysen, sind diese in der Tabelle 2.4.5-6 summarisch dargestellt, unterschieden zwischen Fischfleisch- und Gesamtfischproben. Diese Tabelle enthält auch Proben, die bei zusätzlichen Fahrten in den Finnischen Meerbusen (2009) und in den Atlantik nahe der Südküste von Island (2008) genommen wurden. Die auf Island bezogenen Werte können als Hintergrundwerte des Nordostatlantiks betrachtet werden. Die Nordsee-Werte sind denen aus dem Bereich Island sehr nahe; dies ist ein Hinweis darauf, dass der Effekt der Aktivitäts-Einleitungen der Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield (UK, Irische See) und La Hague (FR, Engl. Kanal) auf die Nordseefische, verglichen mit den 1980er und 1990er Jahren, erheblich abgenommen hat und mittlerweile sehr gering geworden ist. Die Proben aus dem Finnischen Meerbusen bestanden über-

wiegend aus kleinen Tieren, so dass sie nur als Gesamtfischproben analysiert wurden. Hierfür wurden Cs-137-Werte zwischen 3,7 und 6,4 Bq/kg gefunden, also insgesamt geringfügig höhere Werte im Vergleich zur südlichen und westlichen Ostsee (1,0 bis 4,4 Bq/kg). Die zwei Maximalwerte von 10 und 14 Bq/kg gehören zu Fischproben, die in der östlichen Ostsee bei etwa 16,4 °Ost gefangen wurden.

Tabelle 2.4.5-6 Spezifische Radionuklid-Aktivitäten von Fischen aus verschiedenen Meeresgebieten inkl. Nachtrag zu früheren Jahren
(Specific radionuclide activities fish from different marine areas incl. Supplement to earlier years)

Ergebnisse von „Walther-Herwig-III“-Fahrten in den Jahren 2006 bis 2009; Messungen der Leitstelle

Meer / Probe	Radio-nuklid	Jahr	N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert
					Aktivitätskonzentration (Bq/kg FM)		
Island, Nähe Südküste							
Fischfleisch	Cs-137	2008	5	0	0,098	0,18	0,13
	Sr-90	2008	3	3	< 0,00055	< 0,0024	< 0,0006
Nordsee							
Fischfleisch	Cs-137	2008	11	0	0,10	0,36	0,19
	Sr-90	2006	3	0	0,00076	0,0013	0,00081
		2007	5	0	0,00066	0,00098	0,00090
		2008	6	2	0,00043	< 0,0013	0,00044
Gesamtfisch	Cs-137	2008	8	0	0,11	0,31	0,24
		2009	5	0	0,073	0,21	0,13
	Sr-90	2006	9	0	0,0020	0,015	0,0027
		2007	5	1	0,0013	0,011	0,0018
		2008	5	1	0,0023	0,012	0,0028
Ostsee; südliche und westliche							
Fischfleisch	Cs-137	2008	16	0	1,2	14	5,4
		2009	10	0	3,7	10	6,7
	Sr-90	2006	6	0	0,0021	0,016	0,0044
		2007	10	0	0,0012	0,024	0,0018
Gesamtfisch	Cs-137	2008	6	3	0,00059	0,020	0,0012
		2008	8	0	1,0	5,2	3,3
	2009	11	0	1,0	4,8	4,4	
	Sr-90	2006	3	0	0,015	0,043	0,02
		2007	5	0	0,0067	0,026	0,014
	2008	3	0	0,013	0,015	0,014	
Golf v. Finnland							
Gesamtfisch	Cs-137	2009	18	0	3,7	6,4	5,1
	Sr-90	2009	2	0	0,022	0,024	0,023

Literatur

- [1] Kanisch, G., Kirchhoff, K., Michel, R., Rühle, H., Wiechen, A.: „Genauigkeit von Messwerten, Empfehlungen zur Dokumentation“. Kapitel IV.4. In: Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen. Stand: 1.10.2000. Urban & Fischer Verlag München, Jena, ISBN 3-437-21596-5
- [2] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2008: „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresbericht 2007“.

2.4.6 Fische und Wasserpflanzen in der Umgebung kerntechnischer Anlagen (Fish and aquatic plants from the surroundings of nuclear facilities)

Im Berichtsjahr 2009 wurden für 24 kerntechnische Anlagen Werte γ -spektrometrischer Messungen (vor allem Cs-137) an 91 Fischfleischproben und 9 Wasserpflanzenproben gemeldet; Sr-90-Messungen wurden an 14 Fischfleischproben durchgeführt. Hinsichtlich der Fischarten ergab sich, dass Proben von 17 Süßwasserfischarten, von Mischungen verschiedener Süßwasserfischarten inkl. „Friedfisch“ und „Raubfisch“, 4 marine Arten aus Flussunterläufen bzw. Ästuaren sowie Fische ohne Artenbezeichnung untersucht wurden. Die Wasserpflanzen wurden nicht spezifiziert. Die statistische Auswertung der Daten wurde wie im vorangehenden Kapitel 2.4.5 beschrieben durchgeführt. Die Radioaktivitätsdaten in Fischen und Wasserpflanzen sind in Tabelle 2.4.6-1 - nach Fließgewässer und überwachter Anlage sortiert - zusammengefasst worden.

Die im Messprogramm für das außer Betrieb befindliche Kernkraftwerk Rheinsberg erhaltenen höheren Cs-137-Werte im Fisch sind darauf zurückzuführen, dass die Proben nicht aus einem Fließgewässer, sondern aus Seen (Stechlinsee und Ellbogensee) entnommen wurden. Bedingt durch den Ostsee-Einfluss im Greifswalder Bodden weisen die dort im Überwachungsprogramm des außer Betrieb befindlichen Kernkraftwerks Greifswald genommenen Proben ebenfalls höhere Cs-137-Gehalte auf.

Bei den wenigen in Tabelle 2.4.6-1 mit aufgenommenen Messdaten von Wasserpflanzen, die als Indikatoren für im Wasser vorhandene künstliche Radionuklide dienen, insbesondere aus genehmigten Ableitungen kerntechnischer und klinischer Anlagen (z. B. I-131), sind keine Besonderheiten festzustellen.

Tabelle 2.4.6-1 Spezifische Aktivität von Fischen und Wasserpflanzen 2009
(im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen)
(Specific activity in fish and aquatic plants in the year 2009
- within the framework of ambient surveillance for nuclear facilities)

(N: Anzahl der Messungen; nn: Anzahl der Werte <NWG)

Gewässer	Anlage	Radio-nuklid	2009					2008
			N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Fisch (Bq/kg FM)								
Donau	KRB Gundremmingen	Cs-137	6	2	< 0,14	0,32	0,23	0,13
Elbe	GKSS Geesthacht	Cs-137	6	0	0,17	0,34	0,21	0,21
	KKK Krümmel	Cs-137	4	0	0,19	0,28	0,23	0,17
	PKA Gorleben	Cs-137	5	0	0,12	0,50	0,21	0,36
	KKS Stade	Cs-137	2	0	0,49	0,50	0,50	0,30
	KBR Brokdorf	Sr-90	6	6	< 0,0086	< 0,012	< 0,011	< 0,014
			Cs-137	6	0	0,07	0,7	0,29
	KKB Brunsbüttel	Cs-137	6	1	6	0	0,16	0,37
Ems	KKE Emsland	Cs-137	7	0	2	0	0,22	0,45
Greifswalder Bodden	KGR Greifswald	Cs-137	4	0	4	0	0,76	1,9
		Co-60	4	3	< 0,084	0,087	< 0,087	
Havel (Griebnitzsee)	HMI Berlin	Cs-137						0,43
Sacrower See		Cs-137						33
Großer Wannensee		Cs-137						0,76
Isar	KKI 1/2 Isar	Cs-137	4	0	0,18	0,60	0,25	0,17
	FRM II Garching	Cs-137	1	0	0,55	0,55	0,55	0,43
Main	KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	4	4	< 0,16	< 0,30	< 0,17	< 0,19
	VAK Kahl	Cs-137						
Mosel	Cattenom (Frankreich)	Sr-90	3	2	< 0,02	0,030	< 0,02	< 0,034
		Cs-137	3	1	< 0,07	0,10	0,088	< 0,11
Neckar	GKN Neckarwestheim	Cs-137	2	1	0,050	< 0,078	< 0,078	0,067
	KWO Obrigheim	Cs-137	2	1	0,068	< 0,092	< 0,092	< 0,11

Gewässer	Anlage	Radio-nuklid	2009					2008
			N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Rhein	KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	2	0	0,094	0,14	0,12	0,093
	KWB Biblis	Sr-90	5	0	0,012	0,017	0,014	0,042
		Cs-137	8	2	0,069	0,15	0,091	0,13
	KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	4	0	0,073	0,15	0,12	0,14
	KKP Philippsburg	Cs-137	4	1	< 0,11	0,30	0,13	0,11
FZ Karlsruhe	Cs-137							
Rur	FZ Jülich	Cs-137	3	0	0,28	2,4	0,37	0,24
Stechlinsee	KKR Rheinsberg	Cs-137	2	0	39	41	40	62
Ellbogensee	KKR Rheinsberg	Cs-137	2	0	10	14	12	8,2
Weser	KKU Unterweser	Cs-137	6	0	0,13	0,19	0,15	0,12
	KWG Grohnde	Cs-137	3	0	0,041	0,11	0,072	0,047
Wasserpflanzen (Bq/kg TM)								
Ahauser Aa	Ahaus	Co-60	1	1	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,29
		Cs-137	1	0	0,56	0,56	0,56	
Moorbach	Ahaus	Co-60	1	1	< 0,23	< 0,23	< 0,23	< 0,38
Donau	KRB Gundremmingen	Cs-137	2	0	1,5	2,1	1,8	6,2
		Co-60	2	2	< 0,26	< 0,41	< 0,34	< 3,6
Isar	FRM II Garching	Co-60	2	2	< 0,4	< 0,65	< 0,53	< 2,3
		I-131	2	0	11	32	22	144
		Cs-137	2	0	6,6	8,5	7,6	8,4
	KKI 1/2 Isar	I-131	1	0	23	23	23	29
Cs-137		1	0	14	14	14	7,0	
Main	KKG Grafenrheinfeld	Co-60	2	0	0,47	1,2	0,84	
		I-131	1	0	1,0	1,0	1,0	
		Cs-137	2	0	0,64	1,1	0,87	< 0,30

2.4.7 Einzellebensmittel, Gesamtnahrung, Säuglings- und Kleinkindernahrung (Individual foodstuffs, whole diet, baby and infant foods)

Das vor und nach dem Tschernobylunfall deponierte Cs-137 in Nahrungsmitteln führt auch im Berichtsjahr zu Kontaminationen, die auf einem sehr niedrigen Niveau liegen (siehe Tabellen 2.4.7-1 bis 2.4.7-14). Im Vergleich zu den Vorjahren vermindert sich die Aktivitätskonzentration von Jahr zu Jahr nur noch äußerst geringfügig. Wegen der kürzeren Halbwertszeit war Cs-134 nicht mehr nachweisbar. Auf einem sehr niedrigen Niveau befindet sich ebenfalls die Sr-90-Aktivitätskonzentration.

Eine Ausnahme bilden die meisten Wildfleischarten (Tabelle 2.4.7-8), Speisepilze (Tabelle 2.4.7-11) mit Ausnahme von Kulturpilzen, Wildbeeren (Tabelle 2.4.7-12) und Blütenhonig (Tabelle 2.4.7-13). Für diese Umweltbereiche liegt die Aktivitätskonzentration des Cs-137 erheblich höher als in anderen Lebensmitteln.

Die Messwerte für Einzellebensmittel, Gesamtnahrung, Säuglings- und Kleinkindernahrung können in diesem Bericht wegen dessen begrenzten Umfangs nur in komprimierter Form wiedergegeben werden.

In den Tabellen sind für die Radionuklide Sr-90 und Cs-137 die Anzahl der Messwerte N, die Mittelwerte und die Bereiche der Einzelwerte aufgeführt. Bei den Messwerten fehlen in der Regel ergänzende Angaben, so dass bei der Mittelwertbildung keine Wichtung durchgeführt werden konnte. Darüber hinaus überschätzen die Mittelwerte, die mit dem Zeichen "<" gekennzeichneten sind, die Realität, weil in der Berechnung zahlreiche Werte von Nachweisgrenzen eingegangen sind, die über den realen Werten lagen. Aus diesen Gründen beinhaltet der gebildete Mittelwert einige Unsicherheiten, die bei der Interpretation der Jahresmittelwerte berücksichtigt werden müssen.

Tabelle 2.4.7-1 Weizen, Inland
(*Wheat, domestic production*)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Baden-Württemberg	2008	32	<0,14	(< 0,05 - 0,57)	7	0,16	(0,11 - 0,25)
	2009	28	<0,13	(< 0,04 - < 0,27)	5	0,35	(0,07 - 1,29)
Bayern	2008	49	<0,16	(< 0,06 - < 0,25)	8	0,25	(0,09 - 0,37)
	2009	43	<0,17	(< 0,08 - < 0,36)	9	0,19	(0,12 - 0,28)
Berlin	2008	1	< 0,12		1	0,1	
	2009	2	<0,13	(< 0,09 - < 0,16)	1	0,16	
Brandenburg	2008	23	<0,13	(< 0,05 - 0,30)	2	0,14	(0,09 - 0,18)
	2009	22	<0,13	(< 0,07 - 0,40)	1	0,24	
Bremen	2008	3	<0,06	(< 0,06 - < 0,06)			
	2009	3	<0,06	(< 0,04 - < 0,09)			
Hamburg	2008	4	<0,07	(< 0,06 - 0,10)	1	0,1	
	2009	2	<0,08	(< 0,07 - 0,08)	1	0,08	
Hessen	2008	16	<0,11	(< 0,05 - < 0,17)			
	2009	17	<0,10	(< 0,06 - < 0,15)			
Mecklenburg-Vorpommern	2008	34	<0,12	(0,05 - < 0,15)	2	0,15	(0,12 - 0,18)
	2009	36	<0,13	(< 0,09 - 0,66)	2	0,15	(0,12 - 0,18)
Niedersachsen	2008	42	<0,24	(< 0,09 - 1,20)	3	0,13	(0,06 - 0,22)
	2009	49	<0,19	(< 0,10 - 0,54)	3	<0,08	(< 0,02 - 0,15)
Nordrhein-Westfalen	2008	25	<0,11	(< 0,03 - 0,26)	3	0,14	(0,07 - 0,20)
	2009	30	<0,11	(< 0,03 - < 0,20)	4	0,10	(0,03 - 0,23)
Rheinland-Pfalz	2008	21	<0,12	(< 0,04 - < 0,50)	4	0,06	(0,02 - 0,08)
	2009	20	<0,10	(< 0,04 - < 0,14)	3	0,08	(0,05 - 0,09)
Saarland	2008	3	<0,20	(< 0,20 - < 0,20)	1	0,13	
	2009	2	<0,20	(< 0,20 - < 0,20)	1	0,13	
Sachsen	2008	30	<0,11	(< 0,08 - < 0,14)	3	0,10	(0,07 - 0,14)
	2009	31	<0,10	(< 0,08 - < 0,16)	3	0,14	(0,11 - 0,18)
Sachsen-Anhalt	2008	31	<0,13	(< 0,10 - 0,30)	3	0,15	(0,04 - 0,28)
	2009	31	<0,13	(< 0,06 - < 0,19)	3	0,17	(0,08 - 0,29)
Schleswig-Holstein	2008	33	<0,14	(0,08 - < 0,19)	4	0,12	(0,08 - 0,22)
	2009	32	<0,14	(< 0,08 - < 0,17)	3	0,11	(0,09 - 0,14)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Thüringen	2008	34	<0,12	(< 0,10 - < 0,14)	1	0,08	
	2009	34	<0,12	(< 0,09 - < 0,14)	1	0,06	
Bundesrepublik (gesamt)	2008	381	<0,14	(< 0,03 - 1,20)	43	0,15 (0,02 - 0,37)	
	2009	382	<0,14	(< 0,03 - 0,66)	40	<0,16 (< 0,02 - 1,29)	

**Tabelle 2.4.7-2 Weizen, Einfuhr
(Wheat, import)**

Importe	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Dänemark	2009	1	< 0,08
Estland	2009	1	< 0,01
Frankreich	2008	1	< 0,20
	2009	1	< 0,20
Kanada	2009	1	< 0,07
Polen	2009	1	< 0,09
Rumänien	2009	1	< 0,20
Tschechische Republik	2008	2	< 0,13 (< 0,11 - < 0,15)
	2009	4	< 0,09 (0,05 - < 0,12)

**Tabelle 2.4.7-3 Sonstige Getreide, Inland und Einfuhr
(Other cereals, domestic production and import)**

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Buchweizen	2008	1	0,08		-		
	2009	1	< 0,17		-		
Gerste	2008	105	< 0,17	(< 0,03 - 1,20)	5	0,26	(0,10 - 0,54)
	2009	106	< 0,15	(< 0,03 - 0,72)	7	0,15	(0,06 - 0,25)
Hafer	2008	23	< 0,43	(< 0,10 - 1,90)	2	0,20	(0,19 - 0,20)
	2009	24	< 0,34	(< 0,08 - 3,42)	1	0,12	
Hirse	2008	12	< 0,11	(< 0,06 - < 0,21)	-		
Mais	2009	6	< 0,10	(< 0,09 - < 0,11)	-		
Reis	2008	3	< 0,13	(< 0,06 - < 0,21)	-		
	2009	3	< 0,09	(< 0,08 - < 0,10)	-		
Roggen	2008	8	< 0,15	(< 0,08 - < 0,28)	-		
	2009	9	< 0,11	(< 0,08 - < 0,16)	-		

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)				Sr-90 (Bq/kg FM)			
		N	Mittelwert (Bereich)			N	Mittelwert (Bereich)		
Triticalen	2008	142	< 0,17	(< 0,05	- 0,97)	9	0,19	(0,10	- 0,31)
	2009	160	< 0,18	(< 0,05	- 1,92)	15	0,13	(0,04	- 0,30)

- Messung / Angabe nicht erforderlich bzw. nicht vorhanden

Tabelle 2.4.7-4 Kalbfleisch, Inland
(*Veal, domestic production*)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)	
Baden-Württemberg	2008	6	< 0,85	(< 0,23 - 2,28)
	2009	6	< 0,32	(< 0,11 - < 0,56)
Bayern	2008	7	< 1,70	(< 0,24 - 5,21)
	2009	8	< 0,30	(< 0,13 - 0,74)
Berlin	2008	1	0,68	
	2009			
Brandenburg	2008	3	1,83	(0,38 - 2,90)
	2009	5	4,42	(1,00 - 13,00)
Bremen	2008	3	0,69	(0,49 - 1,08)
	2009	3	0,43	(0,26 - 0,61)
Hamburg	2008	3	0,26	(0,15 - 0,34)
	2009	3	0,91	(0,71 - 1,06)
Hessen	2008	3	< 0,13	(< 0,12 - < 0,13)
	2009	3	0,50	(0,15 - 1,15)
Mecklenburg-Vorpommern	2008	6	10,30	(0,37 - 29,20)
	2009	3	0,24	(0,12 - 0,31)
Niedersachsen	2008	11	< 0,42	(0,10 - 1,40)
	2009	11	< 1,29	(< 0,18 - 4,90)
Nordrhein-Westfalen	2008	16	< 0,41	(< 0,05 - 1,44)
	2009	16	< 0,28	(< 0,06 - 0,64)
Rheinland-Pfalz	2008	1	0,65	
	2009			
Saarland	2008	2	< 0,20	(< 0,20 - < 0,20)
	2009	4	< 0,20	(< 0,20 - < 0,20)
Sachsen	2008	3	< 0,28	(< 0,15 - 0,37)
	2009	3	< 0,29	(< 0,15 - 0,41)
Sachsen-Anhalt	2008	3	0,57	(0,41 - 0,74)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)	
Schleswig-Holstein	2009	3	0,64	(0,56 - 0,70)
	2008	3	<0,61	(< 0,10 - 1,06)
	2009	3	<0,25	(< 0,14 - 0,45)
Thüringen	2008	1	0,28	
	2009	1	0,37	
Bundesrepublik (gesamt)	2008	72	< 1,46	(< 0,05 - 29,20)
	2009	72	<0,78	(< 0,06 - 13,00)

Tabelle 2.4.7-5 Rindfleisch, Inland
(*Beef, domestic production*)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)	
Baden-Württemberg	2008	45	<0,34	(< 0,10 - 4,20)
	2009	44	<0,27	(< 0,09 - 1,29)
Bayern	2008	92	<0,71	(< 0,07 - 9,60)
	2009	92	<0,52	(0,09 - 6,50)
Berlin	2008	6	1,35	(0,17 - 2,91)
	2009	6	<1,71	(< 0,20 - 4,61)
Brandenburg	2008	8	0,55	(0,20 - 1,10)
	2009	12	<0,61	(< 0,09 - 3,20)
Bremen	2008	5	2,01	(0,05 - 5,55)
	2009	6	<0,65	(< 0,19 - 1,49)
Hamburg	2008	6	<0,36	(< 0,06 - 0,89)
	2009	6	1,50	(0,07 - 5,03)
Hessen	2008	12	<0,14	(< 0,11 - 0,18)
	2009	72	<0,25	(< 0,09 - 1,32)
Mecklenburg-Vorpommern	2008	14	1,72	(0,03 - 7,99)
	2009	15	0,94	(0,08 - 3,17)
Niedersachsen	2008	49	<0,88	(< 0,12 - 5,70)
	2009	46	<1,00	(< 0,06 - 10,10)
Nordrhein-Westfalen	2008	54	<0,35	(< 0,05 - 4,33)
	2009	53	<0,25	(< 0,05 - 4,80)
Rheinland-Pfalz	2008	11	<0,11	(< 0,07 - 0,22)
	2009	14	<0,17	(< 0,08 - 0,52)
Saarland				

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Sachsen	2008	6	<0,20 (< 0,20 - < 0,20)
	2009	6	<0,30 (< 0,20 - 0,80)
Sachsen-Anhalt	2008	12	<0,31 (0,10 - 1,01)
	2009	11	<0,18 (0,07 - 0,58)
Schleswig-Holstein	2008	10	1,05 (0,17 - 2,49)
	2009	9	<0,82 (< 0,11 - 2,75)
Thüringen	2008	26	<0,70 (< 0,11 - 3,13)
	2009	26	<0,50 (0,11 - 2,16)
Bundesrepublik (gesamt)	2008	11	<0,57 (< 0,10 - 5,20)
	2009	10	<0,12 (< 0,10 - < 0,16)
Bundesrepublik (gesamt)	2008	367	<0,64 (0,03 - 9,60)
	2009	428	<0,49 (< 0,05 - 10,10)

Tabelle 2.4.7-6 Schweinefleisch, Inland
(Pork, domestic production)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2008	26	<0,18 (< 0,10 - < 0,49)
	2009	24	<0,29 (< 0,11 - 3,17)
Bayern	2008	42	<0,40 (< 0,07 - 8,83)
	2009	43	<0,28 (< 0,08 - 2,85)
Berlin	2008	6	<0,13 (0,08 - < 0,17)
	2009	6	<0,42 (< 0,08 - 1,05)
Brandenburg	2008	13	<0,32 (< 0,05 - 2,50)
	2009	14	<0,11 (< 0,07 - 0,20)
Bremen	2008	9	<0,12 (0,05 - 0,19)
	2009	8	<0,18 (0,13 - 0,26)
Hamburg	2008	6	0,11 (0,07 - 0,17)
	2009	6	<0,11 (0,07 - 0,19)
Hessen	2008	12	<0,12 (< 0,08 - < 0,17)
	2009	12	<0,14 (< 0,10 - < 0,21)
Mecklenburg-Vorpommern	2008	19	<0,14 (0,04 - 0,39)
	2009	18	<0,15 (0,05 - 0,77)
Niedersachsen	2008	63	<0,22 (< 0,08 - 1,30)
	2009	68	<0,43 (< 0,08 - < 16,00)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)	
Nordrhein-Westfalen	2008	87	<0,14	(< 0,05 - 0,60)
	2009	94	<0,13	(< 0,04 - 0,47)
Rheinland-Pfalz	2008	11	<0,12	(< 0,09 - 0,15)
	2009	14	<0,10	(0,06 - 0,13)
Saarland	2008	6	<0,53	(< 0,20 - 2,20)
	2009	6	<0,17	(< 0,00 - < 0,20)
Sachsen	2008	11	<0,13	(0,09 - 0,22)
	2009	11	<0,12	(0,09 - < 0,14)
Sachsen-Anhalt	2008	24	<0,11	(< 0,06 - 0,17)
	2009	24	<0,13	(< 0,09 - 0,22)
Schleswig-Holstein	2008	12	<0,18	(< 0,14 - 0,28)
	2009	12	<0,18	(0,11 - 0,53)
Thüringen	2008	14	<0,12	(< 0,09 - 0,22)
	2009	14	<0,13	(< 0,09 - 0,36)
Bundesrepublik (gesamt)	2008	361	<0,19	(0,04 - 8,83)
	2009	374	<0,22	(< 0,00 - 16,0)

Tabelle 2.4.7-7 Sonstiges Fleisch, Inland und Einfuhr
(*Other meat, domestic production and import*)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)	
Hauskaninchen	2009	1	< 0,11	
Lamm	2008	18	<0,32	(< 0,05 - 3,15)
	2009	19	<0,24	(< 0,07 - 1,20)
Geflügel Ente	2008	23	<0,14	(< 0,02 - < 0,21)
	2009	14	<0,15	(< 0,07 - < 0,28)
Gans	2008	18	<0,16	(< 0,07 - 0,42)
	2009	16	<0,18	(< 0,05 - 0,39)
Huhn	2008	120	<0,14	(< 0,03 - 0,82)
	2009	118	<0,15	(0,04 - < 0,32)
Pute	2008	39	<0,19	(< 0,05 - < 2,25)
	2009	50	<0,13	(< 0,05 - < 0,24)
Taube	2009	1	< 0,16	

Tabelle 2.4.7-8 Wild, Inland und Einfuhr
(*Game, domestic production and import*)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			
		N	Mittelwert (Bereich)		
Federwild	2008	1	0,15		
	2009	1	< 0,08		
Haarwildfleisch Elch	2009	1	170		
Hase	2009	2	< 0,22	(< 0,09 -	0,36)
Hirsch	2008	21	< 13,9	(< 0,05 -	102)
	2009	21	< 10,0	(< 0,11 -	66,0)
Känguruh	2009	1	< 0,11		
Reh	2008	97	< 18,0	(< 0,12 -	212)
	2009	130	< 21,2	(< 0,08 -	342)
Ren	2009	1	27,3		
Rot-/Damwild	2008	4	4,08	(0,16 -	13,5)
	2009	16	15,0	(1,0 -	118)
Wildschwein	2008	180	< 127	(< 0,14 -	5106)
	2009	76	< 98,9	(< 0,05 -	1721)

Tabelle 2.4.7-9 Kartoffeln, Inland
(*Potatoes, domestic production*)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Baden-Württemberg	2008	8	<0,15	(< 0,06 - 0,30)	1	0,02	
	2009	8	<0,12	(< 0,04 - < 0,17)	1	0,04	
Bayern	2008	34	<0,18	(< 0,09 - 0,29)	4	0,04	(0,03 - 0,04)
	2009	32	<0,18	(< 0,09 - 0,42)	4	<0,04	(< 0,01 - 0,06)
Berlin	2008	4	<0,10	(< 0,06 - 0,18)	2	0,01	(0,01 - 0,02)
	2009	3	<0,12	(< 0,08 - 0,16)	1	0,03	
Brandenburg	2008	7	<0,13	(< 0,09 - < 0,17)	1	0,02	
	2009	7	<0,12	(< 0,09 - < 0,17)	1	< 0,02	
Bremen	2008	2	<0,10	(< 0,10 - < 0,10)			
	2009	2	<0,07	(< 0,05 - < 0,09)			
Hamburg	2008	2	<0,08	(< 0,07 - 0,09)			
	2009	2	<0,10	(< 0,09 - < 0,11)			

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Hessen	2008	5	<0,14	(< 0,12 - < 0,18)	1	0,04	
	2009	5	<0,10	(< 0,09 - < 0,13)	1	0,04	
Mecklenburg-Vorpommern	2008	11	<0,10	(0,05 - 0,17)	1	0,01	
	2009	11	<0,08	(< 0,06 - < 0,10)	2	0,02	(0,02 - 0,02)
Niedersachsen	2008	58	<0,16	(< 0,05 - 0,43)	6	<0,02	(< 0,01 - 0,02)
	2009	59	<0,21	(< 0,06 - 1,00)	16	<0,08	(0,01 - 0,50)
Nordrhein-Westfalen	2008	17	<0,12	(< 0,06 - < 0,19)	4	0,02	(0,01 - 0,04)
	2009	18	<0,14	(< 0,05 - < 0,23)	5	<0,04	(0,00 - 0,11)
Rheinland-Pfalz	2008	6	<0,07	(< 0,03 - < 0,10)	3	0,02	(0,01 - 0,03)
	2009	5	<0,07	(< 0,03 - < 0,10)	2	0,02	(0,02 - 0,02)
Saarland	2008	2	<0,20	(< 0,20 - < 0,20)			
	2009	2	<0,20	(< 0,20 - < 0,20)			
Sachsen	2008	6	<0,10	(< 0,08 - < 0,14)	1	0,01	
	2009	6	<0,09	(< 0,07 - < 0,12)	1	0,02	
Sachsen-Anhalt	2008	9	<0,14	(< 0,11 - < 0,19)	2	<0,02	(< 0,02 - < 0,02)
	2009	9	<0,12	(< 0,10 - 0,16)	2	<0,02	(< 0,02 - < 0,02)
Schleswig-Holstein	2008	5	<0,13	(< 0,08 - < 0,17)	1	< 0,04	
	2009	5	<0,13	(< 0,10 - < 0,17)	1	< 0,04	
Thüringen	2008	3	<0,11	(< 0,09 - < 0,12)	1	0,01	
	2009	3	<0,10	(< 0,08 - < 0,12)	1	0,01	
Bundesrepublik (gesamt)	2008	179	<0,14	(< 0,03 - 0,43)	28	<0,02	(0,01 - 0,04)
	2009	177	<0,16	(< 0,03 - 1,00)	38	<0,05	(0,00 - 0,50)

- Messung / Angabe nicht erforderlich bzw. nicht vorhanden

Tabelle 2.4.7-10 Gemüse (frisch), Inland und Einfuhr
(*Fresh vegetables, domestic production and import*)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Blattgemüse	2008	736	< 0,17	(< 0,02 - 0,68)	72	< 0,15	(0,01 - 0,83)
	2009	685	< 0,15	(< 0,02 - 6,30)	71	< 0,13	(0,01 - 0,81)
Fruchtgemüse	2008	197	< 0,14	(< 0,03 - 1,50)	11	0,07	(0,01 - 0,13)
	2009	217	< 0,19	(< 0,03 - 12)	15	< 0,04	(< 0,01 - 0,16)
Sprossgemüse	2008	245	< 0,13	(< 0,03 - 0,68)	18	< 0,05	(0,01 - 0,18)
	2009	246	< 0,13	(0,04 - 0,46)	20	< 0,06	(0,01 - 0,33)
Wurzelgemüse	2008	183	< 0,15	(< 0,03 - 2,10)	18	0,10	(0,03 - 0,29)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
	2009	183	< 0,14	(< 0,03 - < 0,39)	18	0,11	(0,01 - 0,36)

Tabelle 2.4.7-11 Speisepilze, Inland und Einfuhr
(*Mushrooms, domestic production and import*)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)	
Kulturpilze	2008	6	< 0,19	(< 0,14 - < 0,25)
	2009	2	< 0,17	(< 0,15 - < 0,19)
Wild-Blätterpilze	2008	30	< 44,3	(< 0,09 - 426)
	2009	60	< 18,5	(< 0,11 - 215)
Wild-Leisten- u. Trompetenpilze	2008	39	< 109	(< 0,33 - 762)
	2009	20	< 49	(< 0,20 - 382)
Wild-Röhrenpilze	2008	59	< 128	(< 0,14 - 918)
	2009	73	177	(0,90 - 1384)
Sonstige Wildpilze	2008	9	< 4,63	(< 0,20 - 139)
	2009	10	< 19,8	(0,19 - 74,7)
Wildpilzmischungen	2008	4	21,4	(3,44 - 40,8)
	2009	13	< 138	(< 0,13 - 939)
Wildpilzprodukte	2008	6	< 27,3	(< 0,11 - 105)
	2009	6	< 6,9	(< 0,20 - 40,5)

Tabelle 2.4.7-12 Obst und Rhabarber, Inland und Einfuhr
(*Fruit and rhubarb, domestic production and import*)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)			
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)		
Beerenobst								
	Brombeere/Himbeere	2008	12	< 0,16	(< 0,09 - < 0,31)	-		
		2009	9	< 0,11	(< 0,07 - < 0,20)	1	0,07	
Erdbeeren	2008	98	< 0,13	(< 0,03 - 0,53)	10	0,06	(0,01 - 0,12)	
	2009	95	< 0,12	(< 0,03 - < 0,25)	7	0,05	(0,03 - 0,08)	
Johannisbeere	2008	19	< 0,16	(< 0,07 - 0,84)	3	0,04	(0,03 - 0,05)	
	2009	25	< 0,12	(< 0,07 - < 0,23)	2	0,04	(0,03 - 0,04)	
Stachelbeere	2008	1	< 0,14		-			
	2009	5	< 0,10	(< 0,03 - < 0,14)	-			
Tafelweintruben	2008	17	< 0,12	(< 0,06 - < 0,20)	-			
	2009	19	< 0,10	(< 0,03 - < 0,20)	-			
Wald- u. Wildbeeren	2008	14	< 2,51	(< 0,08 - 87,3)	-			

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Kernobst	2009	21	< 13,6	(< 0,11 - 101)	-		
	2008	214	< 0,12	(< 0,03 - 0,28)	25	< 0,02	(0,01 - 0,13)
	2009	203	< 0,12	(< 0,02 - < 0,39)	21	< 0,02	(0,005 - 0,08)
Rhabarber	2008	23	< 0,12	(< 0,04 - 0,30)	-		
	2009	19	< 0,12	(< 0,06 - < 0,19)	1	0,29	
Steinobst	2008	86	< 0,13	(< 0,06 - 0,72)	5	0,05	(0,02 - 0,15)
	2009	122	< 0,12	(0,04 - 0,30)	7	0,03	(0,02 - 0,04)
Zitrusfrüchte	2008	11	< 0,11	(< 0,02 - < 0,25)	-		
	2009	9	< 0,11	(< 0,06 - < 0,20)	-		
Sonstige Obstarten	2008	5	< 0,17	(< 0,08 - 0,38)	-		
	2009	8	< 0,14	(< 0,05 - < 0,19)	-		

- Messung / Angabe nicht erforderlich bzw. nicht vorhanden

Tabelle 2.4.7-13 Sonstige Lebensmittel, Inland und Einfuhr
(*Other foodstuffs, domestic production and import*)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)	
Honig	2008	41	< 8,24	(< 0,08 - 191)
	2009	36	< 2,53	(0,08 - 71,8)
Schalenobst (Nüsse)	2008	8	< 0,16	(< 0,11 - 0,28)
	2009	6	< 0,93	(< 0,20 - 4,91)
Leinsamen	2008	-		
	2009	1	< 0,20	

- Messung / Angabe nicht erforderlich bzw. nicht vorhanden

Tabelle 2.4.7-14 Arithmetische Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Sr-90 und Cs-137 in ausgewählten Lebensmitteln, Inland
(*Arithmetic annual mean values of the specific activities of Sr-90 and Cs-137 in selected foodstuffs - domestic production*)

Jahr	Sr-90 (Bq/kg FM)			Cs-137 (Bq/kg FM)					
	Weizen	Kartoffeln	Kernobst	Rindfleisch	Schweinefleisch	Kalb- fleisch	Weizen	Kartoffeln	Kernobst
1960	1,2	0,56	0,09	9,6	-	-	-	0,07	3,2
1961	0,85	0,15	0,07	-	-	-	2,2	5,6	2,2
1962	0,56	0,19	0,06	12	-	-	2,6	1,0	0,48
1963	5,6	0,22	0,67	18	13	31	18	4,1	7,0
1964	7,0	0,22	0,30	36	27	39	21	2,0	5,2
1965	3,3	0,33	0,26	18	19	23	9,2	0,85	2,3
1966	2,0	0,30	0,22	8,9	11	13	5,2	0,59	1,7
1967	1,5	0,26	0,11	6,7	5,2	7,4	3,0	0,37	1,7
1968	0,85	0,16	0,11	4,8	3,3	7,8	2,1	0,59	0,59
1969	0,92	0,19	0,06	4,1	3,1	4,8	1,8	0,59	0,59

Jahr	Sr-90 (Bq/kg FM)			Cs-137 (Bq/kg FM)					
	Weizen	Kartoffeln	Kernobst	Rindfleisch	Schweinefleisch	Kalb- fleisch	Weizen	Kartoffeln	Kernobst
1970	1,0	0,14	0,07	3,7	2,8	5,2	1,4	0,89	0,48
1971	1,1	0,13	0,07	2,9	2,7	3,6	3,5	0,81	0,52
1972	1,0	0,13	0,07	2,9	2,2	3,3	2,0	0,89	0,37
1973	0,63	0,20	0,07	2,2	1,0	2,8	0,41	2,0	0,35
1974	1,8	0,09	0,04	2,4	1,0	1,8	1,1	0,85	0,41
1975	0,56	0,09	0,05	1,8	1,7	1,7	1,6	0,85	0,25
1976	0,44	0,11	0,04	0,81	0,70	1,3	0,30	1,0	0,37
1977	0,70	0,06	0,05	0,74	0,70	0,89	0,81	0,15	0,18
1978	0,67	0,06	0,06	1,3	1,2	1,7	0,96	0,15	0,14
1979	0,41	0,08	0,04	0,85	0,96	0,92	0,37	0,15	0,21
1980	0,39	0,08	0,04	0,70	0,67	1,1	0,26	0,55	0,12
1981	0,47	0,19	0,06	0,87	0,72	1,2	0,61	0,14	0,15
1982	0,32	0,12	0,04	1,2	0,81	1,1	0,19	0,40	0,18
1983	0,31	0,15	0,07	0,39	0,63	0,85	0,10	0,10	0,09
1984	0,31	0,07	0,10	1,2	0,32	0,43	0,06	0,05	0,07
1985	0,28	0,15	0,04	0,49	0,31	0,30	0,14	0,09	0,09
1986	0,23	0,12	0,13	50	19	41	7,1	2,9	12
1987	0,24	0,19	0,06	20	11	36	2,0	1,3	4,9
1988	0,54	0,20	0,06	7,4	3,9	10	0,91	1,2	1,4
1989	0,29	0,10	0,08	3,6	1,0	3,3	0,30	0,36	0,45
1990	0,24	0,08	0,05	1,6	0,70	1,9	0,23	0,23	0,25
1991	0,19	0,09	0,06	1,9	0,78	1,8	0,19	0,24	0,23
1992	0,19	0,07	0,05	1,8	0,84	1,4	0,16	0,27	0,18
1993	0,25	0,18	0,04	1,1	0,42	0,87	0,22	0,21	0,19
1994	0,21	0,08	0,03	0,88	0,29	0,99	0,14	0,31	0,17
1995	0,20	0,08	0,03 *	1,2	0,28	1,3	0,11	0,16	0,14*
1996	0,19	0,07	0,03 *	1,1	0,33	1,3	0,11	0,17	0,13*
1997	0,16	0,068	0,031 *	1,2	0,29	1,0	0,13	0,15	0,13*
1998	< 0,18	< 0,06	< 0,03 *	< 1,05	< 0,25	< 1,08	< 0,13	< 0,16	< 0,14 *
1999	< 0,20	< 0,04	< 0,07 *	< 1,05	< 0,22	< 0,96	< 0,12	< 0,14	< 0,12 *
2000	< 0,16	< 0,05	< 0,03 *	< 0,85	< 0,24	< 1,18	< 0,14	< 0,16	< 0,14 *
2001	< 0,20	< 0,04	< 0,04 *	< 0,81	< 0,25	< 0,66	< 0,13	< 0,15	< 0,13 *
2002	< 0,19	< 0,04	< 0,03 *	< 0,77	< 0,23	< 1,51	< 0,16	< 0,16	< 0,13 *
2003	0,21	< 0,04	< 0,02 *	< 0,81	< 0,20	< 0,78	< 0,14	< 0,16	< 0,13 *
2004	< 0,17	< 0,04	< 0,02 *	< 1,06	< 0,23	< 0,78	< 0,14	< 0,16	< 0,13 *
2005	0,18	< 0,06	< 0,03 *	< 1,26	< 0,19	< 0,66	< 0,14	< 0,16	< 0,16 *
2006	0,16	< 0,05	< 0,02 *	< 1,13	< 0,21	< 0,14	< 0,15	< 0,20	< 0,13 *
2007	0,16	< 0,05	< 0,02 *	< 0,65	< 0,16	< 1,11	< 0,13	< 0,17	< 0,13 *
2008	0,15	< 0,02	< 0,02 *	< 0,64	< 0,19	< 1,07	< 0,14	< 0,14	< 0,12
2009	< 0,16	< 0,05	< 0,02 *	< 0,50	< 0,22	< 0,78	< 0,14	< 0,16	< 0,12 *

* Inland und Einfuhr

- Angabe nicht erforderlich

Gesamtnahrung

Die Beprobung der Gesamtnahrung (siehe Tabelle 2.4.7-15) dient der Abschätzung der ingestionsbedingten Strahlendosis gesunder Erwachsener in der Bundesrepublik Deutschland. Dazu werden verzehrfertige Menüs der Gemeinschaftsverpflegung aus Kantinen, Heimen, Krankenhäusern und Restaurants vermessen. Daraus resultiert eine Mittelung der Verzehrsmenge und der Zusammensetzung.

Die mittlere tägliche Cs-137-Aktivitätszufuhr einer Person über die Nahrung kann für 2009 mit $0,25 \text{ Bq}/(\text{d} \cdot \text{p})$ ($\text{d} = \text{Tag}$; $\text{p} = \text{Person}$) nach oben abgeschätzt werden und zeigt somit kaum eine Veränderung zum Vorjahr. Da in diese Mittelung ein hoher Prozentsatz von Messwerten unterhalb der Nachweisgrenzen eingeht, wird der Wert der Aktivitätszufuhr überschätzt, was bei einer Interpretation des Wertes berücksichtigt werden muss. Für Sr-90, mit einer mittleren Aktivitätszufuhr von $0,08 \text{ Bq}/(\text{d} \cdot \text{p})$, gilt die gleiche Betrachtungsweise wie für Cs-137, allerdings muss hier noch berücksichtigt werden, dass die Messwerte nahe oder unterhalb der Nachweisgrenzen der angewendeten Analyseverfahren liegen, was zu einer zusätzlichen Unsicherheit führt.

Die mittlere jährliche ingestionsbedingte Aktivitätszufuhr lässt sich somit wie folgt abschätzen:

$$\begin{aligned} \text{Sr-90} &: 29 \text{ Bq}/(\text{a} \cdot \text{p}) \text{ [Vorjahr: } 37 \text{ Bq}/(\text{a} \cdot \text{p})] \\ \text{Cs-137} &: 91 \text{ Bq}/(\text{a} \cdot \text{p}) \text{ [Vorjahr: } 120 \text{ Bq}/(\text{a} \cdot \text{p})] \end{aligned}$$

Tabelle 2.4.7-15 Aktivitätszufuhr von Cs-137 und Sr-90 mit der Gesamtnahrung
(Intake of Cs-137 and Sr-90 activity with the whole diet)

Monat	Jahr	Aktivitätszufuhr Cs-137 in Bq/(d · p) (d = Tag und p = Person)			Aktivitätszufuhr Sr-90 in Bq/(d · p) (d = Tag und p = Person)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Januar	2008	66	< 0,23	(0,04 - 1,17)	18	< 0,08	(< 0,03 - 0,27)
	2009	64	< 0,20	(0,02 - <0,74)	18	< 0,06	(0,01 - 0,13)
Februar	2008	55	< 0,25	(< 0,04 - 2,20)	4	0,07	(0,03 - 0,16)
	2009	55	< 0,27	(< 0,03 - 3,11)	6	< 0,09	(< 0,02 - 0,26)
März	2008	56	< 0,21	(< 0,03 - 1,15)	3	0,05	(0,03 - 0,05)
	2009	67	< 0,26	(< 0,03 - 3,30)	6	0,15	(0,05 - 0,46)
April	2008	61	< 0,56	(< 0,04 - 15,10)	16	< 0,08	(< 0,02 - 0,25)
	2009	60	< 0,29	(< 0,04 - 4,23)	15	< 0,06	(0,01 - 0,17)
Mai	2008	55	< 0,90	(< 0,05 - 16,10)	5	< 0,11	(< 0,02 - 0,24)
	2009	59	< 0,19	(< 0,02 - 0,94)	5	< 0,14	(< 0,03 - 0,31)
Juni	2008	62	< 0,47	(< 0,02 - 14,40)	7	< 0,11	(< 0,03 - 0,41)
	2009	65	< 0,24	(< 0,04 - 3,23)	5	0,11	(0,06 - 0,27)
Juli	2008	62	< 0,22	(< 0,04 - 0,80)	14	< 0,08	(0,03 - 0,24)
	2009	60	< 0,29	(< 0,02 - 2,99)	13	< 0,06	(0,03 - 0,19)
August	2008	58	< 0,20	(< 0,02 - 1,10)	6	< 0,08	(< 0,02 - 0,13)
	2009	59	< 0,21	(< 0,04 - <0,63)	6	< 0,09	(< 0,04 - 0,16)
September	2008	62	< 0,26	(< 0,04 - 3,45)	7	< 0,10	(0,03 - 0,29)
	2009	62	< 0,23	(< 0,05 - 0,98)	7	< 0,17	(0,03 - 0,58)
Oktober	2008	64	< 0,21	(0,03 - 1,10)	15	0,13	(0,04 - 0,39)
	2009	64	< 0,22	(0,02 - 0,90)	16	< 0,07	(0,04 - 0,14)
November	2008	55	< 0,21	(< 0,01 - 1,29)	5	0,07	(0,04 - 0,14)

Monat	Jahr	Aktivitätszufuhr Cs-137 in Bq/(d · p) (d = Tag und p = Person)			Aktivitätszufuhr Sr-90 in Bq/(d · p) (d = Tag und p = Person)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Dezember	2009	61	< 0,19	(< 0,03 - <0,44)	5	< 0,05	(0,02 - 0,10)
	2008	56	< 0,27	(0,05 - 2,46)	4	0,22	(0,02 - 0,67)
	2009	54	< 0,42	(0,03 - 4,80)	6	0,07	(0,03 - 0,14)
Jahr (gesamt)	2008	712	< 0,33	(< 0,01 - 16,10)	104	< 0,10	(< 0,02 - 0,67)
	2009	730	< 0,25	(< 0,02 - 4,80)	108	< 0,08	(< 0,01 - 0,58)

**Tabelle 2.4.7-16 Säuglings- und Kleinkindernahrung
(Baby and infant food)**

Monat	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Januar	2008	22	< 0,14	(< 0,02 - 0,68)	10	< 0,05	(< 0,02 - 0,13)
	2009	21	< 0,11	(< 0,03 - <0,20)	9	< 0,04	(< 0,02 - 0,09)
Februar	2008	18	< 0,22	(< 0,02 - 2,06)	3	< 0,02	(< 0,02 - 0,03)
	2009	19	< 0,12	(< 0,02 - <0,30)	4	< 0,02	(< 0,01 - 0,02)
März	2008	14	< 0,28	(< 0,03 - 2,56)	4	0,03	(0,01 - 0,05)
	2009	21	< 0,21	(< 0,02 - 1,79)	9	< 0,04	(< 0,02 - 0,08)
April	2008	22	< 0,11	(< 0,02 - <0,26)	7	< 0,04	(0,01 - 0,11)
	2009	20	< 0,12	(< 0,03 - <0,29)	4	< 0,05	(0,02 - 0,08)
Mai	2008	17	< 0,13	(< 0,03 - <0,23)	2	0,02	(0,02 - 0,02)
	2009	20	< 0,10	(< 0,03 - <0,22)	2	< 0,02	(< 0,02 - 0,02)
Juni	2008	21	< 0,12	(< 0,02 - <0,35)	1	0,03	(0,03 - 0,03)
	2009	20	< 0,18	(< 0,04 - <0,62)	1	0,02	(0,02 - 0,02)
Juli	2008	17	< 0,12	(< 0,02 - <0,22)	6	< 0,04	(< 0,02 - 0,07)
	2009	21	< 0,10	(< 0,03 - <0,20)	7	< 0,03	(< 0,01 - 0,05)
August	2008	21	< 0,12	(< 0,04 - 0,30)	4	< 0,04	(0,02 - 0,08)
	2009	17	< 0,14	(0,03 - 0,74)	3	< 0,07	(< 0,02 - 0,17)
September	2008	18	< 0,23	(< 0,05 - 1,85)	5	0,02	(0,01 - 0,04)
	2009	20	< 0,12	(< 0,02 - <0,23)	6	< 0,04	(0,02 - 0,12)
Oktober	2008	18	< 0,10	(< 0,04 - <0,20)	3	< 0,03	(< 0,02 - 0,06)
	2009	20	< 0,16	(< 0,03 - <0,87)	3	0,08	(0,02 - 0,19)
November	2008	27	< 0,13	(< 0,02 - 0,41)	1	0,02	(0,02 - 0,02)
	2009	22	< 0,10	(< 0,03 - <0,25)			
Dezember	2008	14	< 0,15	(< 0,05 - <0,34)	2	0,02	(0,01 - 0,03)
	2009	19	< 0,11	(< 0,03 - <0,20)	1	0,03	(0,03 - 0,03)

Monat	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Jahr (gesamt)	2008	229	< 0,15	(< 0,02 - 2,56)	48	< 0,04	(< 0,01 - 0,13)
	2009	240	< 0,13	(< 0,02 - 1,79)	51	< 0,04	(< 0,01 - 0,19)

2.4.8 Pflanzliche Nahrungsmittel in der Umgebung kerntechnischer Anlagen (Foodstuffs of vegetable origin from the surroundings of nuclear facilities)

Die Aktivitätskonzentrationen in Pflanzen in der Umgebung kerntechnischer Anlagen liegen auf einem sehr niedrigen Niveau. Sie spiegeln damit die Situation bei den Böden wider, die nach wie vor durch die Depositionen nach den Kernwaffenversuchen und dem Unfall in Tschernobyl geprägt ist. Die Ergebnisse der Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind für Gemüse und Getreide in den Tabellen 2.4.8-1 und 2.4.8-2, für Obst in Tabelle 2.4.8-3 und für Kartoffeln in Tabelle 2.4.8-4 zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit anderen Orten in der Bundesrepublik keine Erhöhung der Radioaktivität erkennen.

Tabelle 2.4.8-1 Radioaktivität der pflanzlichen Nahrungsmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Gemüse
(Radioactivity of food of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: vegetables)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	25	<0,04	19	<0,05	14	<0,05 (<0,02 - <0,10)
	Sr-90	4	0,03	4	0,13	2	0,08 (0,08 - 0,08)
KWO Obrigheim	Cs-137	18	<0,06	12	<0,08	9	<0,07 (<0,03 - <0,08)
	Sr-90	15	0,20	10	0,12	7	0,12 (0,04 - 0,3)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	23	<0,06	11	<0,08	9	<0,06 (<0,03 - <0,08)
	Sr-90	19	<0,10	11	0,08	8	0,10 (0,04 - 0,22)
KKP Philippsburg	Cs-137	6	<0,05	10	<0,06	1	<0,3
	Sr-90	1	0,13	3	0,14	1	0,05
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	17	<0,08	11	<0,05	14	<0,06 (<0,02 - <0,11)
	Sr-90	3	0,28	5	0,16	6	0,09 (0,05 - 0,22)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	17	<0,07	8	<0,05	4	<0,04 (0,02 - <0,06)
	Sr-90	6	0,25	3	0,08	2	0,13 (0,09 - 0,17)
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	1	0,04	1	0,04	1	<0,03
	Sr-90	1	0,09	1	0,1	1	0,11
KKI Isar	Cs-137	1	<0,05	1	<0,04	1	<0,02
	Sr-90	1	0,09	1	0,13	1	0,09
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	3	<0,05	3	<0,03	3	<0,06 (<0,05 - <0,09)
	Sr-90	3	<0,03	3	<0,05	3	<0,07 (<0,02 - 0,15)
Forschungsreaktor	Cs-137	1	<0,07	1	<0,06	1	0,03

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
München	Sr-90	1	0,05	1	0,04	1	0,09
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	17	<0,09	16	<0,14	a	
	Sr-90	4	0,07	2	0,02	a	
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	18	<0,13	18	<0,16	17	<0,14 (<0,09 - <0,2)
	Sr-90	17	0,23	17	0,24	17	0,23 (0,03 - 1,0)
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	4	<0,05	5	<0,09	9	<0,05 (<0,01 - <0,12)
	Sr-90	4	0,06	5	0,05	9	0,03 (0,01 - 0,06)
Nuklearbetriebe Hanau ^c	Gesamt- α Asche	a		a		a	
	Pu-238 Asche	a		a		a	
	Pu-(239+ 240) Asche	a		a		a	
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	3	<0,13	4	<0,08	4	<0,10 (<0,09 - <0,12)
	Sr-90	a					
KKU Unterweser	Cs-137	8	<0,07	7	<0,07	7	<0,9 (<0,05 - <0,13)
	Sr-90	8	0,14	5	0,07	7	<0,05 (<0,02 - 0,09)
KWG Grohnde	Cs-137	4	<0,11	5	<0,07	4	<0,09 (<0,07 - <0,12)
	Sr-90	4	0,33	5	0,10	4	0,10 (0,05 - 0,16)
KKE Emsland	Cs-137	7	<0,10	6	<0,09	6	<0,11 (<0,07 - 0,21)
	Sr-90	7	0,16	6	0,11	6	0,09 (0,04 - 0,19)
Schacht Konrad II ^b	Cs-137	b		b		b	
	Sr-90	b		b		b	
Schachtanlage Asse	Cs-137	3	<0,08	3	<0,09	3	<0,07 (<0,05 - <0,11)
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	4	<0,06	4	<0,12	4	<0,13 (<0,1 - <0,2)
	Sr-90	4	0,06	4	0,09	4	0,06 (0,04 - 0,09)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	7	6,3	7	<2,2	4	16,9 (1,5 - 43,7)
	Uran (Bq/kg TM)	7	<1,2	7	<0,30	4	2,2 (0,23 - 4,3)
	U-238 (Bq/kg TM)	3	<0,3	a		1	<0,3
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137 Sr-90	1	<0,02	3	<0,14	a	
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	2	<0,22	1	<0,16	1	<0,13
	Sr-90	1	0,24	1	0,17	1	0,16
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	a		2	<0,18	2	<0,16 (<0,15- <0,17)
	Sr-90	a		1	0,04	1	<0,04
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	<0,09	1	<0,07	1	<0,10
	Sr-90	1	0,08	1	0,09	1	0,13
KKB Brunsbüttel	Cs-137	1	<0,07	1	<0,09	1	<0,05
	Sr-90						
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,06	3	<0,11	1	<0,08
	Sr-90	2	0,07	3	0,05	1	0,10

- a Messwerte lagen nicht vor
- b Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme
- c Die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe Hanau wurden im Laufe des Jahres 2006 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen

Tabelle 2.4.8-2 Radioaktivität der pflanzlichen Nahrungsmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Getreide
(Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: cereals)

LAND / Kerntechnische Anlage	Messver- fahren / Nuklid	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	7	<0,11	9	<0,08	7	<0,08 (<0,07 - <0,1)
	Sr-90	3	0,14	4	0,15	4	0,17 (0,08 - 0,29)
KWO Obrigheim	Cs-137	7	<0,08	6	<0,08	4	<0,07 (<0,07 - <0,08)
	Sr-90	3	0,13	a		2	0,11 (0,10 - 0,13)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	5	<0,07	6	<0,08	4	<0,06 (<0,05 - <0,09)
	Sr-90	3	0,10	a		2	0,15 (0,12 - 0,17)
KKP Philippsburg	Cs-137	7	<0,09	5	<0,08	3	<0,08 (<0,05 - <0,12)
	Sr-90	2	0,04	3	0,07	2	0,09 (0,06 - 0,13)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	<0,05	6	<0,06	5	<0,06 (<0,04 - <0,10)
	Sr-90	5	0,13	2	0,26	2	0,19 (0,08 - 0,31)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	6	<0,08	6	<0,06	4	<0,04 (<0,02 - <0,06)
	Sr-90	2	0,25	4	0,10	1	0,15
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	4	<0,03	4	<0,3	4	<0,03 (<0,02 - <0,03)
	Sr-90	4	<0,04	4	<0,01	4	<0,02 (<0,01 - <0,04)
KKI Isar	Cs-137	5	<0,31	5	<0,09	5	<0,05 (<0,02 - 0,13)
	Sr-90	5	<0,10	3	<0,01	5	<0,02 (<0,01 - <0,02)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	<0,04	2	<0,05	2	<0,04 (<0,04 - <0,04)
	Sr-90	2	0,04	2	0,05	2	<0,04 (<0,04 - <0,04)
Forschungsreaktor München	Cs-137	1	<0,09	1	<0,02	1	<0,05
	Sr-90	1	0,09	1	0,15	1	0,09
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	a		a		a	
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	9	<0,12	8	<0,13	1	<0,12
	Sr-90	9	0,09	8	0,14	1	0,05
Nuklearbetriebe Hanau ^c	Gesamt- α Asche	a		a		a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Messver- fahren / Nuklid	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
	Pu-238 Asche	a		a		a	
	Pu-(239+ 240) Asche	a		a		a	
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	5	<0,11	5	<0,11	5	<0,11 (<0,09 - <0,13)
	Sr-90	5	<0,12	5	0,17	5	0,14 (0,07 - 0,22)
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
KWG Grohnde	Cs-137	2	<0,09	2	<0,07	2	<0,14 (<0,12 - <0,16)
	Sr-90	2	0,52	2	0,23	2	0,14 (0,14 - 0,14)
KKE Emsland	Cs-137	a		1	0,17	1	0,17
	Sr-90	a		1	0,93	1	0,21
Schacht Konrad II ^b	Cs-137	b		b		b	
	Sr-90	b		b		b	
NORDRHEIN-WESTFALEN							
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
FZ Jülich	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	18	<1,6	18	<1,7	20	<1,5 (<1,5 - 1,5)
	Uran (Bq/kg TM)	18	<0,28	18	<0,24	21	<0,23 (<0,23 - <0,23)
	U-238 (Bq/kg TM)	4	<0,3	a		5	<0,3 (<0,3 - <0,3)
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Messver- fahren / Nuklid	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	a		4	<0,14	3	<0,15 (<0,14- <0,18)
	Sr-90	a		2	0,21	1	0,08
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	<0,19	1	<0,12	1	<0,13
	Sr-90	1	0,16	1	0,19	1	0,15
KKB Brunsbüttel	Cs-137	2	<0,14	2	<0,15	2	<0,15 (<0,14 - <0,16)
	Sr-90	2	0,13	2	0,09	2	0,11 (0,07 - 0,15)
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,08	2	<0,08	2	<0,12 (<0,10 - 0,15)
	Sr-90	2	0,12	2	0,21	2	0,32 (0,17 - 0,46)

- a Messwerte lagen nicht vor
- b Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme
- c Die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe Hanau wurden im Laufe des Jahres 2006 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen

Tabelle 2.4.8-3 Radioaktivität der pflanzlichen Nahrungsmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Obst
(Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: fruit)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	3	<0,04	3	<0,04	4	<0,03 (<0,02 - <0,04)
	Sr-90	a		1	0,03	a	
KWO Obrigheim	Cs-137	9	<0,06	6	<0,07	4	<0,6 (<0,05 - <0,06)
	Sr-90	3	0,15	3	0,10	2	0,05 (0,04 - 0,05)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	6	<0,06	6	<0,08	3	<0,05 (<0,04 - <0,07)
	Sr-90	3	0,19	3	0,17	2	0,15 (0,05 - 0,24)
KKP Philippsburg	Cs-137	3	<0,08	4	<0,06	3	<0,08 (<0,05 - <0,1)
	Sr-90	1	0,21	2	0,03	1	0,02
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	3	<0,05	5	<0,06	4	<0,04 (<0,01 - <0,06)
	Sr-90	3	0,05	4	0,13	4	0,02 (0,01 - 0,03)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	3	<0,07	4	<0,07	2	<0,05 (<0,04 - <0,06)
	Sr-90	2	0,15	a		1	0,11
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	2	<0,02	2	<0,02	2	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	Sr-90	2	<0,01	2	<0,01	2	<0,01 (<0,01 - <0,01)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKI Isar	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	<0,02	2	<0,02	2	<0,03 (<0,02 - <0,04)
	Sr-90	2	<0,04	2	<0,04	2	<0,03 (<0,01 - <0,04)
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	17	<0,08	10	<0,09	1	0,17
	Sr-90	3	0,04	4	0,08	1	0,11
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	9	<0,04	10	<0,05	8	<0,04 (<0,01 - <0,09)
	Sr-90	9	0,02	10	0,02	8	0,04 (0,01 - 0,15)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	4	<0,07	4	<0,07	4	<0,07 (<0,05 - 0,1)
	Sr-90	4	0,06	4	0,03	4	0,01 (0,01 - 0,02)
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	6	<0,05	1	<0,07	6	<0,07 (<0,03 - <0,10)
	Sr-90	a		a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
KWG Grohnde	Cs-137	1	<0,06	a		1	<0,05
	Sr-90	1	0,04	a		1	0,02
KKE Emsland	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
Schacht Konrad II ^c	Cs-137	c		c		c	
	Sr-90	c		c		c	
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	3	<0,04	3	<0,08	a	
	Sr-90	3	0,04	3	0,03	a	
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	2	b)1,6; 205	2	<1,5 (<1,5; <1,5)	2	1,6 (1,5; 1,6)
	Uran (Bq/kg TM)	2	<0,23	2	<0,23	2	<0,23 (<0,23;<0,23)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
	U-238 (Bq/kg TM)	3	<0,3 (<0,3 - <0,3) (Rhabarber)	a		4	<0,3 (<0,3 - <0,3) (Rhabarber)
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	3	<0,02	1	<0,04	1	<0,02
	Sr-90	a		a		a	
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	1	<0,12	1	<0,15	1	<0,15
	Sr-90	1	0,02	1	0,02	1	0,02
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	a		4	<0,14	4	<0,13 (<0,09- <0,16)
	Sr-90	a		1	0,13	1	<0,02
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,04	2	<0,04	2	<0,04 (<0,02 - 0,06)
	Sr-90	2	0,04	2	0,06	2	0,03 (0,03 - 0,03)

a Messwerte lagen nicht vor

b Mittelwertbildung nicht sinnvoll

c Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme

Tabelle 2.4.8-4 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)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	3	<0,05	4	<0,07	4	<0,06 (<0,05 - <0,06)
	Sr-90	2	0,02	2	0,08	3	<0,04 (<0,01 - <0,06)
KWO Obrigheim	Cs-137	2	<0,06	3	<0,06	1	<0,04
	Sr-90	2	0,06	3	0,04	1	0,02
GKN Neckarwestheim	Cs-137	3	<0,22	2	<0,05)	2	<0,08 (<0,08 - <0,08)
	Sr-90	3	0,03	2	0,02)	2	0,03 (0,03 - 0,03)
KKP Philippsburg	Cs-137	a		1	<0,08	a	
	Sr-90	a		1	0,07	a	
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	5	<0,06	5	<0,04	3	<0,04 (<0,03 - 0,04)
	Sr-90	5	0,03	2	0,03	2	0,04 (0,02 - 0,06)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	3	<0,05	3	<0,05	3	<0,03 (<0,03 - <0,04)
	Sr-90	1	0,08	2	0,03	3	0,04 (0,03 - 0,05)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2007		2008		2009	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	1	<0,04	1	<0,04	1	<0,05
	Sr-90	1	<0,02	1	<0,02	1	<0,02
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	3	<0,07	4	<0,15	a	
	Sr-90	2	0,03	1	0,02	a	
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	6	<0,03	6	<0,10	11	<0,09 (<0,02 - <0,16)
	Sr-90	6	<0,03	6	0,04	11	<0,02 (<0,01 - 0,04)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	1	<0,09	1	<0,08	a	
	Sr-90	a		a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	a		1	<0,09	1	<0,14
	Sr-90	a		1	0,03	1	<0,02
KWG Grohnde	Cs-137	1	<0,08	1	<0,09	1	<0,07
	Sr-90	1	0,08	1	0,1	1	0,04
KKE Emsland	Cs-137	1	<0,12	1	0,09	1	<0,07
	Sr-90	1	0,06	1	0,02	1	0,02
Schachtanlage Asse	Cs-137	1	<0,09	1	<0,08	1	<0,13
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	1	<0,1	2	<0,09	2	<0,1 (<0,1 - <0,1)
	Sr-90	2	0,02	2	0,03	2	0,14 (0,13 - 0,14)
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	1	0,03	1	0,06	4	<0,03 (<0,03 - 0,04)
	Sr-90	a		a		a	

a Messwerte lagen nicht vor

2.5 Bedarfsgegenstände, Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe (Consumer goods, pharmaceutical products and their raw materials)

Die Leitstelle für Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände überwacht routinemäßig vor allem Arzneimittelpflanzen bzw. Pflanzen, die als Ausgangsstoffe für Arzneimittel dienen.

Die Messwerte für die spezifischen Aktivitäten von K-40 und Cs-137 werden jährlich tabellarisch zusammengestellt.

In Tabelle 2.5-1 sind die ermittelten Jahresmittelwerte der C-137- und K-40-Konzentrationen für 2009 zusammengefasst. Die spezifischen Aktivitäten des Cs-137 erreichten Spitzenwerte von etwa 470 Bq/kg (TM) bei Bitterkleeblättern aus Polen und etwa 26 Bq/kg (TM) bei Islandmoos aus Kroatien.

Die spezifischen Aktivitätswerte des natürlich vorkommenden Radionuklids K-40 lagen mit maximal 1.800 Bq/kg (TM) bei Brennesselblättern aus Bulgarien und minimal 70 Bq/kg (TM) bei Islandmoos aus Kroatien im Rahmen der natürlichen Schwankungsbreite.

Die angegebenen Messwerte können wegen der Art der Probenbeschaffung nicht als repräsentativ für das Ursprungsland gelten. Durch lokale Unterschiede, z. B. der Bodenbeschaffenheit oder -kontamination in den Anbaubereichen, können die gemessenen spezifischen Aktivitäten des Radionuklids Cs-137 erhebliche Variabilitäten aufweisen.

Tabelle 2.5-1 Jahresmittelwerte der Cs-137- und K-40-Konzentration in verschiedenen Arzneimittelpflanzen bzw. Ausgangsstoffen für Arzneimittel für das Jahr 2009, mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes
(Annual mean value of Cs-137 and K-40 concentration in different medicinal plants and products for pharmaceuticals for the year 2009 with indication of the particular country of origin)

Artikel	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg TM)	Cs-137 (Bq/kg TM)
Baldrianwurzel	Polen	530	1,4
Bitterkleeblätter	Polen	860	470
Brennnesselblätter	Bulgarien	1.800	0,4
Fenchel Kamm ganz	Deutschland	590	NWG ²⁾ : 0,2
Gänsefingerkraut	Ungarn	510	1,4
Grüner Tee Sencha KBA ¹⁾	China	680	0,3
Island Moos	Kroatien	70	26
Johanniskraut	Bulgarien	410	0,4
Kamillenblüten, ganz	Kroatien	1.200	0,4
Mateblätter, grün	Brasilien	510	0,5
Melissenblätter	Bulgarien	750	0,3
Pfeffer, schwarz, ganz	Vietnam	490	NWG ²⁾ : 0,2
Pfefferminzblätter	Polen	890	0,7
Ringelblumenblüten, ganz	Ägypten	1.000	0,5
Salbeiblätter, ganz KBA ¹⁾	Kroatien	570	0,3
Thymian, gerebelt	Polen	1000	0,3

1) KBA: kontrolliert biologischer Anbau

2) NWG: Nachweisgrenze

2.6 Abwasser und Klärschlamm (Waste water and sewage sludge)

Bezüglich allgemeiner Aspekte zur Radioaktivitätsüberwachung von Abwasser und Klärschlamm wird auf Teil A - II - 2.6 verwiesen.

Dem Bericht für das Jahr 2009 liegen die Messergebnisse aus 91 Abwasserreinigungsanlagen zu Grunde. Die Messwerte für Abwässer beziehen sich auf gereinigte kommunale Abwässer (Klarwässer) aus den Abläufen der Kläranlagen und die Messwerte für Klärschlämme auf konditionierte oder stabilisierte Schlämme in der Form, in der sie die Kläranlagen verlassen, z. B. auf teilentwässerte Schlämme oder Faulschlämme.

In Tabelle 2.6-1 sind die ausgewerteten Daten zusammengefasst. Angegeben werden jeweils die Anzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der untersuchten Proben mit Werten unterhalb der Nachweisgrenze, Minimal- und Maximalwerte, arithmetische Mittel- und zusätzlich die Medianwerte der Gehalte an K-40, Co-60, Cs-137, I-131, Sr-90 und den Uranisotopen. Zum Vergleich sind die Medianwerte des Vorjahres ebenfalls angegeben.

K-40 und die Uranisotope U-234, U-235 und U-238 sind natürliche Bestandteile des Bodens und damit geogenen Ursprungs. Die Gehalte in Abwasser und Klärschlamm variieren in Abhängigkeit der regionalen geologischen Gegebenheiten in weiten Grenzen. Die Messwerte im Jahr 2009 lagen im üblichen Bereich, z. B. im Klärschlamm für K-40 bis 790 Bq/kg TM (Vorjahr bis 780 Bq/kg TM) und für U-234 und U-238 bis 250 bzw. 280 Bq/kg TM (Vorjahr 140 bzw. 120 Bq/kg TM). Wie stets wurde das in der oberen Atmosphäre durch Einwirkung der kosmischen Strahlung gebildete und daher an der Erdoberfläche allgegenwärtige kurzlebige Be-7 (Halbwertszeit: 53 Tage) mit spezifischen Aktivitäten im Klärschlamm bis zu 2.200 Bq/kg TM bestimmt.

Das hauptsächlich in der Nuklearmedizin eingesetzte Radionuklid I-131 (Halbwertszeit: 8 Tage) wurde nur in einem Teil der Abwasser- und Klärschlammproben nachgewiesen (Medianwert für Klärschlamm: 40 Bq/kg TM; Maximalwert: 1.200 Bq/kg TM, Vorjahr 36 bzw. 2.300 Bq/kg TM), in Einzelfällen auch das sehr kurzlebige Technetium-99m (Tc-99m; Maximalwert Abwasser: 1,8 Bq/l, Maximalwert Klärschlamm: 440 Bq/kg TM) sowie Thallium-201 (Tl-201; Maximalwert: 62 Bq/kg TM), Thallium-202 (Tl-202; Maximalwert: 1,6 Bq/kg TM) und Indium-111 (In-111; Maximalwert: 24 Bq/kg TM). Im Klärschlamm der Kläranlage Stade wurde in sehr geringer Konzentration von 0,87 Bq/kg TM Co-60 festgestellt.

Von den infolge des Kernkraftwerkunfalls in Tschernobyl 1986 in die Umwelt gelangten Spalt- und Aktivierungsprodukten ist für Abwässer und Klärschlämme nur noch Cs-137 und Sr-90 von Bedeutung, wobei die Kontaminationen teilweise und bei Sr-90 sogar hauptsächlich durch den Fallout aus der Zeit der atmosphärischen Kernwaffenversuche von 1945 bis etwa 1975 bedingt sind. Das kurzlebigere Cäsiumisotop Cs-134 (Halbwertszeit ca. 2 Jahre) ist dagegen nicht mehr nachzuweisen. Die im Vergleich zu der Zeit vor dem Kernkraftwerkunfall in Tschernobyl z. T. noch immer erhöhten Cs-137-Kontaminationen der Klärschlämme dürften vorwiegend auf mit dem Niederschlagswasser in die Kläranlagen eingeschwemmte kontaminierte Bodenpartikel zurückzuführen sein.

Die Aktivitätskonzentration von Cs-137 in Abwässern lagen zu 98% unterhalb der bei den Messungen erreichten Nachweisgrenzen. Als Mindestnachweisgrenze dieses Radionuklids im Abwasser werden im Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm) 0,1 Bq/l gefordert. Die für Cs-137 ermittelten Messwerte lagen im Jahr 2009 zwischen 0,0017 und 0,051 Bq/l, bei einem Median von < 0,031 Bq/l (2008: zwischen 0,0016 und 0,036 Bq/l).

In den spezifischen Aktivitäten der Klärschlämme stellt man auf Grund regional unterschiedlichen Eintrags radioaktiver Stoffe nach dem Kernkraftwerksunfall in Tschernobyl deutliche Unterschiede fest. Als Folge starker Niederschläge Anfang Mai 1986 treten die höchsten Kontaminationswerte etwa östlich bzw. südlich der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel auf. In Tabelle 2.6-1 werden daher die Daten der süddeutschen Länder ergänzt durch Angaben, bei denen jeweils zwischen den gering und den höher kontaminierten Landesteilen unterschieden wird, z. B. Nord-Bayern und Süd-Bayern. Die höchsten Kontaminationen in Süddeutschland (Jahresmittelwerte) zeigten im Jahr 2009 - wie seit bereits mehr als 15 Jahren - die Klärschlämme aus der Kläranlage Tannheim (Baden-Württemberg) mit 56 Bq/kg TM für Cs-137. Seit 1999 ergaben sich als Jahresmittelwerte für Cs-137 im Klärschlamm dieser Kläranlage folgende mittlere spezifische Aktivitäten 180, 140, 140, 110, 110, 98, 86, 71, 65, 56 und 56 Bq/kg TM.

In Abbildung 2.6-1 sind für alle Bundesländer die Cs-137-Gehalte der Klärschlämme der letzten acht Jahre dargestellt.

Die in der Vergangenheit deutlich sichtbare Tendenz einer kontinuierlichen Abnahme der Kontamination der Klärschlämme ist nur noch in wenigen Fällen zu beobachten, z. B. in Baden-Württemberg, Thüringen und Nordrhein-Westfalen. Im Zeitraum von 1988 bis 2009 wurden im südlichen Bayern anfangs noch stark abnehmende Jahresmittelwerte ermittelt, die sich über ein nahezu konstantes Niveau in den Jahren 1999 bis 2002 weiterhin verringern: 970, 520, 330, 220, 140, 130, 108, 89, 75, 68, 63, 43, 38, 37, 44, 30, 25, 24, 24, 20, 16 und 21 Bq/kg TM. Der erneute Anstieg des Jahresmittelwerts auf 21 Bq/kg TM im Jahr 2009 ist bedingt durch zwei Ausreißerwerte in den Kläranlagen Augsburg und Garching, der extrem starke Anstieg des Jahresmittelwerts 2006 für Rheinland-Pfalz wurde verursacht durch ungewöhnlich hohe Kontaminationen dreier Klärschlammproben aus der Kläranlage Trier. Dieser Schlamm wird in einem Trockenbeet entwässert und kann als Folge unregelmäßiger Ausräumung u. U. sehr große Inhomogenitäten aufweisen. Bei dem inzwischen erreichten sehr niedrigen Niveau der spezifischen Aktivität der Klärschlämme sind die zu beobachtenden Schwankungen hauptsächlich durch die natürliche Streuung der Messwerte bedingt.

Zur radiologischen Beurteilung der Klärschlammkontamination ist vorrangig die landwirtschaftliche Nutzung der Klärschlämme zu betrachten. Wird z. B. Klärschlamm mit einer spezifischen Aktivität von etwa 56 Bq/kg TM (Jahresmittelwert der Kläranlage Tannheim) in einer Menge von 0,5 kg auf einer Fläche von einem Quadratmeter innerhalb von drei Jahren (gemäß Klärschlammverordnung) ausgebracht, entspricht dies einer mittleren jährlichen Aktivitätszufuhr von unter 10 Bq Cs-137. Dies bedeutet bei einer für das Einzugsgebiet einer entsprechenden Kläranlage typischen Flächenbelastung von zurzeit ca. 20.000 Bq/m² Cs-137 eine jährliche Aktivitätszufuhr in den Boden von weniger als 0,05%. Hierbei ist aber anzumerken, dass eine solche Aufstockung des Cs-137-Inventars durch den radioaktiven Zerfall von 2,3% pro Jahr des bereits im Boden befindlichen Inventars in der Höhe um ein Vielfaches kompensiert wird.

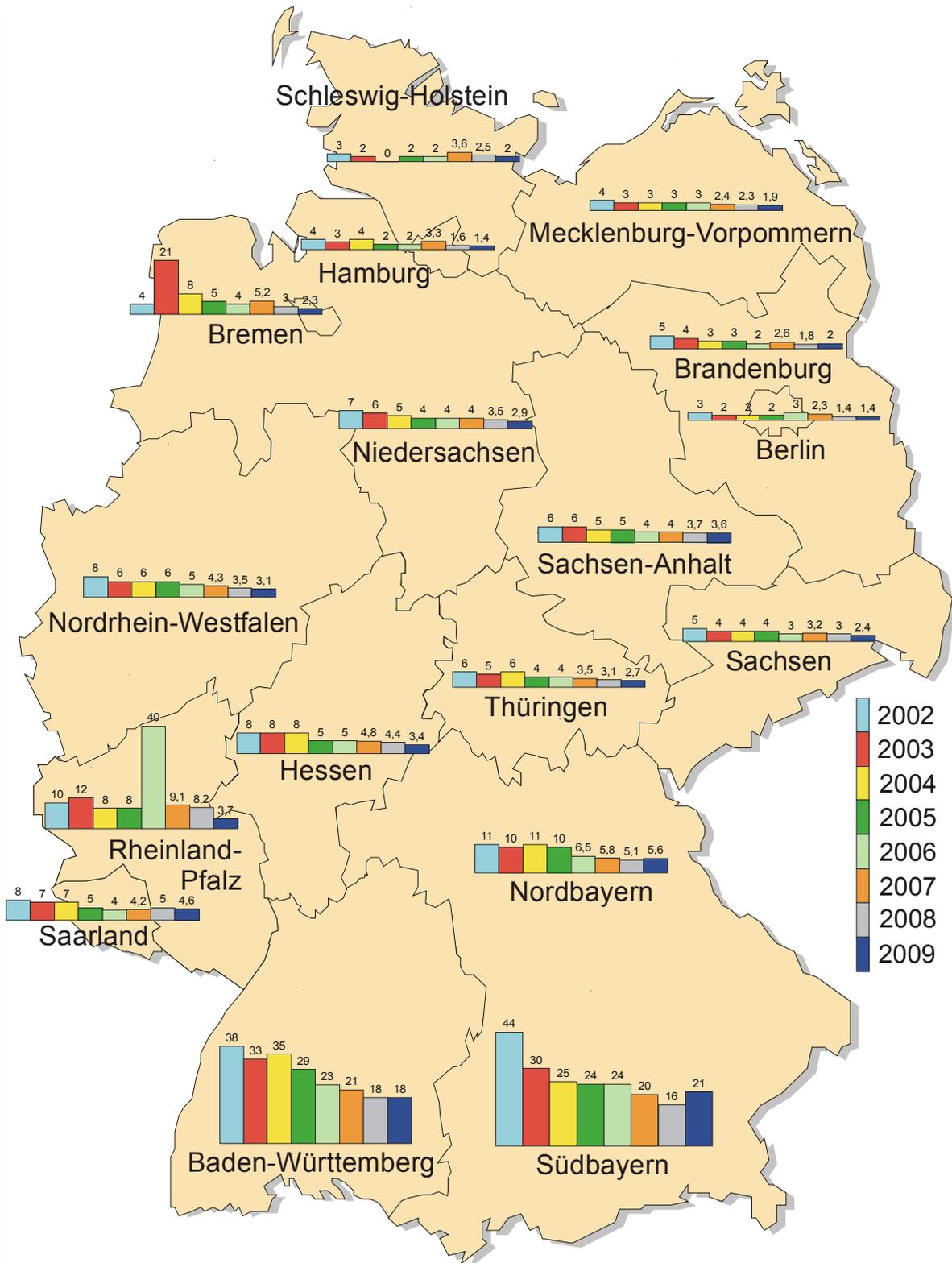


Abbildung 2.6-1 Cs-137 im Klärschlamm in Bq/kg TM (Jahresmittelwerte in den Bundesländern)
 (Cs-137 in sewage sludge in Bq/kg dry weight, annual mean values in the Federal states)

Tabelle 2.6-1 Allgemeine Überwachung von Abwasser und Klärschlamm im Jahr 2009 - Minimal-, Maximal- und Mittelwerte
 (General surveillance of waste water and sewage sludge in the year 2009 - minimum, maximum, and mean values)

Land	Nuklid	Anzahl		Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Median	
		Gesamt	<NWG				2009	2008
Abwasser aus Kläranlagen, Ablauf (Bq/l)								
Schleswig-Holstein	K-40	20	19	1,4	1,4		<0,65	<0,7
	Co-60	20	20				<0,076	<0,082
	I-131	20	9	0,12	0,26	0,17	0,14	0,14
	Cs-137	20	20				<0,078	<0,083
	Sr-90	4	4				<0,1	<0,1
	U-234	4	4				<0,1	<0,1
	U-235	4	4				<0,1	<0,1
	U-238	4	4				<0,1	<0,1
Hamburg	K-40	5	4	1,8	1,4		<1,4	<1,4
	Co-60	5	5				<0,067	<0,051
	I-131	5	0	0,096	0,45	0,25	0,22	0,46
	Cs-137	5	5				<0,062	<0,054
	Sr-90	4	0	0,00065	0,00088	0,00076	0,00075	0,00078
	U-234	4	2	0,00016	0,00017	0,00017	0,00016	<0,00017
	U-235	4	4				<0,000074	<0,000086
	U-238	4	3	0,00015	0,00015		<0,00011	<0,00016
Niedersachsen	K-40	48	22	0,4	5,1	0,83	0,65	<0,67
	Co-60	48	48				<0,025	<0,026
	I-131	48	16	0,042	0,82	0,15	<0,083	0,09
	Cs-137	48	46				<0,021	<0,021
	Sr-90	6	1	0,007	0,012	0,009	0,0081	<0,0071
	U-234	4	1	0,0011	0,0026	0,0017	0,0013	0,0019
	U-235	4	4				<0,00058	<0,0006
	U-238	4	1	0,001	0,0016	0,0013	0,0012	0,0016
Bremen	K-40	8	1	0,63	1,4	1,1	1,1	0,92
	Co-60	8	8				<0,051	<0,057
	I-131	8	0	0,025	0,37	0,22	0,24	0,24
	Cs-137	8	8				<0,059	<0,061
	Sr-90	4	3	0,016	0,016		<0,007	0,019
	U-234	4	0	0,0015	0,005	0,0038	0,0044	0,0035
	U-235	4	2	0,00048	0,00075	0,00061	0,00061	<0,00044
	U-238	4	0	0,0016	0,005	0,0037	0,0042	0,0031
Nordrhein-Westfalen	K-40	40	36	0,55	4,9		<1,2	<1,1
	Co-60	40	40				<0,059	<0,055
	I-131	40	40	0,044	4,7		<0,11	<0,16
	Cs-137	40	40				<0,06	<0,056
	Sr-90	4	2	0,064	0,083	0,0073	0,064	0,019
	U-234	4	3	0,011	0,011		<0,0032	0,0075
	U-235	4	4				<0,0025	<0,0015
	U-238	4	2	0,0037	0,0095	0,0066	0,0037	<0,0031
Hessen	K-40	20	19	0,55	0,55		<1,2	<1,2
	Co-60	20	20				<0,045	<0,047
	I-131	19	16	0,091	0,29		<0,21	<0,16
	Cs-137	20	20				<0,044	<0,049
	Sr-90	4	4				<0,015	<0,019
	U-234	4	1	0,006	0,032	0,019	0,012	0,011
	U-235	4	4				<0,005	<0,005
	U-238	4	2	0,012	0,02	0,016	0,012	0,007

Land	Nuklid	Anzahl		Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Median	
		Gesamt	<NWG				2009	2008
Abwasser aus Kläranlagen, Ablauf (Bq/l)								
Rheinland-Pfalz	K-40	21	13	0,61	2		0,84	0,79
	Co-60	21	20				<0,028	<0,027
	I-131	21	9	0,035	0,25	0,12	<0,049	0,15
	Cs-137	21	21				<0,027	<0,027
	Sr-90	4	0	0,0015	0,0024	0,0019	0,0019	0,0018
	U-234	4	0	0,0088	0,03	0,02	0,021	0,018
	U-235	4	4				<0,0041	<0,002
	U-238	4	0	0,0089	0,035	0,022	0,023	0,018
Baden-Württemberg	K-40	40	7	0,26	0,76	0,46	0,46	0,42
	Co-60	40	40				<0,018	<0,019
	I-131	40	30				<0,032	<0,039
	Cs-137	40	40				<0,018	<0,017
	Sr-90	4	0	0,0018	0,0047	0,003	0,0027	<0,01
	U-234	4	0	0,0003	0,0084	0,0052	0,0061	0,0027
	U-235	4	4				<0,00082	<0,00047
	U-238	4	0	0,00026	0,0059	0,0038	0,0044	0,0023
Bayern	K-40	37	37				<1,4	<1,3
	Co-60	37	37				<0,093	<0,098
	I-131	37	33	0,12	0,41		<0,21	<0,28
	Cs-137	37	37				<0,094	<0,099
	Sr-90	4	2	0,0034	0,0048	0,0041	0,0041	0,0038
	U-234	4	0	0,00068	0,012	0,0059	0,0056	0,0076
	U-235	4	4				<0,00065	<0,00097
	U-238	4	0	0,0052	0,012	0,0058	0,0056	0,0074
Saarland	K-40	8	0	0,46	1,4	0,86	0,89	0,83
	Co-60	8	8				<0,0084	<0,007
	Cs-137	8	8				<0,0089	<0,0071
	Sr-90	4	0	0,0031	0,0047	0,0038	0,0037	0,0028
	U-234	4	0	0,0015	0,0057	0,0029	0,0022	0,0018
	U-235	4	4				<0,00033	<0,00018
	U-238	4	0	0,0011	0,0044	0,0021	0,0015	0,0012
	Berlin	K-40	3	0	0,79	0,85	0,83	0,84
Co-60		3	3				<0,0012	<0,001
I-131		3	3				<0,023	<0,023
Cs-137		3	1	0,0021	0,0023	0,0022	0,0021	0,0019
Sr-90		3	0	0,0021	0,003	0,0025	0,0024	0,003
U-234		3	0	0,0024	0,0046	0,0033	0,0028	0,0033
U-235		3	0	0,00013	0,00017	0,00016	0,00016	0,00014
U-238		3	0	0,002	0,0036	0,0028	0,0027	0,0028
Brandenburg	K-40	29	6	0,7	6	1,8	1	0,9
	Co-60	29	29				<0,023	<0,016
	I-131	29	16	0,06	1,2		0,08	<0,083
	Cs-137	29	25	0,0017	0,0051		<0,019	<0,017
	Sr-90	11	1	0,002	0,006	0,0032	0,0027	0,0024
	U-234	11	5	0,0007	0,002	0,0015	0,0008	0,0011
	U-235	11	9	0,000077	0,000094		<0,00025	<0,00022
	U-238	11	5	0,0008	0,002	0,0014	0,001	0,0011
Mecklenburg-Vorpommern	K-40	20	0	0,55	1	0,78	0,77	0,68
	Co-60	20	20				<0,0097	<0,01
	I-131	20	6	0,013	0,12	0,054	<0,046	0,021
	Cs-137	20	19	0,0027	0,0027		<0,0071	<0,0076
	Sr-90	4	2	0,0023	0,0029	0,0026	0,0029	<0,0031
	U-234	4	2	0,0022	0,0052	0,0037	<0,0065	<0,011
	U-235	4	4				<0,0029	<0,0048
	U-238	4	2	0,0015	0,0052	0,0033	0,0052	<0,0086

Land	Nuklid	Anzahl		Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Median	
		Gesamt	<NWG				2009	2008
Abwasser aus Kläranlagen, Ablauf (Bq/l)								
Sachsen	K-40	20	11	0,44	1,2		1	0,93
	Co-60	20	20				<0,071	<0,071
	I-131	20	10	0,085	0,46	0,19	0,14	0,13
	Cs-137	20	20				<0,061	<0,062
	Sr-90	4	0	0,006	0,019	0,012	0,012	<0,014
	U-234	4	0	0,0011	0,065	0,019	0,0055	0,0043
	U-235	4	3	0,0026	0,0026		<0,0014	<0,0016
	U-238	4	0	0,0008	0,06	0,018	0,0055	0,0043
Sachsen-Anhalt	K-40	20	1	0,41	1,1	0,65	0,62	0,8
	Co-60	20	20				<0,0097	<0,011
	I-131	20	1	0,01	0,73	0,12	0,058	0,091
	Cs-137	20	20				<0,0097	<0,012
	Sr-90	4	4				<0,1	<0,1
	U-234	4	0	0,015	0,028	0,013	0,011	0,031
	U-235	4	4				<0,0004	<0,0005
	U-238	4	0	0,014	0,019	0,009	0,0077	0,024
Thüringen	K-40	20	19	0,93	0,93		<2,2	<1,6
	Co-60	20	20				<0,083	<0,076
	I-131	20	17	0,13	5,3		<0,1	<0,091
	Cs-137	20	20				<0,089	<0,079
	Sr-90	4	4				<0,0028	<0,0033
	U-234	4	0	0,015	0,087	0,05	0,049	0,03
	U-235	4	2	0,0019	0,0035	0,0027	<0,002	<0,0025
	U-238	4	0	0,0078	0,046	0,026	0,026	0,015
Bundesrepublik Deutschland	K-40	359	195	0,26	6		0,85	<0,83
	Co-60	359	359				<0,035	<0,037
	I-131	350	206	0,01	5,3		<0,095	<0,11
	Cs-137	359	352	0,0017	0,0051		<0,031	<0,033
	Sr-90	72	27	0,00065	0,083	0,0077	0,0044	0,0037
	U-234	70	18	0,00016	0,087	0,011	0,004	0,004
	U-235	70	60	0,000077	0,0035		<0,00065	<0,00063
	U-238	70	19	0,00015	0,06	0,0085	0,0036	0,0036
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Schleswig-Holstein	K-40	20	0	44	120	76	75	64
	Co-60	20	20				<0,67	<0,98
	I-131	20	1	13	91	38	31	23
	Cs-137	20	5	0,7	3,9	2	1,4	<1,7
	Sr-90	4	0	1,2	2,8	1,8	1,6	2,5
	U-234	4	0	9,5	16	13	13	13
	U-235	4	4				<5	<5
	U-238	4	0	8,8	13	11	11	12
Hamburg	K-40	8	0	110	360	240	230	230
	Co-60	8	8				<1,3	<1
	I-131	8	0	20	110	52	43	40
	Cs-137	8	4	0,98	1,6	1,4	<1,7	<1,8
	Sr-90	4	0	0,82	1,6	1,1	1,1	1,2
	U-234	4	0	14	17	15	15	14
	U-235	4	0	0,58	0,72	0,66	0,68	0,6
	U-238	4	0	13	15	14	14	12
Niedersachsen	K-40	40	4	39	470	170	98	98
	Co-60	40	39	0,87	0,87		<0,45	<0,35
	I-131	37	0	0,75	1200	160	93	58
	Cs-137	40	3	0,56	8,5	2,9	2,2	2,5
	Sr-90	4	0	1,3	2,8	2,1	2,1	1,9
	U-234	4	0	12	31	22	22	30
	U-235	4	0	0,57	1,1	0,86	0,89	1,3
	U-238	4	0	12	24	18	19	26

Land	Nuklid	Anzahl		Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Median	
		Gesamt	<NWG				2009	2008
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Bremen	K-40	8	0	280	790	410	370	360
	Co-60	8	8				<2,2	<2,8
	I-131	8	0	8	300	100	62	45
	Cs-137	8	1	1,6	3,1	2,3	2,4	3,3
	Sr-90	4	0	1,1	1,9	1,5	1,5	1,4
	U-234	4	0	6,6	14	11	11	13
	U-235	4	2	1,2	1,9	1,6	<1,7	2,4
	U-238	4	0	6,1	14	10	10	12
Nordrhein-Westfalen	K-40	40	0	5,2	480	160	120	140
	Co-60	40	40				<0,22	<0,26
	I-131	37	0	2,8	260	53	3,4	48
	Cs-137	40	6	0,87	8,1	3,1	2,6	3,2
	Sr-90	5	0	1,4	8,4	3,6	2,4	2,5
	U-234	4	0	30	41	36	36	35
	U-235	4	1	1,4	1,9	1,7	1,6	1,8
	U-238	4	0	23	36	29	29	29
Hessen	K-40	20	0	95	170	140	140	150
	Co-60	20	20				<1,1	<1,1
	I-131	20	1	2,8	250	57	34	35
	Cs-137	20	6	1,1	6,6	3,4	2,7	3,5
	Sr-90	4	4				<1,1	0,87
	U-234	4	0	39	250	120	94	78
	U-235	4	0	1,4	8,1	4	3,2	2,2
	U-238	4	0	30	160	80	66	52
Rheinland-Pfalz	K-40	20	0	96	270	170	170	150
	Co-60	20	20				<0,55	<0,57
	I-131	20	1	2,4	290	46	22	11
	Cs-137	20	2	1,2	9,4	3,7	3,3	3,9
	Sr-90	4	0	0,85	1,4	1,1	1,1	2,7
	U-234	4	0	46	160	97	91	
	U-235	4	0	1,3	6,5	3,2	2,5	
	U-238	4	0	35	86	57	53	
Baden-Württemberg	K-40	40	0	49	360	180	160	170
	Co-60	40	40				<0,76	<0,77
	I-131	40	4	1,2	540	74	37	26
	Cs-137	40	0	2,5	98	18	7,1	8,3
	Sr-90	4	0	0,71	1,5	1,2	1,3	1,2
	U-234	4	0	29	56	40	37	42
	U-235	4	0	0,97	2,5	1,6	1,5	1,7
	U-238	4	0	22	52	34	32	35
Baden-Württemberg (West ²)	Co-60	28	28				<0,7	<0,76
	Cs-137	28	0	2,5	50	8,4	5,9	5,2
	Sr-90	2	0	0,71	1,5	1,1	1,1	1,3
Baden-Württemberg (Ost ³)	Co-60	12	12				<0,81	<1,1
	Cs-137	12	0	8,5	98	40	31	43
	Sr-90	2	0	1,1	1,5	1,3	1,3	1,2
Bayern	K-40	39	0	26	610	270	230	210
	Co-60	39	39				<1,5	<1,6
	I-131	37	5	9,6	370	69	45	47
	Cs-137	39	4	2,6	82	14	7	8,9
	Sr-90	4	0	2,1	6,6	3,9	3,5	3,5
	U-234	4	0	38	150	83	73	46
	U-235	5	1	1,7	6,4	3,7	<4	3,8
	U-238	4	0	37	130	77	69	43
Bayern (Nord ²)	Co-60	19	19				<1,5	<1,7
	Cs-137	19	3	2,6	8,8	5,6	5,1	4,8
	Sr-90	2	0	2,1	6,6	4,3	4,3	3,5

Land	Nuklid	Anzahl		Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Median	
		Gesamt	<NWG				2009	2008
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Bayern (Süd ³)	Co-60	20	20				<1,5	< 1,4
	Cs-137	20	1	3,4	82	21	15	16
	Sr-90	2	0	3,1	3,8	3,5	3,5	3,5
Saarland	K-40	8	0	120	300	200	190	180
	Co-60	8	8				<0,35	<0,34
	I-131	8	0	5,1	42	17	8	18
	Cs-137	8	0	1,3	10	4,6	4,6	4,4
	Sr-90	4	0	1,4	3	2,3	2,4	2,4
	U-234	4	0	56	72	66	69	63
	U-235	4	0	1,6	2,7	2,1	2,2	2,2
	U-238	4	0	42	52	47	47	46
Berlin	K-40	4	0	31	93	66	71	65
	Co-60	4	4				<0,82	<0,74
	I-131	4	0	91	120	110	110	100
	Cs-137	4	0	1,2	1,6	1,4	1,4	1,4
	Sr-90	2	0	1,3	1,7	1,5	1,5	1,3
	U-234	2	0	11	14	12	12	11
	U-235	2	0	0,42	0,56	0,49	0,49	0,51
	U-238	2	0	9,4	13	11	11	9,3
Brandenburg	K-40	32	0	22	150	89	99	90
	Co-60	32	32				<0,29	<0,26
	I-131	32	2	6,3	240	96	68	74
	Cs-137	32	1	0,7	4,3	2	1,7	1,5
	Sr-90	10	0	1,6	3,1	2,3	2	2,0
	U-234	10	0	14	31	20	19	19
	U-235	10	1	0,6	2	1	0,8	0,93
	U-238	10	0	13	30	19	18	18
Mecklenburg-Vorpommern	K-40	20	0	52	170	100	110	100
	Co-60	20	20				<0,22	<0,26
	I-131	20	0	0,47	250	75	61	98
	Cs-137	20	0	0,39	4,3	1,9	1,9	1,5
	Sr-90	4	1	1,5	3,6	2,3	1,6	2,5
	U-234	4	0	8,8	25	17	17	15
	U-235	4	0	0,47	3,6	2,1	2,2	<1,1
	U-238	4	0	8,8	21	16	16	16
Sachsen	K-40	20	0	71	220	130	120	140
	Co-60	20	20				<0,61	<0,61
	Cs-137	20	0	0,86	6,5	2,4	1,5	1,9
	Sr-90	4	0	1,8	2,7	2,4	2,5	1,8
	U-234	4	0	52	86	68	67	74
	U-235	4	1	1	2,9	2,3	2,9	3,7
	U-238	4	0	50	80	63	62	64
	Sachsen-Anhalt	K-40	20	0	88	370	180	160
Co-60		20	20				<0,2	<0,23
I-131		20	1	0,32	270	68	29	1,4
Cs-137		20	0	1,3	11	3,6	2,6	2,4
Sr-90		4	4				<5	<5
U-234		4	0	130	130	130	130	110
U-235		16	0	1,6	39	7,6	5,5	4,2
U-238		19	0	20	280	92	97	89
Thüringen	K-40	20	0	130	400	220	210	200
	Co-60	20	20				<0,45	<0,51
	I-131	20	4	7,7	330	73	17	30
	Cs-137	20	0	1,1	4,8	2,7	2,6	3,0
	Sr-90	4	0	0,81	1,1	0,94	0,95	1,2
	U-234	4	0	51	160	110	110	82
	U-235	4	0	1,5	4,7	3,1	3,1	2,5
	U-238	4	0	29	87	59	60	46

Land	Nuklid	Anzahl		Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Median	
		Gesamt	<NWG				2009	2008
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Bundesrepublik Deutschland	K-40	359	1	5,2	790	170	130	140
	Co-60	359	358	0,87	0,87		<0,56	<0,55
	I-131	331	19	0,32	1200	77	40	36
	Cs-137	359	32	0,39	98	5,8	2,7	3,0
	Sr-90	68	9	0,71	8,4	2	1,7	1,7
	U-234	68	0	6,6	250	52	31	27
	U-235	81	10	0,42	39	3,5	2	2,1
	U-238	83	0	6,1	280	49	32	30
Bundesrepublik Deutschland (Nord ²)	Co-60	327	326	0,87	0,87		<0,5	<0,52
	Cs-137	327	31	0,39	50	3,4	2,6	2,7
	Sr-90	64	9	0,71	8,4	2	1,7	1,7
Bundesrepublik Deutschland (Süd ³)	Co-60	32	32				<1,1	<1,2
	Cs-137	32	1	3,4	98	28	20	17
	Sr-90	4	0	1,1	3,8	2,4	2,3	2,1

¹ Liegen mehr als 50% der gemessenen Werte unterhalb der Nachweisgrenze, werden nur der Minimalwert, der Maximalwert und der Median angegeben. Der arithmetische Mittelwert wurde aus den Messwerten ohne Berücksichtigung der Nachweisgrenzen errechnet. Beim Median dagegen gehen die Nachweisgrenzen in die Berechnung ein

² Nördlich bzw. westlich der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel

³ Südlich bzw. östlich der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel

2.7 Abfälle (Waste)

Bezüglich allgemeiner Aspekte zur Radioaktivitätsüberwachung von Abfällen, Abwasser und Klärschlamm wird auf Teil A - II - 2.7 verwiesen. Von den amtlichen Messstellen der Bundesländer wurden im Jahr 2009 der Leitstelle Messwerte zu den Umweltmedien Sickerwasser und oberflächennahes Grundwasser von Hausmülldeponien, von Asche, Schlacke, festen und flüssigen Rückständen aus den Rauchgasreinigungsanlagen von Verbrennungsanlagen für Klärschlamm und Hausmüll sowie für in den Handel gelangenden Kompost aus Kompostierungsanlagen mitgeteilt.

In Tabelle 2.7-1 sind die ausgewerteten Daten zusammengefasst. Angegeben werden jeweils die Anzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der untersuchten Proben mit Werten unterhalb der Nachweisgrenze, Minimal- und Maximalwerte, arithmetische Mittel- und zusätzlich die Medianwerte der Gehalte an Cs-137, I-131, K-40 und H-3. Bei der Auswertung von Cs-137 wurde zwischen Probenentnahmeorten nördlich und südlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel unterschieden, da diese etwa die Grenze zwischen den durch den Unfall von Tschernobyl höher belasteten Gebieten in Bayern und im südöstlichen Baden-Württemberg und den weniger belasteten Gebieten in der übrigen Bundesrepublik bildet. Da eine regionale Abhängigkeit für die sonstigen aufgeführten Radionuklide nicht besteht, wurden die Messwerte aus allen Ländern zusammengefasst ausgewertet.

Im **Sickerwasser bzw. oberflächennahen Grundwasser von Hausmülldeponien** sind bei den höchsten Werten für Cs-137 kaum noch Unterschiede zwischen Nord- und Südbayern zu bemerken. Die Maximalwerte liegen bei 0,39 Bq/l bzw. 0,45 Bq/l (2008: 0,32 Bq/l bzw. 0,54 Bq/l), der Median aller Werte beträgt 0,054 Bq/l (2008: 0,061 Bq/l).

Bei dem natürlich vorkommenden Nuklid K-40 liegt die Konzentration im Bereich von 0,17 Bq/l bis 69 Bq/l, der Median bei 15 Bq/l (2008: 0,26 bis 75 Bq/l, Median: 15 Bq/l).

H-3 wurde in 78% der untersuchten Proben mit Werten zwischen 5,4 und 240 Bq/l (2008: 5,4 bis 250 Bq/l) gefunden.

Bei den **Abfällen** der Verbrennungsanlagen ergibt sich folgendes Bild:

Der Maximalwert der spezifischen Aktivität von Cs-137 in **Flugasche/Filterstaub** liegt in den Gebieten südlich/östlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel bei 340 Bq/kg TM (2008: 350 Bq/kg TM), für das Gebiet der übrigen Bundesrepublik liegt er bei 140 Bq/kg TM (2008: 110 Bq/kg TM).

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 160 Bq/kg TM bis 3.200 Bq/kg TM, der Median bei 920 Bq/kg TM (2008: 47 bis 3.800 Bq/kg TM, Median: 1.100 Bq/kg TM).

Co-60 wurde in je einer Probe aus Niedersachsen (0,26 Bq/kg TM) und Rheinland-Pfalz (1,1 Bq/kg TM) gemessen, im Jahr 2008 lagen alle Werte unter den gefundenen Nachweisgrenzen.

In zahlreichen Proben konnte das in der Nuklearmedizin angewandte Nuklid I-131 mit Werten von 0,22 Bq/kg TM bis 28 Bq/kg TM (2008: 0,26 bis 140 Bq/kg TM) nachgewiesen werden.

Für **Rohschlacke mit und ohne Filterstaub** beträgt die maximale Aktivität von Cs-137 nördlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel 7,2 Bq/kg TM (2008: 8,4 Bq/kg TM). Der gemessene Wert südlich/östlich liegt bei 12 Bq/kg TM (2008: 4,1 bis 7,5 Bq/kg TM).

Für K-40 wurden Messwerte von 37 Bq/kg TM bis 1.900 Bq/kg TM (2008: 93 bis 1.900 Bq/kg TM) angegeben, für I-131 wurden Werte von 0,25 Bq/kg TM bis 4,3 Bq/kg TM (2008: 0,40 bis 81 Bq/kg TM) mitgeteilt.

Bei den **festen Rückständen aus Rauchgasreinigungsanlagen** liegt der Median des Cs-137-Gehaltes für die Gebiete südlich/östlich der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel bei 4,6 Bq/kg TM (2008: 2,8 Bq/kg TM). Für die Länder nördlich dieser Linie wurde ein Median von 4,1 Bq/kg TM (2008: 1,9 Bq/kg TM) berechnet.

Die K-40-Messwerte liegen im Bereich von 2,5 Bq/kg TM bis 2.500 Bq/kg TM (2008: 3,9 bis 1.400 Bq/kg TM) mit einem Median von 230 Bq/kg TM (2008: 97 Bq/kg TM). Für I-131 wurden Messwerte von 0,10 Bq/kg TM bis 1.100 Bq/kg TM (2008: 0,18 bis 3.000 Bq/kg TM) ermittelt.

Bei den **flüssigen Rückständen aus Rauchgasreinigungsanlagen** (Abwasser) liegt der ermittelte Wert für Cs-137 in den höher belasteten Gebieten unterhalb der gefundenen Nachweisgrenze (2008: alle Werte kleiner Nachweisgrenze), für das Gebiet der Bundesrepublik wurde ein Median von <0,10 Bq/l (2008: <0,10 Bq/l) berechnet.

I-131 wurde in 26 Proben mit Werten zwischen 0,045 Bq/l und 640 Bq/l (2008: 0,020 und 5.000 Bq/l) angegeben, der Median liegt bei 4,5 Bq/l (2008: 9,1 Bq/l). Dabei stammen die Proben mit den höchsten I-131-Werten aus dem Ablauf der Schwermetallfällung bei nasser Rauchgaswäsche.

Die Untersuchung des **Kompostes** ergab für die spezifische Aktivität des Cs-137 südlich/östlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel Werte von 19 Bq/kg TM bis 50 Bq/kg TM (2008: 21 bis 53 Bq/kg TM) mit einem Median von 29 Bq/kg TM (2008: 21 Bq/kg TM). In den Gebieten nördlich davon liegen die ermittelten Werte zwischen 1,8 Bq/kg TM und 18 Bq/kg TM (2008: 2,6 bis 16 Bq/kg TM), der Median liegt bei 5,9 Bq/kg TM (2008: 5,8 Bq/kg TM).

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 140 Bq/kg TM bis 860 Bq/kg TM, der Median bei 470 Bq/kg TM (2008: 40 bis 1.400 Bq/kg TM, Median: 440 Bq/kg TM).

Zur radiologischen Beurteilung des Kompostes aus Kompostierungsanlagen ist anzumerken, dass dieser im Gegensatz zur landwirtschaftlichen Nutzung des Klärschlammes vorzugsweise im Gartenbaubereich (Gärtnereien, Baumschulen, Parkanlagen usw.) verwendet wird. Die spezifische Cs-137-Aktivität des Kompostes liegt in der gleichen Größenordnung wie die von Boden, der durch den Reaktorunfall von Tschernobyl kontaminiert und danach spatentief umgegraben wurde. Bei einer Aufbringung von Kompost auf Gartenflächen wird bei Verwendung üblicher Kompostmengen die Kontamination nur geringfügig erhöht. Wegen des niedrigen Transfers von Cäsium über die Wurzel in die Pflanzen ist die resultierende zusätzliche Cs-Aktivität in gärtnerischen Produkten für die Strahlenexposition der Bevölkerung ohne Bedeutung.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Gehalt an Cs-137 in Abfällen oft noch durch den Fallout nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl bestimmt wird, was durch die höheren Werte im südlichen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland gegenüber den anderen Gebieten zum Ausdruck kommt.

Tabelle 2.7-1 Überwachung Abfällen im Jahr 2009
(Monitoring of wastes in the year 2009)

Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^a	Maximal- wert ^a	Mittel- werte ^a	Median 2009	Median 2008
Sickerwasser (Bq/l)								
Nördlich *	Cs-137	64	32	0,008	0,39	0,075	<0,046	<0,06
Südlich *	Cs-137	5	1	0,081	0,45	0,26	0,13	0,099
Alle Länder	K-40	69	4	0,17	69	17	15	15
	H-3	69	15	5,4	240	46	28	22
Filterstaub (Bq/kg TM)								
Nördlich *	Cs-137	47	0	0,64	140	18	13	19
Südlich *	Cs-137	4	0	180	340	270	280	300
Alle Länder	K-40	51	0	160	3.200	1.100	920	1.100
	Co-60	51	49	0,26	1,1		<0,28	
	I-131	47	24	0,22	28		<1,3	<0,99
Schlacke (Bq/kg TM)								
Nördlich *	Cs-137	65	3	0,15	7,2	2,4	1,6	1,5
Südlich *	Cs-137	4	0	3,5	12	6,4	5,3	6,8
Alle Länder	K-40	69	0	37	1.900	360	290	290
	I-131	63	54	0,25	4,3		<0,35	<0,36
Feste Rückstände der Rauchgasreinigung (Bq/kg TM)								
Nördlich *	Cs-137	40	14	0,61	98	23	4,1	1,9
Südlich *	Cs-137	3	1	4,6	5,2	4,9	4,6	2,8

Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^a	Maximal- wert ^a	Mittel- werte ^a	Median 2009	Median 2008
Alle Länder	K-40	43	1	2,5	2500	510	230	97
	I-131	42	10	0,1	1100	91	5,3	4,0
Flüssige Rückstände der Rauchgasreinigung / Prozesswasser (Bq/l)								
Nördlich *	Cs-137	31	21	0,082	0,66		<0,094	<0,1
Südlich *	Cs-137	2	2				<0,1	<0,086
Alle Länder	K-40	33	10	0,56	34	11	2,8	5,4
	I-131	33	7	0,045	640	71	4,5	9,1
Kompost (Bq/kg TM)								
Nördlich *	Cs-137	71	0	1,8	18	6,4	5,9	5,8
Südlich *	Cs-137	6	0	19	50	32	29	21
Alle Länder	K-40	77	0	140	860	470	470	440

* Nördlich/westlich und südlich/östlich der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel

^a Liegen mehr als 50% der gemessenen Werte unterhalb der Nachweisgrenze, werden nur der Minimalwert, der Maximalwert und der Median angegeben. Der arithmetische Mittelwert wurde aus den Messwerten ohne Berücksichtigung der Nachweisgrenzen errechnet

2.8 Inkorporationsüberwachung der Bevölkerung (Monitoring of incorporation among the population)

Nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im April 1986 wurden ab Mitte 1986 monatlich Ganzkörpermessungen an Referenzgruppen zur Bestimmung der Cs-137- und Cs-134- Aktivität durchgeführt, wobei ab dem Jahr 1998 kein Cs-134 mehr nachgewiesen werden konnte. Die Jahres- und Monatsmittelwerte für die einzelnen Referenzgruppen sind in den Tabellen 2.8-1 und 2.8-2 zusammengefasst und in den Abbildungen 2.8-1 bis 2.8-4 dargestellt. Unter „Jahresmittelwert“ wird hier der Mittelwert über die Monate, in denen Messwerte vorliegen, verstanden. Dargestellt sind die Ergebnisse der Ganzkörpermessstelle der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS am Standort Neuherberg für die Referenzgruppe München sowie der Messstelle am Forschungszentrum Karlsruhe. Die übrigen Messstellen verfolgen nicht mehr regelmäßig ihre Referenzgruppen. Ein Trend für den Gehalt an radioaktivem Cäsium im Körper kann nicht mehr angegeben werden, da fast alle Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze liegen.

In den Abbildungen 2.8-5 und 2.8-6 sind die bisher vorliegenden Ergebnisse von Referenzgruppenmessungen an verschiedenen Orten in Deutschland, getrennt für Frauen und Männer, zusammengefasst dargestellt. Es ist die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erreichte kumulierte Dosis aus inkorporiertem radioaktivem Cäsium angegeben. Dieser Dosiswert ergibt sich aus der fortlaufenden Summierung der monatlichen effektiven Dosen. Für Männer aus dem Raum München z. B. beträgt diese kumulierte Dosis für die 23 Jahre seit dem Unfall in Tschernobyl etwa 0,22 mSv.

Tabelle 2.8-1 Jahres- und Monatsmittelwerte für den Raum München
(Annual and monthly mean values in the Munich area)

Messstelle: Bundesamt für Strahlenschutz, Leitstelle Inkorporationsüberwachung

Jahr Monat	Frauen			Männer		
	Zahl der Personen	spezifische Aktivität in Bq/kg		Zahl der Personen	spezifische Aktivität in Bq/kg	
		K-40	Cs-137		K-40	Cs-137
1995	248	46	1,04	277	54	1,28
1996	282	47	0,93	289	56	1,06
1997	304	44	0,72	332	54	0,85
1998	316	45	0,61	265	52	0,67
1999	290	56	< 1,4	255	61	< 1,2
2000	265	58	< 1,6	242	63	< 1,2
2001	362	57	< 1,4	236	62	< 1,1
2002	367	57	< 1,3	245	62	< 1,1
2003	419	57	< 1,3	274	63	< 1,1
2004	398	56	< 1,4	278	62	< 1,1
2005	444	55	< 1,3	299	61	< 1,1
2006	456	55	< 1,4	314	61	< 1,1
2007	387	54	< 1,3	292	59	< 1,1
2008	421	49	< 1,15	339	54	< 0,9
2009	432	49	< 1,2	353	53	0,9
Monatsmittelwerte für 2009						
Januar	36	45	< 1,2	32	49	< 0,9
Februar	37	45	< 1,2	30	51	< 0,9
März	37	49	< 1,2	32	52	< 1,0
April	38	50	< 1,2	35	55	< 1,0
Mai	35	51	< 1,2	27	53	< 0,9
Juni	33	50	< 1,2	23	54	< 1,0
Juli	36	50	< 1,2	29	51	< 0,9
August	34	53	< 1,2	23	56	< 0,9
September	42	51	< 1,2	30	55	< 0,9
Oktober	38	50	< 1,2	36	52	< 0,9
November	34	49	< 1,3	30	51	< 0,9
Dezember	32	49	< 1,2	26	51	< 0,9

**Tabelle 2.8-2 Jahres- und Monatsmittelwerte für den Raum Karlsruhe
(Annual and monthly mean values in the Karlsruhe area)**

Messstelle: Forschungszentrum Karlsruhe

Jahr Monat	Frauen			Männer		
	Zahl der Personen	spezifische Aktivität in Bq/kg		Zahl der Personen	spezifische Aktivität in Bq/kg	
		K-40	Cs-137		K-40	Cs-137
1995	106	49	0,19	98	54	0,32
1996 ^a	36	49	< 0,21	38	57	< 0,22
1997	112	51	0,22	112	61	0,21
1998	114	51	< 0,21	118	63	< 0,24
1999	110	51,5	< 0,23	115	61	< 0,27
2000	109	51	< 0,16	106	60	< 0,27
2001	94	52	< 0,20	101	61	< 0,31
2002	86	50	0,22	86	60	0,31
2003	56	52	0,20	54	59	0,31
2004	62	53	0,24	56	61	0,32
2005	41	52	0,16	35	57	0,26
2006	19	41	0,17	18	44	0,21
2007	83	49	0,06	73	62	0,12
2008	81	48	0,07	69	64	0,15
2009	72	48	0,11	96	64	0,17
Monatsmittelwerte für 2009						
Januar	8	49	0,13	6	68	0,22
Februar	5	51	0,14	4	62	0,54
März	8	47	0,09	10	64	0,08
April	6	45	0,01	8	62	0,11
Mai	7	50	0,07	7	68	0,09
Juni	6	46	0,07	9	61	0,08
Juli	6	49	0,11	7	57	0,10
August	7	47	0,02	11	63	0,14
September	4	45	0,11	9	64	0,15
Oktober	7	49	0,21	8	64	0,27
November	5	47	0,16	10	65	0,13
Dezember	3	52	0,18	7	65	0,12

a Mai 1996 keine Messungen

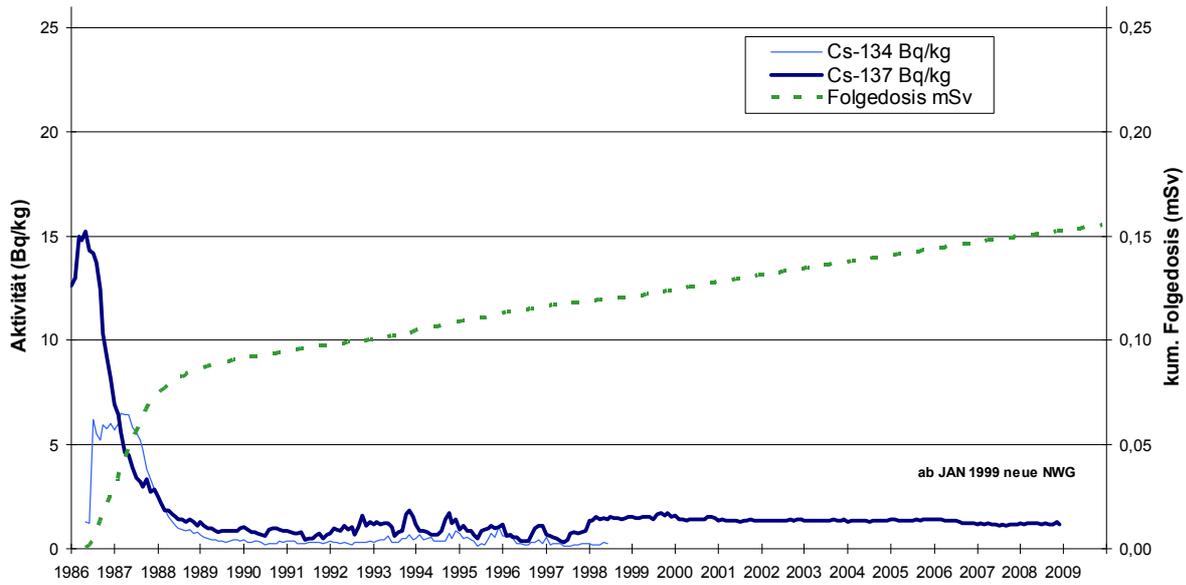


Abbildung 2.8-1 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
Referenzgruppe: BfS-München, Frauen
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
Reference group: BfS Munich, women)*

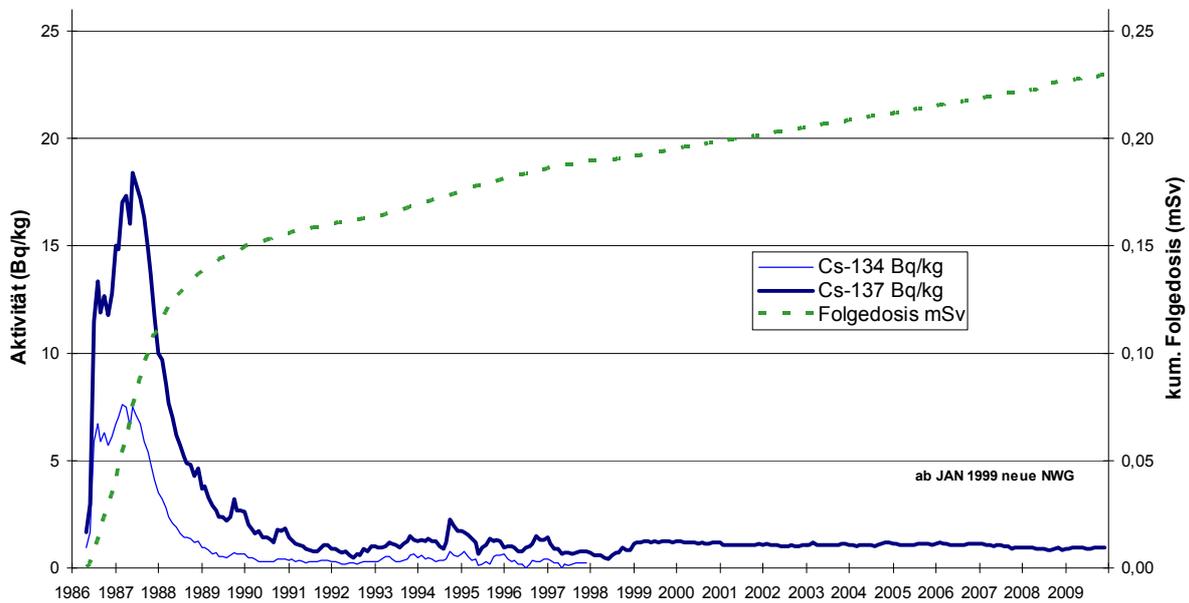


Abbildung 2.8-2 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
Referenzgruppe: BfS-München, Männer
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
Reference group: BfS Munich, men)*

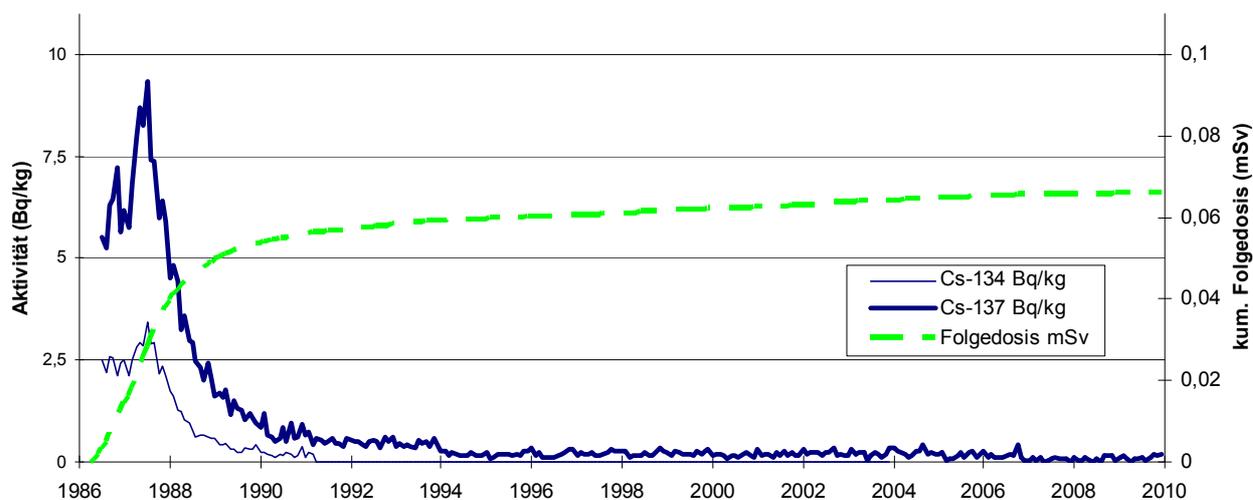


Abbildung 2.8-3 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
Referenzgruppe: Karlsruhe, Frauen
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
Reference group: Karlsruhe, women)*

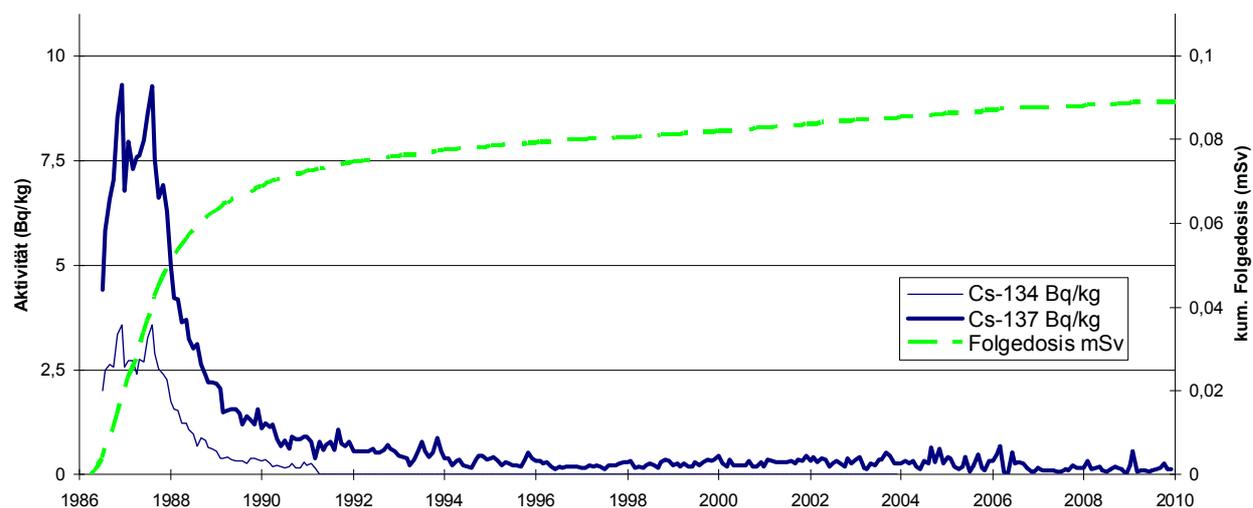


Abbildung 2.8-4 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
Referenzgruppe: Karlsruhe, Männer
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
Reference group: Karlsruhe, men)*

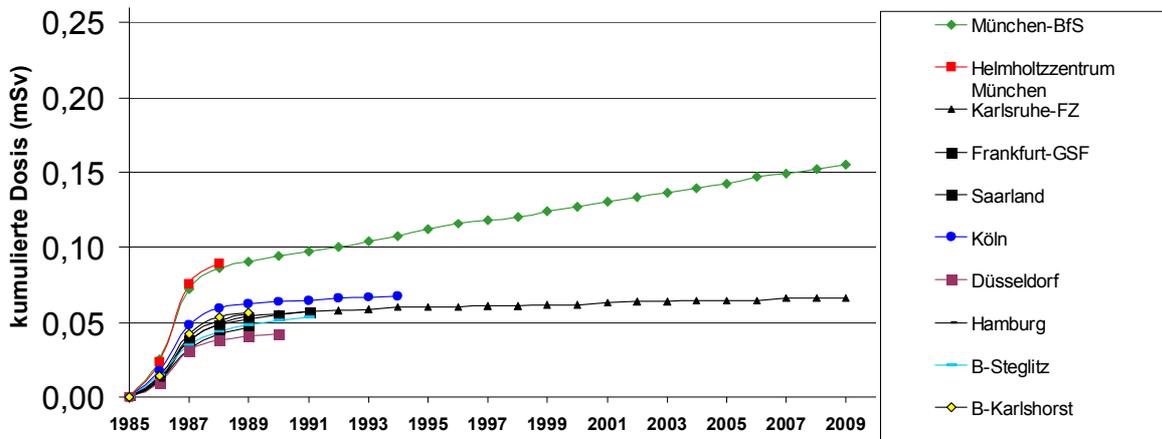


Abbildung 2.8-5 Strahlenexposition aus inkorporiertem radioaktivem Cäsium
Vergleich der Referenzgruppen: Frauen
(Radiation exposure from incorporated radioactive cesium
Comparison of reference groups: women)

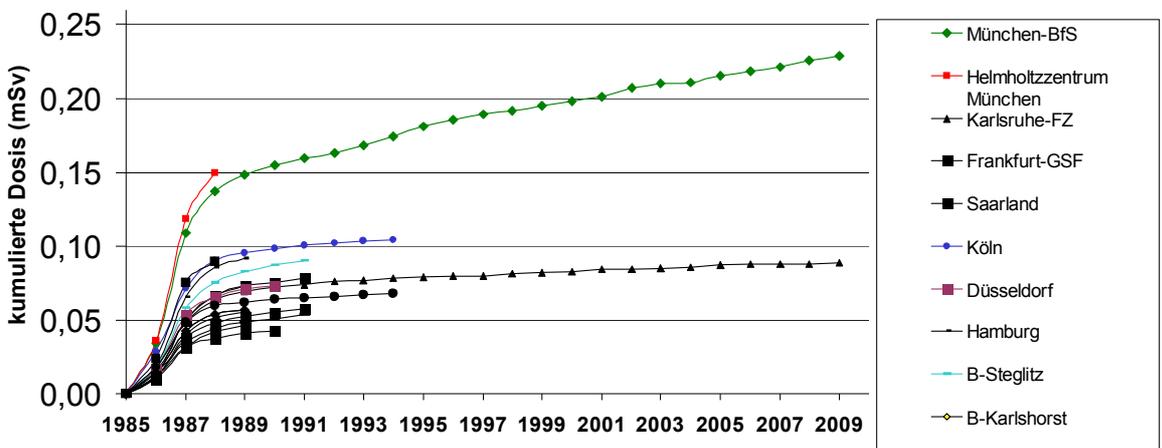


Abbildung 2.8-6 Strahlenexposition aus inkorporiertem radioaktivem Cäsium
Vergleich der Referenzgruppen: Männer
(Radiation exposure from incorporated radioactive cesium
Comparison of reference groups: men)

